



HAL
open science

Le calcul mental à l'école primaire : les effets de la pratique du calcul réfléchi dans le cadre de la mémorisation des tables de multiplication en CE2

Allison Kierski

► To cite this version:

Allison Kierski. Le calcul mental à l'école primaire : les effets de la pratique du calcul réfléchi dans le cadre de la mémorisation des tables de multiplication en CE2. Education. 2022. dumas-03951540

HAL Id: dumas-03951540

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03951540>

Submitted on 23 Jan 2023

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.



Mémoire présenté par

Allison KIERSKI

Soutenu le

29 juin 2022, à l'INSPE de Châteauroux

Pour obtenir le diplôme du

Master

Métiers de l'Education, de l'Enseignement et de la Formation

Mention : **1^{er} degré**

Discipline :

Mathématiques

Le calcul mental à l'école primaire

Les effets de la pratique du calcul réfléchi dans le cadre de la mémorisation des tables de multiplication en CE2

Dirigé par

M. Patrick TEMPLEREAU

Devant une commission d'examen composée de :

M. David CATEL, président du jury, formateur de l'université d'Orléans ;

M. Patrick TEMPLEREAU, directeur du mémoire, formateur de l'université d'Orléans.

Année universitaire 2021-2022

Remerciements

Je tiens à remercier, pour leur soutien psychologique inconditionnel et leurs encouragements :

- Mes amies ainsi que ma famille ;
- Guillaume, mon partenaire de vie.

Je présente mes remerciements à Monsieur Christophe Philippon, tuteur terrain durant cette année de contractuelle alternante qui, de par son soutien (ses paroles, ses conseils, ses critiques) m'a encouragée tout au long de cette année.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon directeur de mémoire, Monsieur Patrick Templereau. Je le remercie pour le temps qu'il m'a consacré, pour ses précieux conseils ainsi que de m'avoir encadrée, orientée.

J'adresse mes sincères remerciements à Madame Anne-Laure Bachelier, professeure des écoles, titulaire de la classe témoin.

Je remercie également les élèves de ma classe ainsi que ceux de la classe témoin, pour s'être prêtés aux séances et aux tests conçus pour cette recherche.

Table des matières

Introduction.....1

Partie 1 : Cadre théorique.....3

I. Le calcul mental à l'école primaire

1. Les fonctions du calcul mental

1.1. La fonction sociale

1.2. La fonction pédagogique

2. Les Instructions Officielles

3. Calcul et calcul mental

3.1. Calcul écrit ou posé

3.2. Calcul instrumenté

3.3. Calcul mental

3.3.1. Définition

3.3.2. Les bienfaits

II. Calcul automatisé, mémoire et mémorisation

1. Le fonctionnement de la mémoire

2. La mémorisation des répertoires

2.1 Définition « répertoire »

2.2 Lien avec le calcul automatisé

2.3 Les différentes phases sous-jacentes à la mémorisation

3. Les fonctions mnésiques sollicitées

3.1. Mémoire sensorielle

3.2. Mémoire à court terme

3.2.1. Mémoire de travail

3.3. Mémoire à long terme

3.3.1. Déclarative contre procédurale

3.3.2. Sémantique contre épisodique

3.3.3. Explicite contre implicite

III. Calcul réfléchi et raisonnement

1. Une définition généraliste du raisonnement

2. Grand axe du calcul mental : le calcul réfléchi ou raisonné

IV. Le jeu dans l'apprentissage des Mathématiques

1. Qu'est-ce que le jeu et qu'est-ce que jouer ?

2. Pourquoi jouer à l'école ?

1.1. Le rôle du jeu dans les apprentissages

1.2. Quels objectifs pédagogiques ?

V. Ce que doit être une séance en calcul mental

1. Préconisations

2. La méthodologie

3. Les différents supports

VI. Problématique et hypothèses

Partie 2 : Méthodologie.....24

I. Participants

II. Matériel

1. Matériel pour les évaluations de l'évolution des performances

2. Matériel pour les phases d'apprentissage

III. Protocole expérimental

1. Évaluation diagnostique

2. Organisation de la séquence proposée

2.1. Sa place dans les programmes

2.2 Les séances qui la composent

2.3 La séquence témoin

Partie 3 : Résultats.....32

Partie 4 : Discussion.....65

I. Analyse des résultats

1. Hypothèse 1

1.1. Evolution générale

2.1. Evolution au sein des tables de multiplication

2. Hypothèse 2

3. Hypothèse 3

II. Limites de l'expérimentation

Conclusion.....72

Bibliographie.....75

Annexe.....77

Introduction

Les Mathématiques, notamment le calcul mental, sont pratiquées de manière quotidienne et régulière. Le calcul mental, enseigné à l'école primaire, consiste en l'acquisition de procédures de calcul par les élèves, moins coûteuses et plus efficaces que d'autres, utiles à la vie. Le but étant, entre autres, l'acquisition de résultats de calculs connus par cœur (savoir-faire automatisés) qui libèrent la pensée pour d'autres tâches plus complexes, comme la résolution de problèmes. Les connaissances visées ne s'acquièrent qu'en y consacrant des temps spécifiques quotidiens comprenant des étapes nécessaires. En effet, une séance de calcul mental suit une méthodologie particulière. Il est important d'explicitier les différentes procédures afin de tendre vers la procédure experte.

Le calcul mental consiste à effectuer des calculs sans autre support que le raisonnement et la mémoire. La mémoire est au cœur du calcul mental. Calculer mentalement nécessite de garder en mémoire des nombres pendant que l'on en traite d'autres. C'est pourquoi il est important de développer sa mémoire à court terme. Le calcul mental utilise également la mémoire à long terme, sollicitée pour fournir un répertoire de résultats de calculs connus.

Chacun(e) d'entre nous utilise le calcul mental de manière automatique, car les faits numériques sont automatisés. Pourtant, c'est un domaine qui n'est pas bien maîtrisé par les élèves en école primaire. En effet, il a souvent été enseigné de manière abstraite, avec des outils « clé en main » sans bâtir la programmation annuelle en fonction des objectifs et des élèves. De plus, les élèves utilisaient les procédures par imitation, sans nécessairement en comprendre le sens.

Le rapport « 21 mesures pour l'enseignement des Mathématiques », de Cédric Villani, mathématicien, et Charles Torossian, inspecteur général de l'Éducation Nationale, fait notamment ressortir la nécessité de donner une place centrale au calcul, en particulier au calcul mental puisque : « le calcul mental reste une modalité de calcul insuffisamment travaillée à l'école primaire ». Le rapport insiste notamment sur le développement des automatismes de calcul réfléchi. Aujourd'hui, l'accent est davantage mis sur la méthode utilisée, la compréhension.

L'actualité politique envers les Mathématiques, la maîtrise insuffisante du niveau des élèves français (évaluations internationales : TIMSS, PISA), et mon appréciation pour cette discipline scientifique m'ont orientée quant au choix du thème de ce mémoire. Je me suis interrogée sur la manière de déstructurer certains aprioris qu'ont les élèves face à cet enseignement en tentant de leur faire apprécier cette matière. Cela passe par la mise en place de pédagogies, d'un enseignement à penser, en faveur d'acquis solides dont l'objectif principal est la réussite de tous.

Au cours de ce mémoire, nous nous intéresserons au calcul mental à l'école primaire, sur les liens entre les deux fonctionnements cognitifs auxquels a recourt le calcul mental (activités de calcul réfléchi et de calcul automatisé). Par le biais de la recherche de ces liens, plusieurs questions sont intervenues :

En quoi la mémoire et le raisonnement jouent un rôle important dans les apprentissages liés au calcul mental ?

Comment acquérir et mémoriser des procédures ? Comment apporter du sens aux procédures de calcul mental ? Comment développer les capacités de mémorisation des élèves ?

Comment stimuler la mémoire et la motivation des élèves ?

Ce mémoire est composé de deux parties. Une première partie qui permet de définir le calcul mental de manière théorique et pratique, de rappeler l'importance que lui donnent les programmes officiels de l'école primaire et de préciser les représentations « mentales » qu'il met en jeu. Nous ferons un lien avec la mémoire, le raisonnement et la pratique du jeu.

A la suite, dans la seconde partie, nous détaillerons la méthodologie suivie notamment en présentant une recherche expérimentale portée sur l'automatisation de la table de Pythagore par le biais du calcul réfléchi menée en CE2.

Enfin, nous concluons ce mémoire sur le rôle du calcul réfléchi et du jeu en cherchant à déterminer s'il est un outil efficace quant à la mobilisation des tables de multiplication (automatisation de la table de Pythagore).

Partie 1 : Cadre théorique

I. Le calcul mental à l'école primaire

« Le calcul mental est une compétence utile, justement parce qu'il permet d'avancer avec moins de freins dans le traitement des situations impliquant des nombres et dans la résolution de problèmes. »

BUTLEN, D., (2007)

1. Les fonctions du calcul mental

Si Butlen insiste sur l'utilité du calcul mental c'est parce que sa pratique a une double fonction : sociale et pédagogique.

1.1. La fonction sociale

Le calcul mental a une fonction dans la vie quotidienne : c'est un calcul d'usage utile pour un calcul exact ou approché. Les élèves doivent comprendre que les nombres font partie de leur environnement quotidien. D'après les travaux de Valérie Barry (2009), professeure agrégée de Mathématiques, les élèves doivent donner du sens à l'utilisation du nombre.

Le nombre est un outil de **désignation** (nous numérotons : qui ? quoi ? où ?), de **datation** (nous datons : quand ?) et de **quantification** (nous dénombrons : combien ?).

Il est important que les élèves aient conscience de ces trois sous-fonctions.

1.2. La fonction pédagogique

Le calcul mental renforce la compréhension et la maîtrise des notions enseignées.

Il permet de :

- travailler le sens des opérations et de découvrir, utiliser leurs propriétés (la commutativité permet de changer l'ordre des termes ou des facteurs et l'associativité qui permet de modifier l'ordre des calculs)

- développer les capacités de raisonnement des élèves (le calcul réfléchi nécessite l'élaboration de procédures originales : aucune procédure ne s'impose)
- construire, renforcer et comprendre les connaissances relatives à la structuration arithmétique (construction) des nombres entiers naturels afin d'acquérir de nouvelles connaissances,
- développer des compétences dans le cadre de la résolution de problème,
- renforcer la fiabilité d'un résultat et développer l'esprit critique.

Au-delà de cette pratique sociale, le calcul mental a une pratique scolaire. Il a toujours fait partie des programmes de l'école primaire.

2. Les Instructions Officielles

Depuis les lois Ferry, l'enseignement du calcul mental est un enjeu majeur. Il permet la maîtrise des principaux éléments de Mathématiques à l'école primaire.

Les programmes nationaux de l'école primaire définissent pour chaque domaine d'enseignement les connaissances et compétences à atteindre dans le cadre des cycles.

Très tôt, dès le cycle 1 (cycle des apprentissages premiers), des activités mathématiques sont proposées quotidiennement. Le calcul mental s'opère par la construction du nombre en visant un des cinq domaines de compétences « Construire les outils pour structurer sa pensée ». L'école maternelle doit conduire progressivement les élèves à comprendre que les nombres permettent à la fois d'exprimer **des quantités** (usage cardinal) et d'exprimer **un rang ou un positionnement dans une liste** (usage ordinal). Cet apprentissage demande du temps et la confrontation à de nombreuses situations impliquant des activités pré-numériques puis numériques.

Aux cycles 2 et 3, le calcul mental vise à l'acquisition des compétences du nouveau Socle commun de connaissances, de compétences et de culture (2015) et plus particulièrement dans le domaine 1, « Les langages pour penser et communiquer : comprendre, s'exprimer en utilisant les langages mathématiques, scientifiques et informatiques » et le domaine 4, « Les systèmes naturels et les systèmes techniques : donner à l'élève les fondements de la culture mathématique ».

Les activités autour de l'enseignement des mathématiques sont mises en évidence par six compétences majeures : **chercher**, **modéliser**, **représenter**, **raisonner**, **calculer**, **communiquer**. Celles-ci traduisent un intérêt spécifique que nous mettrons en évidence à l'aide d'un tableau ci-dessous.

Compétences travaillées	Définition/intérêt de la compétence
Chercher	L'élève cherche lorsqu'il s'engage dans une démarche, se questionne sur la situation en mobilisant des connaissances, des outils, des procédures mathématiques, prélève et organise les informations nécessaires à la résolution de problèmes
Modéliser	L'élève modélise, doit reconnaître et distinguer les problèmes relevant de situations additives, multiplicatives, de partage, de groupements ou de proportionnalité
Représenter	L'élève représente quand il choisit une écriture adaptée au traitement d'un calcul
Raisonner	L'élève raisonne lorsqu'il choisit une démarche pour mettre en œuvre un calcul, met en cohérence le résultat d'un calcul et le contexte du problème concret
Calculer	L'élève calcule avec des nombres décimaux, de manière exacte ou approchée, en utilisant des stratégies ou des techniques appropriées. Il calcule dès qu'il contrôle la vraisemblance de ses résultats ou utilise une calculatrice pour trouver ou vérifier un résultat
Communiquer	L'élève communique dès l'instant où il utilise à l'oral ou à l'écrit, le langage naturel ou des écritures symboliques, pour expliquer des démarches, argumenter des raisonnements et présenter des calculs.

Les programmes officiels de l'éducation Nationale du cycle 2 (cycle des apprentissages fondamentaux) entrés en vigueur à la rentrée 2020 justifient la pratique du calcul mental de la sorte : « La pratique quotidienne du calcul mental conforte la maîtrise des nombres et des opérations et permet l'acquisition d'automatismes procéduraux et la mémorisation progressive de résultats comme ceux des compléments à 10, des tables d'addition et de multiplication. ».

L'attendu de fin de cycle 2 est de « Calculer avec des nombres entiers ». Les connaissances et les compétences qui y sont associées sont « Mémoriser des faits numériques et des procédures (tables d'addition et de multiplication) ; Élaborer ou choisir des stratégies de calcul à l'oral et à l'écrit ; Vérifier la vraisemblance d'un résultat, notamment en estimant son ordre de grandeur ».

En ce qui concerne le calcul au cycle 2, les élèves établissent puis doivent progressivement mémoriser :

- des faits numériques : décompositions / recompositions additives dès le début de cycle (dont les tables d'addition), multiplicatives dans la suite du cycle (dont les tables de multiplication) ;
- des procédures de calculs élémentaires.

Ils s'appuient sur ces connaissances pour développer des procédures de calcul adaptées aux nombres en jeu.

Dès le cycle 2, les élèves doivent être familiarisés avec les quatre opérations (addition, soustraction, division, multiplication).

Au cycle 3, la pratique du calcul mental s'étend progressivement des nombres entiers aux nombres décimaux, et les procédures à mobiliser se complexifient.

3. Calcul et calcul mental

Aux cycles 2 et 3, les calculs sont menés sous différentes formes enseignées en **interaction** et **complémentaires** les unes des autres. Le temps consacré à l'apprentissage de chacune de ces formes doit permettre d'atteindre les attendus de fin de cycles dans le champ « Nombres et calculs ».

3.1. Calcul écrit ou posé

Le calcul posé est souvent, dans les pratiques, opposé au calcul mental. On parle de calcul posé dès lors que l'on est dans l'application d'une technique écrite en colonnes. Les élèves opèrent alors sur les chiffres (valeur positionnelle). Il s'appuie donc sur la connaissance et la maîtrise d'algorithmes, sur la numération décimale et requiert la mémorisation de résultats élémentaires (connaissance des tables).

Le calcul écrit ne dispense pas de calcul mental (exemple : la technique écrite de la division omet les soustractions intermédiaires qui relèvent donc du calcul mental).

3.2. Calcul instrumenté

Le calcul instrumenté est un calcul effectué à l'aide d'un ou plusieurs instruments, appareils, ou logiciels (exemples : abaque, boulier, calculatrice, tableur, etc.).

En cas de défaut de la mémoire, c'est le mode de calcul qui sera utilisé. Les outils de calcul comme la calculatrice ont en mémoire les tables et d'autres faits numériques qui permettent d'effectuer de nombreux types de calculs plus complexes de manière automatisée.

3.3. Calcul mental

3.3.1. Définition

En 2012, d'après « *Calcul mental à l'école primaire* », Ressources et formations, COPIRELEM, le calcul mental est défini comme « tout type de calcul, exact ou approché, effectué de tête ou à l'aide de l'écrit, permettant d'obtenir un résultat par la mise en œuvre de procédures différentes de celles des algorithmes usuels ».

Généralement, on parle de calcul mental dès lors que l'on renonce à tout intermédiaire écrit : c'est-à-dire qu'aucun support n'intervient entre l'énoncé et la production du résultat. On le traduit aussi de calcul de tête, ou calcul direct, c'est-à-dire à une opération donnée, un résultat est attendu.

Le calcul mental opère sur les nombres plutôt que sur les chiffres (BOULE, 1997), permet d'enraciner des ordres de grandeur, le sens des opérations et leurs propriétés algébriques (commutativité, associativité, distributivité).

Le calcul mental se scinde en deux domaines : le calcul automatisé (en lien avec la mémoire) et le calcul réfléchi (en lien avec le raisonnement).

Automatiser des faits numériques et développer des procédures de calcul qui reposent sur les opérations sont les deux objectifs de la pratique du calcul mental.

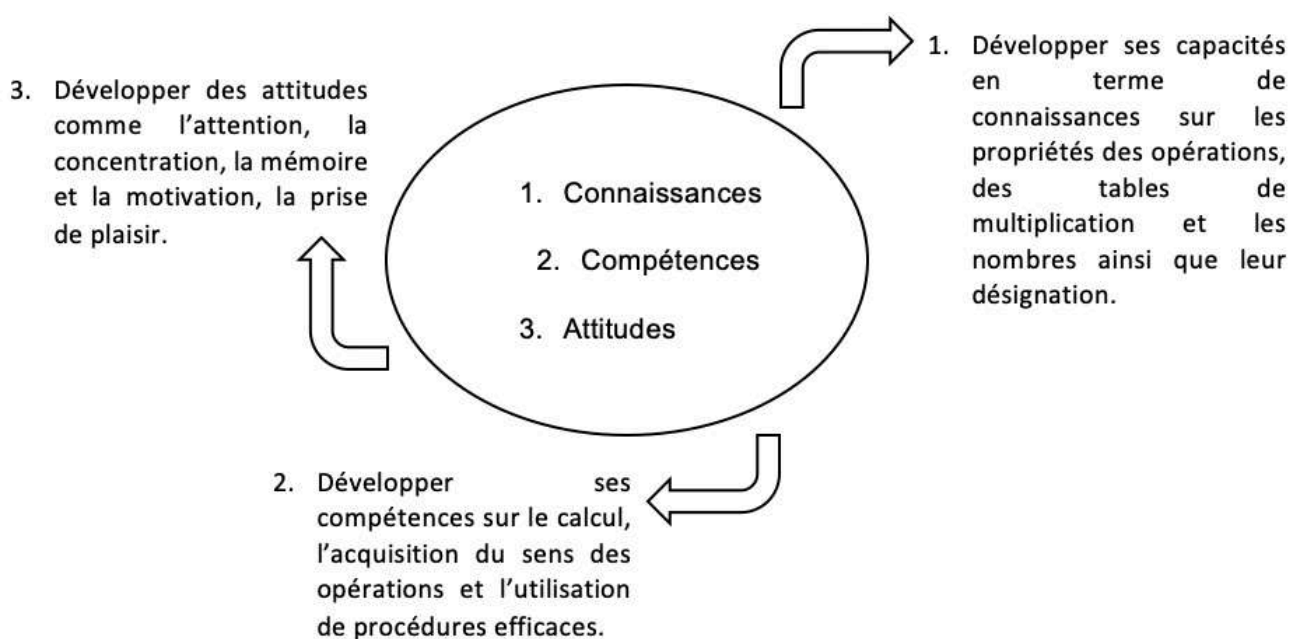
Les activités de calcul mental ne doivent pas se limiter aux cas de calcul exact.

En effet, il joue un rôle essentiel également dans la recherche des résultats approchés et des ordres de grandeur.

Le calcul approché fait partie du calcul réfléchi. Il se définit comme un calcul exact sur des valeurs approchées. C'est ici qu'interviennent l'estimation de grandeur et la familiarisation avec les unités usuelles, comme moyen de contrôle de la plausibilité d'un résultat, ou dans l'exercice de la vie quotidienne.

3.3.2. Les bienfaits

Dans « *Fort en calcul mental !* », Christophe Bolsius a listé les vertus du calcul mental en trois sous-parties que nous avons présentées de la manière suivante.



La pratique régulière du calcul mental favorise la progressivité des apprentissages. Avant la formalisation d'un nouveau savoir, elle permet d'anticiper, de préparer son étude. Pendant la phase d'apprentissage, elle facilite l'appropriation des notions ou des propriétés travaillées. Après l'apprentissage, grâce à un réinvestissement régulier, elle permet l'appropriation à long terme des savoirs et développe la capacité à les mobiliser dans des situations nouvelles.

Roland Charnay, lors d'une conférence en 2004 portant sur « l'enseignement du calcul aux cycles 2 et 3 », présente un tableau résumant l'interaction et les complémentarités des différentes formes de calcul avec une entrée par le fonctionnement cognitif (raisonnement ou automatisation), aussi appelé « domaine de calcul » et les moyens de calculs.

Domaines Moyens	Calcul automatisé (résultat exact)	Calcul réfléchi ou raisonné (résultat exact ou approché)
Calcul mental	Restitution immédiate de résultats mémorisés Mobilisation de procédures automatisées	Résultats construits Procédures personnelles (choix des arrondis)
Calcul écrit (posé)	Techniques opératoires	Procédures construites (choix des arrondis)
Calcul instrumenté	Calculs usuels, utilisation d'instruments de calcul	Exemple : trouver le quotient et le reste

La pratique du calcul mental permet à l'élève d'utiliser la richesse de ses connaissances sur le nombre et sur les propriétés des opérations. L'élève est ainsi amené à « faire parler » les nombres, c'est-à-dire à envisager plusieurs écritures, des décompositions. Pour calculer mentalement, avec aisance, l'élève va se créer un répertoire de résultats permettant d'économiser le travail à effectuer par le biais de techniques. Il doit aussi être capable de choisir rapidement entre plusieurs solutions possibles dans une situation donnée, développer une agilité intellectuelle qui dépendra d'un seul système : la mémoire.

II. Calcul, mémoire et mémorisation

La pratique du calcul mental permet et nécessite une mémorisation progressive de faits numériques dans une dynamique spiralaire.

La logique spiralaire est un terme introduit par Bruner en 1960. Le principe est de lier un enrichissement progressif et une reprise constante de ce qui a été enseigné, appris et peut-être oublié.

On entend donc par « spiralaire » un enseignement qui dispense de manière récurrente des situations, exercices, rituels de même nature en augmentant de manière progressive (et potentiellement différenciée) la difficulté ou la complexité des tâches. Cela invite donc à réactiver très régulièrement les notions de bases sur lesquelles tous les élèves doivent s'appuyer pour construire pas à pas de nouvelles compétences.

« Il s'agit d'un cheminement cognitif qui va de la reconstruction de faits numérique à leur mémorisation et leur mise en réseau. »

FISHER ET FAYOL

La mémoire désigne la fonction psychologique permettant de stocker des informations. La dynamique que la mémoire suit part de **la construction** où l'enseignant ménage des temps de répétition (tâches de production et de vérification) pour aller vers **l'automatisation** dans le but de tendre vers **un répertoire qui s'enrichit** (élaboration de faits numériques). La finalité étant **la disponibilité du répertoire** avec un rappel immédiat ou par association.

La mémorisation se compose du geste de stockage, de révisions programmées et de temps de contrôle.

Le calcul mental est un domaine qui sollicite beaucoup les fonctions mnésiques.

1. Le fonctionnement de la mémoire

La mémoire fonctionne selon une succession dans le temps de trois grands processus.

L'**encodage** (ou acquisition des informations) est l'étape de transformation des stimuli de l'environnement en traces mnésiques. Cette étape vise à donner un sens à la chose à mémoriser. Le processus d'encodage fait également référence non seulement à l'information ciblée, mais aux contextes environnemental, cognitif et émotionnel. De plus l'association d'idées ou d'images par des moyens mnémotechniques contribue à créer des liens qui facilitent l'encodage. Une information, même bien encodée, est toujours sujette à l'oubli.

Le **stockage** peut être considéré comme le processus actif de consolidation rendant les souvenirs moins vulnérables à l'oubli. Le sommeil, dans sa phase paradoxale notamment, ainsi que les révisions (scolaires, par exemple) jouent un grand rôle de consolidation.

Finalement, la **restitution** (ou récupération) des souvenirs, volontaires ou non, fait appel à des mécanismes actifs qui vont utiliser les indices de l'encodage. L'information est alors copiée temporairement de la mémoire à long terme dans la mémoire de travail pour être utilisée. Plus un souvenir sera codé, élaboré, organisé, structuré, plus il sera facile à retrouver. On comprend alors que l'oubli peut être causé par des ratés à chacune de ces étapes : mauvais encodage, trace insuffisamment consolidée ou difficulté de récupération.

La restitution de l'information encodée dans la mémoire à long terme est traditionnellement subdivisée en trois grandes formes : le rappel libre, le rappel indicé et la reconnaissance. Le rappel implique une restitution active de l'information, alors que la reconnaissance requiert seulement de décider si une chose parmi d'autres a été préalablement rencontrée. L'activation par le rappel est plus difficile car elle doit se faire globalement dans toute l'assemblée de neurones impliqués dans ce souvenir. Par contre, une activation partielle (le rappel indicé) du réseau neuronal déclenchée par une partie d'un objet pourrait suffire à activer tout le réseau dans le cas de la reconnaissance. Celui-ci correspond à l'ajout d'un indice susceptible de constituer une aide à la récupération.

2. La mémorisation des répertoires

Les programmes officiels définissent également un objectif de mémorisation de répertoires. Un double travail de mémorisation est nécessaire : un enseignement méthodologique au cours duquel l'élève apprend les répertoires mais aussi comment fonctionne sa mémoire. La mémorisation de résultats est un processus lent, qui s'étale sur plusieurs années.

2.1 Définition « repertoire »

On appelle « répertoires additifs et multiplicatifs », **la liste des résultats** utilisés pour effectuer les opérations posées et qui ne concernent donc que les calculs effectués avec les nombres à un chiffre. Ces résultats sont également mobilisables lors de la mise en œuvre des procédures de calcul mental ou écrit.

Les programmes font référence à des répertoires pour l'addition et la multiplication (les tables).

2.2 Lien avec le calcul automatisé

Le calcul mental automatisé sollicite des connaissances que l'on a acquises progressivement et mémorisées. Il permet de donner un résultat sans réfléchir. Le calcul automatisé a pour but d'être rapide, sûr, mettant en œuvre des procédures simples de calcul.

La mémoire a besoin de sens. Il faut montrer que la connaissance des répertoires facilite la mise en œuvre des techniques de calcul. Cette mémoire doit au minimum contenir les faits numériques organisés que sont les tables. Ceci doit être su par cœur et constituer un mode de calcul automatisé.

Néanmoins, la mémoire n'aime pas être surchargée. La gestion mentale est à prendre en compte chez les élèves. Ainsi il faut bien penser les préparations de séance où un objectif unique doit être ciblé. Il ne faut pas prendre le risque que la mémorisation des nombres (en choisissant de ne pas écrire au tableau le calcul à effectuer) fasse obstacle à la mise en œuvre de la procédure. L'enseignement des procédures écrites précèdera celui des procédures mentales.

2.3 Les différentes phases sous-jacentes à la mémorisation

La mémorisation de faits numériques requiert une programmation structurée, alliant un rythme assez soutenu et des réactivations très fréquentes.

La mémorisation d'un répertoire est organisée en cinq phases :

- la construction du répertoire,
- le repérage des caractéristiques et le stockage en mémoire,
- les révisions, avec des restitutions dans l'ordre de la mémorisation,
- les révisions, avec déstructuration du répertoire en vue d'une restitution dans un ordre aléatoire,
- les révisions suivies d'une restitution chronométrée.

La construction d'un répertoire doit s'effectuer par l'élève lui-même une fois qu'il a compris la construction en jeu. Ainsi, il peut prendre conscience des régularités, des propriétés.

Ces phases, ces séances ont lieu sous différentes formes :

- les situations saisies « à la volée »,
- les exercices quotidiens (séances courtes),
- les séquences de recherches.

3. Les fonctions mnésiques sollicitées

A.M. Soprano et J. Narbona en 2009 définissent les fonctions mnésiques comme « Un ensemble de fonctions en relation avec la capacité d'enregistrer, d'élaborer, de stocker, de récupérer et d'utiliser des informations. Dans cette perspective, la mémoire ne serait pas un système unitaire mais un réseau de systèmes interactifs. ».

Les fonctions cognitives se développent selon deux modalités :

- spontanément avec le temps et l'exposition à un stimulus ou à un environnement : apprentissage implicite directement dépendant des « boîtes à outils » de l'enfant,
- par apprentissage explicite : démonstrations, répétitions, entraînement : création d'un nouveau réseau de neurones.

D'après le modèle Atkinson-Shiffrin, il existe trois principaux types de mémoire. C'est une théorie de la mémoire humaine proposée par Richard Atkinson et Richard Shiffrin en 1968.

Les deux hommes ont utilisé ce modèle pour montrer que la mémoire humaine peut essentiellement être décomposée en trois parties : une mémoire sensorielle, une mémoire à court terme et une mémoire à long terme.

3.1. Mémoire sensorielle/perceptive

Celle-ci fait référence au stockage immédiat des informations et qui assure la continuité de la perception. La durée de la mémoire sensorielle est particulièrement brève, de l'ordre de la milliseconde.

On connaît deux sous-systèmes : la mémoire iconique de la perception visuelle et la mémoire échoïque de la perception sonore.

3.2. Mémoire à court terme

Celle-ci dépend de l'attention portée aux éléments de la mémoire sensorielle. C'est la capacité à retenir de manière active et disponible une quantité limitée d'informations pendant un temps relativement court.

Typiquement, elle est utilisée dans une tâche qui consiste à restituer, dans l'ordre, une série d'éléments qui viennent d'être énoncés. En général, nos facultés nous permettent de retenir entre cinq et neuf éléments (ou, comme on l'entend souvent, sept plus ou moins deux).

3.2.1. Mémoire de travail

La mémoire à court terme n'a pas pour seule fonction de retenir l'information, elle doit également la traiter. Ainsi, nous la connaissons sous le nom de mémoire de travail.

Il s'agit d'une mémoire responsable du stockage temporaire et de la manipulation des informations nécessaires à des tâches complexes (capacité à transformer les informations conservées).

De plus, elle serait constituée de plusieurs systèmes indépendants, ce qui impliquerait que nous ne sommes pas conscients de toute l'information qui y est stockée à un instant donné.

3.3. Mémoire à long terme

Celle-ci comprend : la mémoire des faits récents (où les souvenirs sont encore fragiles) et la mémoire des faits anciens (où les souvenirs ont été consolidés). C'est une capacité de stockage quasi permanente qui contient des informations accumulées sur de très longues périodes. Contrairement à la mémoire à court terme, elle est dotée d'une capacité illimitée.

Plusieurs divisions de la mémoire à long terme en psychologie ont été proposées. Nous décrivons brièvement les plus diffusées.

3.3.1. Déclarative contre procédurale

C'est une distinction proposée par Cohen et Squire en 1980. La mémoire déclarative c'est tout ce qui peut se verbaliser, c'est « savoir que ».

La mémoire procédurale correspond aux habiletés, c'est « savoir comment ».

3.3.2. Sémantique contre épisodique

C'est une distinction proposée par Tulving en 1972. Les deux systèmes font partie de la mémoire déclarative. La mémoire sémantique correspond au langage et connaissances générales sur le monde.

La mémoire épisodique regroupe les connaissances correspondant aux événements vécus. Chaque événement est encodé avec des informations temporelles et spatiales qui spécifient où et quand l'information a été acquise (contexte d'acquisition).

3.3.3. Explicite contre implicite

C'est une distinction proposée par Graf et Schacter (1985). On les utilise dans deux tâches différentes. La mémoire explicite intervient lors d'une tâche dans laquelle la

récupération d'informations présentées antérieurement est consciente et même prescrite par la tâche (quand on utilise notre mémoire pour faire une tâche, la récupération est consciente).

La mémoire implicite intervient lors d'une tâche qui ne nécessite pas une récupération consciente ou intentionnelle d'informations (tâche où on ne nous dit pas d'utiliser notre mémoire mais on l'utilise malgré tout sans s'en rendre compte).

III. Calcul réfléchi et raisonnement

1. Une définition généraliste du raisonnement

Olivier Houdé, enseignant-chercheur et psychologue français, définit le raisonnement tel quel « savoir raisonner, c'est savoir réfléchir ». Il ajoute à cette première définition que « lorsque le cerveau raisonne et apprend à réfléchir, il émet et teste des hypothèses, infère, déduit, cherche des solutions qui sont inédites pour lui, parfois inédites pour tous ».

Deux processus caractérisent le raisonnement : il s'agit de la **déduction** et de l'**induction**.

La déduction est le principal processus. L'exemple le plus classique étant celui du syllogisme. C'est une forme de **raisonnement déductif**, logique qui lie deux prémisses à une conclusion. C'est un processus qui permet de conclure/déduire une affirmation sur la base d'hypothèse.

L'autre grande forme de déduction est le **raisonnement conditionnel** : les énoncés de la forme « si... alors... ». C'est le raisonnement hypothético-déductif.

Ces deux formes de raisonnement déductif sont liées.

Conjointement, un autre processus est important : l'induction. L'induction tolère le probable, l'incertitude. Ce processus permet de passer du particulier (faits observés, situations) au général (lois, théories, connaissances générales).

2. Grand axe du calcul mental : le calcul réfléchi ou raisonné

Le calcul réfléchi est un mode de calcul qui utilise une mémoire plus ou moins étendue et automatisée de faits numériques, ainsi que les propriétés des opérations à utiliser dans le calcul.

Le calcul mental réfléchi nécessite de développer une stratégie et des choix de procédure. Il appartient à l'élève de combiner ses différentes connaissances pour effectuer un calcul. L'objectif ne réside pas dans la rapidité mais plutôt dans la stratégie, le choix d'une démarche plus complexe et sa justification. L'élève utilise des procédures acquises mais doit décider du choix et de l'ordre des opérations.

Le calcul automatisé est un outil au service du réfléchi. Pratiqué régulièrement, il permet d'étendre les compétences du calcul automatisé.

La « mission Villani » réaffirme la place centrale dans les nouveaux programmes de Mathématiques de la pratique du calcul mental. Une pratique quotidienne du calcul mental est affirmée dans les programmes puisque la régularité et la fréquence de celle-ci sont nécessaires à l'automatisation des savoir-faire.

Le rapport insiste notamment sur le développement des automatismes de calcul en travaillant la répétition à tous les âges. Mais pas n'importe lequel : celui qui est réfléchi, raisonné. Aujourd'hui, l'accent est davantage mis sur la méthode utilisée, la compréhension, la mise en situation, en action par le biais de « situations qui donnent du sens aux actions liées aux quatre opérations ».

Au-delà de l'aisance, la fluidité et l'acquisition des automatismes de calcul, la volonté est de faire acquérir aux élèves des connaissances, des méthodes, des stratégies de résolution spécifiques à la discipline.

Le calcul raisonné constitue un axe primordial des programmes car sa pratique permet de consolider les procédures de calcul et la connaissance des répertoires. S'il est souvent question de donner du sens au calcul, il est nécessaire d'alterner un travail sur le sens et sur l'acquisition d'automatismes.

De plus, nous avons évoqué le rapport de la « mission Villani », souvent cité, le jeu est considéré comme un outil pédagogique à part entière.

IV. Le jeu dans l'apprentissage des Mathématiques

Le jeu est une modalité spécifique d'apprentissage. Il est un moyen privilégié de mobiliser l'attention et l'intérêt (motivation) de l'élève. C'est une activité ludique qui permet de faciliter l'entrée dans l'activité et donc dans l'apprentissage.

Le jeu est présenté comme un excellent outil pour pratiquer le calcul. C'est en effet essentiel de jouer avec les nombres. Les nombres n'existent que par les relations qu'ils tissent entre eux, grâce aux quatre opérations. Et surtout, l'activité ludique apporte la dimension plaisir indispensable pour construire des connaissances dans la durée, avec l'envie d'y revenir et d'approfondir le sujet.

Le lien entre jeu, motivation et mémorisation est à considérer, notamment dans le cas d'un enseignement en déclin, qui se traduit par des *a priori* et des difficultés.

1. Qu'est-ce que le jeu et qu'est-ce que jouer ?

D'après Roger Caillois dans *Les Jeux et les Hommes*, le jeu se définit comme une activité libre et volontaire, suscitant la notion de plaisir. « On ne joue que si l'on veut, que quand on veut, que le temps qu'on veut ». Dès lors que le jeu revêt un caractère obligatoire, il présente la transformation d'un jeu en corvée.

Dans le cadre de l'enseignement il existe le jeu libre et le jeu structuré. **Le jeu libre** consiste à faire un choix de la part de l'élève. Dans cette situation précise l'élève choisit quand et comment il joue. Au contraire, dans **le jeu structuré**, l'enseignant initie le jeu en vue de faire acquérir explicitement des apprentissages spécifiques à l'enfant. Tout en conservant son aspect ludique, ce second type de jeu comporte des objectifs d'enseignement. Dans les phases de jeu, l'enfant conserve sa liberté d'agir, de prendre des décisions, de faire ses essais, de construire sa propre expérience.

2. Pourquoi jouer à l'école ?

« Est jeu, toute activité qui n'a d'autre finalité qu'elle-même ».

WALLON, H.

Durant l'enfance, ce qui semble caractériser le jeu c'est qu'il est sa propre finalité. L'enfant joue librement, sans autre but que de jouer.

1.1. Le rôle du jeu dans les apprentissages

À l'école, le jeu a une double articulation : le loisir et le travail. En effet, le jeu a l'avantage de fournir des variantes qui sont attrayantes, ce qui peut susciter chez l'élève de la **motivation**. L'enfant-élève étant motivé, il y trouve du plaisir et y acquiert maîtrise et compétence, ce qui va permettre de découler du jeu, la **mémorisation** de la compétence mise en situation dans le cadre du jeu.

1.2. Quels objectifs pédagogiques ?

« L'enseignant n'a pas pour mission d'obtenir de ses élèves qu'ils apprennent, mais de faire en sorte qu'ils puissent apprendre ».

CHEVALLARD, Y.

Pour conduire les enfants vers les Mathématiques, comme pour tout apprentissage, l'objectif premier du professeur des écoles est de partir d'un constat réalisé auprès des enfants. Chez des jeunes enfants, le dispositif d'apprentissage du jeu est préféré dès lors que le jeu soit d'abord pédagogique puisque la transposition du savoir relève d'un travail didactique. Les Instructions Officielles du Ministère de l'Education Nationale mentionnent le jeu comme un outil pédagogique valide « si le jeu trouve naturellement sa place dans des activités d'utilisation du savoir ».

Les objectifs pédagogiques sont multiples puisque les jeunes enfants sont alors amenés à comprendre et appliquer les règles des jeux, ce qui est un **accomplissement intellectuel**, et à les respecter ce qui est un **apprentissage social**

et moral. Il permet également le développement de relations sociales et de la communication, l'apprentissage de la coopération et des conventions sociales.

De plus, certains élèves qui ont des représentations erronées sur les Mathématiques rencontrent des difficultés dans ce domaine. Le jeu permet ainsi une autre manière d'appréhender les notions des programmes officiels dans cette discipline. Jouer sans mentionner les notions qui constituent des objectifs d'apprentissage est favorable à une déstructuration des préjugés portés sur cette matière et ainsi vise à obtenir de meilleur résultat.

La situation de jeu doit mener l'élève à comprendre. Comme les outils et les supports, le jeu fait l'objet d'un choix de l'enseignant en fonction de son objectif.

V. Ce que doit être une séance en calcul mental

Elle doit être le résultat d'une combinaison de plusieurs facteurs : la numération, les opérations et la résolution de problèmes avec des objectifs de mémorisation de faits numériques et de raisonnement.

Le calcul mental recouvre trois points : un ensemble de résultats mémorisés, des procédures automatisées et des stratégies de calcul. Les résultats mémorisés sont ceux des tables d'addition ou de multiplication. Les procédures automatisées sont des stratégies enseignées en tant que connaissances. Les stratégies de calcul regroupent toutes les procédures qui varient en fonction des nombres en jeu.

1. Préconisations

Une séance se traduit par une fiche de préparation qui est un outil personnel très cadré de préparation de la classe, construit pour l'enseignant, personnel. Elle est essentielle à l'enseignant puisqu'elle est garante de la réflexion de son travail en amont. Elle permet d'anticiper tout ce qui va se jouer : difficultés, réussites, rôle et place de l'enseignant mais également les consignes.

Une situation d'apprentissage doit respecter un certain nombre de phases.

2. Méthodologie

Les séances de calcul mental (automatisé, réfléchi) peuvent s'organiser selon différentes phases.

La phase d'échauffement doit être brève. Celle-ci met les élèves en condition d'écoute et de concentration. Cette première étape ne doit présenter aucune difficulté technique pour permettre un démarrage de tous les élèves.

La phase d'entraînement s'appuie sur des calculs simples. Elle fait appel à des connaissances ou des procédures qui doivent être directement disponibles et rappelées pendant la correction.

La phase de calcul raisonné est la plus complexe. Plusieurs procédures sont possibles : il s'agit de les confronter et de faire apparaître la plus adaptée lors de la correction.

Deux moments ressortent de ces séances :

1. un moment court et intense pendant lequel les élèves sont en réflexion et surtout en production,
2. un moment où l'on explore les différentes stratégies, création de traces écrites (institutionnalisation).

3. Les supports

Le professeur des écoles choisira l'outil en fonction de l'objectif de l'activité et de la nécessité ou non de garder des traces écrites.

Nous opposerons les types de support d'écriture manuel et non manuel.

Support d'écriture manuel	L'ardoise	Permet de travailler la rapidité Support d'écriture qui facilite la monstration du résultat
	Le cahier de brouillon	Permet à l'élève de mesurer sa performance Support d'écriture qui facilite la recherche
	Le cahier du jour de Mathématiques	Support d'écriture (mais de différente nature) permet d'évaluer
	Le cahier de calcul	Permet d'amener les élèves à sentir qu'il existe des relations entre les nombres et à plusieurs niveaux
Support d'écriture non manuel	Les TICES : outils et produits numériques (des logiciels ou applications)	Permettent à l'élève de travailler sous une forme ludique en fonction de l'activité.

VI. Problématique et hypothèses

Mon statut d'étudiante-professeure des écoles contractuelle alternante en cycle 2 durant cette année scolaire m'a conduite à recentrer le champ d'investigation autour du rôle de la mémoire et du raisonnement dans les apprentissages liés au calcul mental au sein de ce cycle.

Je me suis interrogée sur deux aspects du calcul mental : d'abord le calcul automatisé en lien avec la mémoire puis le calcul réfléchi en lien avec le raisonnement.

J'ai voulu distinguer une mémorisation classique des tables de multiplication (calcul automatisé) à une automatisation en relation avec la mise en place de procédures et d'un jeu (calcul réfléchi).

Au regard de ces interrogations, ce travail de recherche a pour objectif d'apporter des réponses à la problématique suivante :

**« Comment une pratique régulière du calcul réfléchi
et le jeu (en tant que dispositif d'apprentissage)
favorisent l'automatisation de la table de Pythagore ? »**

Pour ce faire, je formule trois hypothèses :

- Une pratique régulière du calcul réfléchi permet une meilleure mémorisation de la table de Pythagore ;
- Une pratique régulière du calcul réfléchi permet une meilleure mémorisation de nouvelles procédures de calcul : lien avec la mémorisation de procédures ;
- L'utilisation du jeu motive dans la mobilisation des tables de multiplication (calcul automatisé).

Partie 2 : Méthodologie

Afin de mener nos recherches, dans l'objectif de répondre à notre problématique, à savoir « Comment une pratique régulière du calcul réfléchi et le jeu favorisent l'automatisation de la table de Pythagore », j'ai décidé de mettre en place une séquence d'expérimentation « La table de Pythagore » au sein du domaine d'apprentissage des Mathématiques.

Cette séquence s'étendra sur trois périodes et sera composée de onze séances dont l'évaluation diagnostique (appelée pré-test dans ce mémoire) et l'évaluation sommative (appelée post-test dans ce mémoire). L'étendue de la séquence s'explique par le fait que j'ai la responsabilité de la classe d'expérimentation seulement un jour par semaine (statut contractuelle alternante).

I. Participants

Dans le cadre de l'expérimentation proposée, deux écoles élémentaires du département de l'Indre participent.

La première classe, dite **classe d'expérimentation**, est située au sein d'une école élémentaire localisée en zone urbaine au centre du département. La classe compte vingt-six élèves de cours élémentaire deuxième année issus d'origines socio-culturelles et économiques variées. Toutefois, l'effectif pour la classe d'expérimentation se base sur seize élèves (N=16) en raison du contexte sanitaire décrit précédemment.

L'âge moyen des participants est de 8 ans et 6 mois pour le pré-test et de 8 ans et 10 mois pour le post-test.

Dans cette classe, le profil des élèves est très hétérogène, ce qui est une richesse :

- Deux élèves sont suivis par un orthophoniste ;
- Une élève bilingue français/espagnol ;
- Deux élèves ont été maintenues ;
- Deux élèves bénéficient de la mise en place d'un Programme Personnalisé de Réussite Educative (un élève orienté sur le comportement, une élève orienté pour la pédagogie) ;

- Plusieurs élèves avec de grandes facilités d'apprentissage.

La seconde classe, dite **classe témoin**, est située au sein d'une école primaire localisée en zone rurale au sud-ouest du département. La classe compte vingt-quatre élèves mais nous nous baserons sur un effectif de quinze élèves qui ont été interrogés dans le cadre de l'expérimentation (absents lors des évaluations à cause du Covid-19).

Pour ce qui est du niveau de la classe, l'ensemble des élèves a un bon niveau. Le profil des élèves est plutôt homogène. Cependant, plusieurs parmi eux ont des difficultés en Mathématiques et/ou en calcul mental et une élève est en grande difficulté.

II. Matériel

Dans cette étude, le choix du matériel a été une étape importante pour la réalisation de l'évaluation diagnostique et sommative ainsi que pour les phases d'apprentissage correspondantes à l'expérimentation. En effet, ce dernier a été manipulé par les élèves et il a permis d'appréhender différemment leurs apprentissages.

1. Matériel pour les évaluations de l'évolution des performances

Dans l'évaluation diagnostique, aussi appelée pré-test dans ce travail de recherche, il y avait :

- Trois étapes de calculs à effectuer à des temps différents au sein d'une même journée ;
- Chaque étape était composée de seize calculs à effectuer ;
- Le test (*Annexe 1*) était imprimé et présenté aux élèves sur une feuille au format A4.

Concernant l'évaluation sommative, aussi appelée post-test dans ce travail de recherche, j'ai fait le choix qu'elle soit précisément la même que le pré-test.

Toutefois en supplément, une feuille blanche, de brouillon, a été proposée aux élèves.

2. Matériel pour les phases d'apprentissage

Tout au long de la séquence d'expérimentation les élèves ont manipulé le même matériel.

Le matériel nécessaire aux séances d'apprentissage est :

- Un document numérique, projeté via le vidéoprojecteur, comportant trois étapes évolutives composées chacune de six calculs ;
- Une fiche « Je sais » (*Annexe 2*) sur laquelle les élèves reportent les calculs dont ils connaissent le résultat, automatisé ;
- Une fiche « Je cherche » (*Annexe 3*) lorsque les élèves ont besoin de réactiver les procédures d'acquisition de la table de Pythagore ;
- Une activité ludique : le jeu « La Table de Pythagore » (*Annexe 4*).

Concernant l'activité « La table de Pythagore », il s'agit d'un jeu que j'ai créé. Il est composé :

- D'une fiche activité mentionnant l'objectif, les modalités du jeu, le matériel à disposer, le but et la règle du jeu ;
- De chiffres allant de un à neuf où se trouve neuf bulles à remplir ;
- De cartes avec la multiplication à effectuer ;
- D'une table de Pythagore vide à remplir.

Une différenciation avec cinq niveaux a été pensée pour ce jeu :

- Différenciation 1 : concerne la table de Pythagore jusqu'à 5×2 (*Annexe 4*) ;
- Différenciation 2 : concerne la table de Pythagore jusqu'à 5×5 ;
- Différenciation 3 : concerne la table de Pythagore jusqu'à 6×6 ;
- Différenciation 4 : concerne la table de Pythagore jusqu'à 8×8 ;
- Différenciation 5 : concerne toute la table de Pythagore.

Les cinq niveaux de jeu ont été proposés pour amener progressivement les élèves à réviser ou mémoriser les calculs au sein de la table de Pythagore. Les élèves sont en début de séquence tous parti du premier niveau de différenciation et par observation effectuée par l'enseignant, sont passés aux niveaux suivants en fonction de leurs besoins, leurs acquis.

III. Protocole expérimental

L'étude a été conduite sur une séquence divisée en onze séances. Elle a été proposée au groupe expérimental, soit la classe de cours élémentaire deuxième année de l'école élémentaire de Châteauroux. La séquence a concerné l'ensemble des élèves de cette classe, mais les résultats portent uniquement sur les seize élèves présents lors du pré-test.

Une autre séquence a été proposée au groupe témoin. Dans ce mémoire, nous l'appellerons la séquence témoin.

1. Évaluation diagnostique et sommative

Le groupe témoin et le groupe expérimental ont été soumis aux mêmes tests.

Le pré-test correspond à une évaluation diagnostique. Elle permet, avant de commencer la séquence, de faire un bilan des compétences acquises des élèves au sujet des tables de multiplications. Du côté de l'enseignant, l'évaluation diagnostique a aussi pour rôle de le guider dans la construction et l'animation des séances qui constituent sa séquence.

Puis le post-test, qui correspond à une évaluation sommative, intervient au terme de la séquence. L'objectif étant d'attester et de reconnaître les apprentissages.

Les deux évaluations reprennent les mêmes calculs et elles ont été conduites en amont et en aval de la séquence d'expérimentation. Elles ont été réalisées en classe entière, de manière individuelle, sur les temps d'accueil du matin, avant la pause méridienne et au temps d'accueil de l'après-midi.

Le test est composé de quarante-huit calculs repartis en trois étapes de seize calculs.

La compétence en jeu est la même pour les étapes :

- Calculer avec des nombres entiers : mémoriser les tables de multiplication.

La difficulté des calculs augmente au cours des étapes. La première étape reprend des calculs mettant en jeu les tables de multiplication dont un des facteurs est maximum le chiffre cinq.

La deuxième étape fait intervenir les tables de multiplication dont un des facteurs est compris entre les chiffres deux et dix, avec une majorité inférieure au chiffre cinq (onze calculs jusqu'à la table de cinq, cinq calculs entre six et dix).

La troisième étape met en jeu un calcul dont un des facteurs est quatre et un calcul dont un des facteurs est cinq. Sinon, il s'agit uniquement de calculs dont un des facteurs est compris entre les chiffres six et dix.

Une différence importante est à noter : les élèves de la classe d'expérimentation ont pu bénéficier d'un outil supplémentaire lors du post-test. En effet, ils avaient à leur disposition une feuille vierge, de brouillon, permettant, s'ils le souhaitaient, de passer par une phase écrite (utilisation d'une procédure) avant de répondre au calcul.

2. Organisation de la séquence proposée

La séquence d'expérimentation (*Annexe 5*) s'étend de la période 3 à la période 5 (du 3 janvier 2022 au 20 mai 2022). Elle comporte vingt semaines dont quatre correspondent aux vacances d'Hiver et de Printemps.

La séquence a pour titre : « La table de Pythagore ». Il s'agit d'une séquence appartenant au domaine d'enseignement des Mathématiques dont le domaine spécifique est « Nombres et calculs ».

2.1. Sa place dans les programmes

Les programmes scolaires d'enseignement et d'apprentissages du cycle 2 publiés au bulletin officiel de l'éducation Nationale, de la jeunesse et des sports, en juillet 2020 sont divisés en trois composantes :

- Le Socle Commun de Connaissances, de Compétences et de Culture ;
- Les attendus de fin de cycle ;
- Les connaissances et compétences associées.

De ce fait, ma séquence d'expérimentation respecte également ce découpage. Elle témoigne de références au Socle Commun de Connaissances, de Compétences et de Culture dans le domaine 1 « Les langages pour penser et communiquer » (puisque les

élèves sont amenés à comprendre et s'exprimer en utilisant les langages mathématiques) et le domaine 4 « Les systèmes naturels et les systèmes techniques » car il s'agit de donner à l'élève les fondements de la culture des mathématiques.

L'attendu de fin de cycle est de « Calculer avec des nombres entiers » et les compétences associées sont « Mémoriser des faits numériques et des procédures » ainsi que « Mobiliser en situation ses connaissances de faits numériques et ses connaissances sur la numération ».

Au sein du domaine du calcul mental il s'agit d'être capable d'élaborer ou choisir des procédures, les expliciter, les utiliser et de comparer leur efficacité.

Les onze séances de calcul mental hebdomadaires durent environ 40 minutes. Elles consistent à favoriser l'assimilation de procédures afin de compléter la table de Pythagore, et non la simple mémorisation des tables de multiplication. Elles sont différentes des séances classiques journalières de 15 minutes préconisées par les programmes dont l'objectif actuel du ministère de l'Education nationale est de lire, écrire, **compter** et respecter autrui. Les séances longues (30 à 45 minutes) sont utiles pour structurer et construire l'apprentissage. Les séances courtes (10 à 15 minutes) vont permettre d'entraîner et d'automatiser. L'alternance est donc nécessaire afin d'avoir un enseignement progressif et structuré.

Les objectifs des élèves sont multiples :

Connaissances et utilisation des répertoires :

- Restituer dans l'ordre, et dans un ordre aléatoire, les résultats des tables de multiplication de 6 à 10 ;

Calcul automatisé :

- Calculer mentalement un produit de deux nombres à un chiffre ;

Calcul réfléchi :

- Faire émerger des procédures afin de compléter la table de Pythagore sans avoir automatisé tous les résultats.

L'objectif de l'enseignant est d'amener les élèves à être capables de compléter la table de Pythagore, sans avoir à automatiser tous les résultats qui la composent, à partir de séances durant lesquelles ils vont développer des procédures.

L'enjeu de cette expérimentation est de savoir si la pratique régulière du calcul réfléchi est un outil en faveur de la mémorisation de la table de Pythagore.

Cette séquence est orientée selon le modèle socioconstructiviste du pédagogue Vygotsky (qui est le modèle requis de l'enseignement). En effet, l'élève construit ses connaissances par le biais de l'expérimentation.

2.2 Les séances qui la composent

Les séances sont **ritualisées** : une séance de calcul fait suivre plusieurs phases s'appuyant sur des documents de travail que les élèves retrouvent de séances en séances.

Les séances avaient pour objectifs de développer le calcul réfléchi ; automatiser les procédures + le raisonnement (raisonnement en lien avec les propriétés) ; automatiser la table de Pythagore.

Une séance alterne deux grandes phases : la première étape porte sur des calculs, réparties en trois catégories, à trier selon que le résultat soit automatisé ou non. La deuxième étape propose une émulation incitative grâce à la fabrication d'un jeu.

La première étape est composée de trois phases :

- Révision de la séance précédente ;
- Proposition des calculs à trier (réinvestissement ou entrée d'une nouvelle table de multiplication) ;
- Correction ;
- Dernière phase différenciée qui introduit des produits où l'un des facteurs est inférieur à 10 et l'autre nombre à deux chiffres (calculs en dehors de la table de Pythagore).

La deuxième étape correspond au jeu. Les élèves, répartis en groupes homogènes, jouent à l'activité « Le jeu de Pythagore » pendant une durée de vingt minutes.

Les séances étant éloignées dans le temps pour différentes raisons (absences d'élèves, un stage massé dans une autre école pour ma part, les vacances scolaires). Elles ont nécessité des temps de réinvestissement pour les élèves en difficulté. Les deux grandes étapes de chaque séance ont été très vite intégrées par les élèves, mais

concernant la mobilisation des résultats des tables, cela a été plus compliqué. Pour pallier cette différence, durant la deuxième étape proposant l'activité du jeu de Pythagore, je jouais moi-même avec un petit groupe d'élèves (cinq au maximum).

2.3 La séquence témoin

Concernant l'apprentissage des tables, le travail a d'abord porté sur les additions répétées avec des schémas pour faciliter la compréhension du sens des multiplications. Puis les élèves ont travaillé une semaine une table, en classe et parallèlement chez eux.

En classe, l'activité se déroule sous la forme d'une interrogation sur les ardoises (sous forme de calcul automatique) avec en lien les additions répétées pour permettre aux élèves de se souvenir du principe.

Il s'agit ici du procédé « Lamartinière » qui consiste à une activité rapide, conduite oralement par l'enseignant, où les élèves sont sollicités pour écrire les réponses.

Partie 3 : Résultats

Cette partie expose les résultats de manière brute des différentes hypothèses sur lesquelles mon travail de recherche a porté.

I. Une pratique régulière du calcul réfléchi permet une meilleure mémorisation de la table de Pythagore

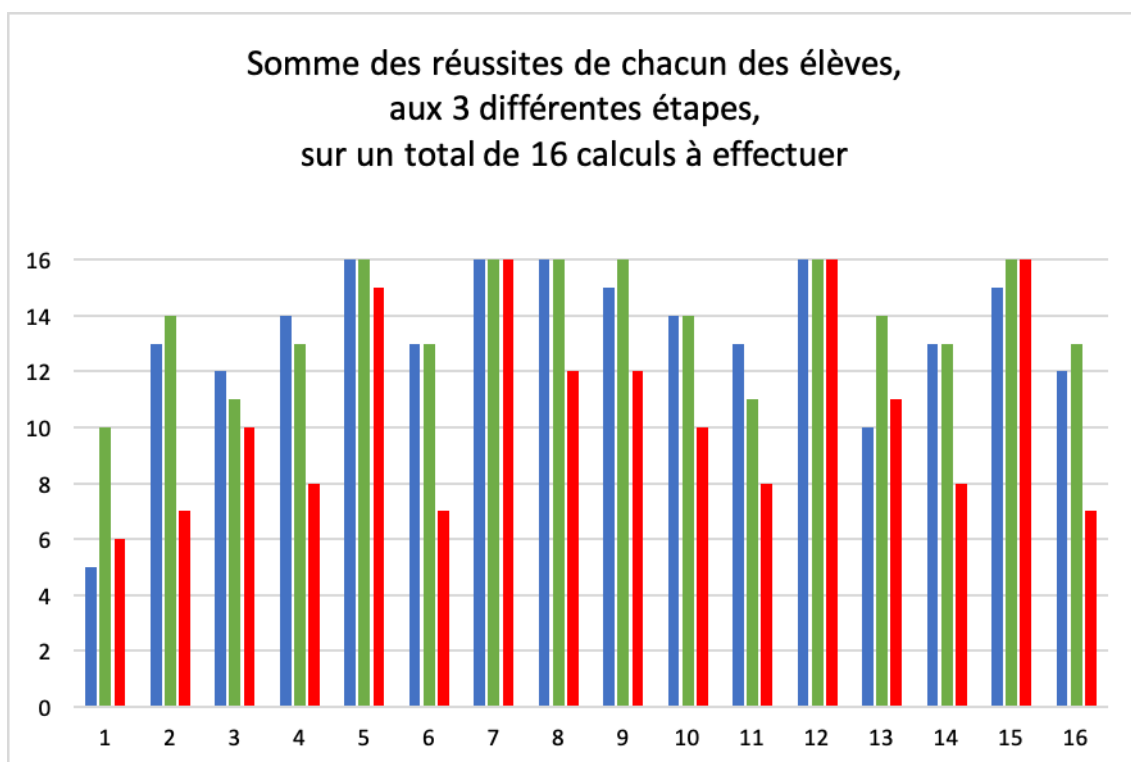
- Résultats généraux des pré-tests

1^{ère} étape de 09h00 à 09h10 le 14 janvier 2022 (bleu ; violet)

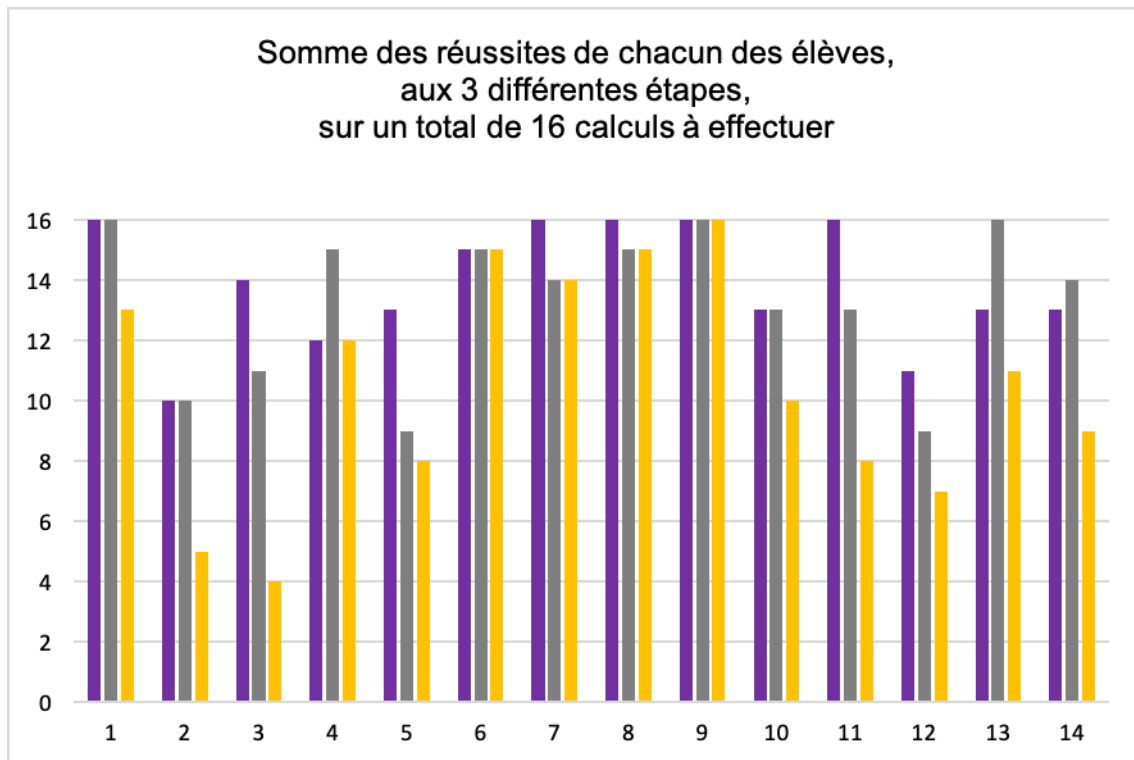
2^{ème} étape de 11h30 à 11h40 le 14 janvier 2022 (vert ; gris)

3^{ème} étape de 13h45 à 14h00 le 14 janvier 2022 (rouge ; jaune)

Classe d'expérimentation



Classe témoin



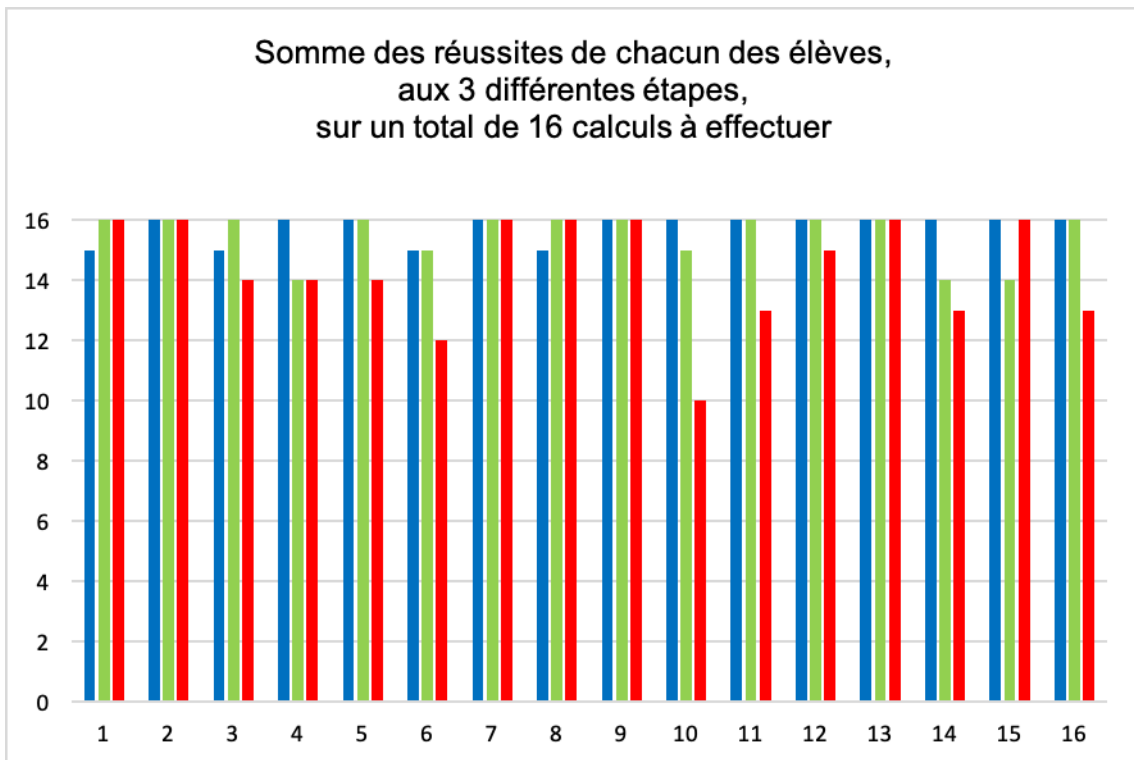
- Résultats généraux des post-tests

1^{ère} étape de 09h00 à 09h10 le 20 mai 2022 (bleu ; violet)

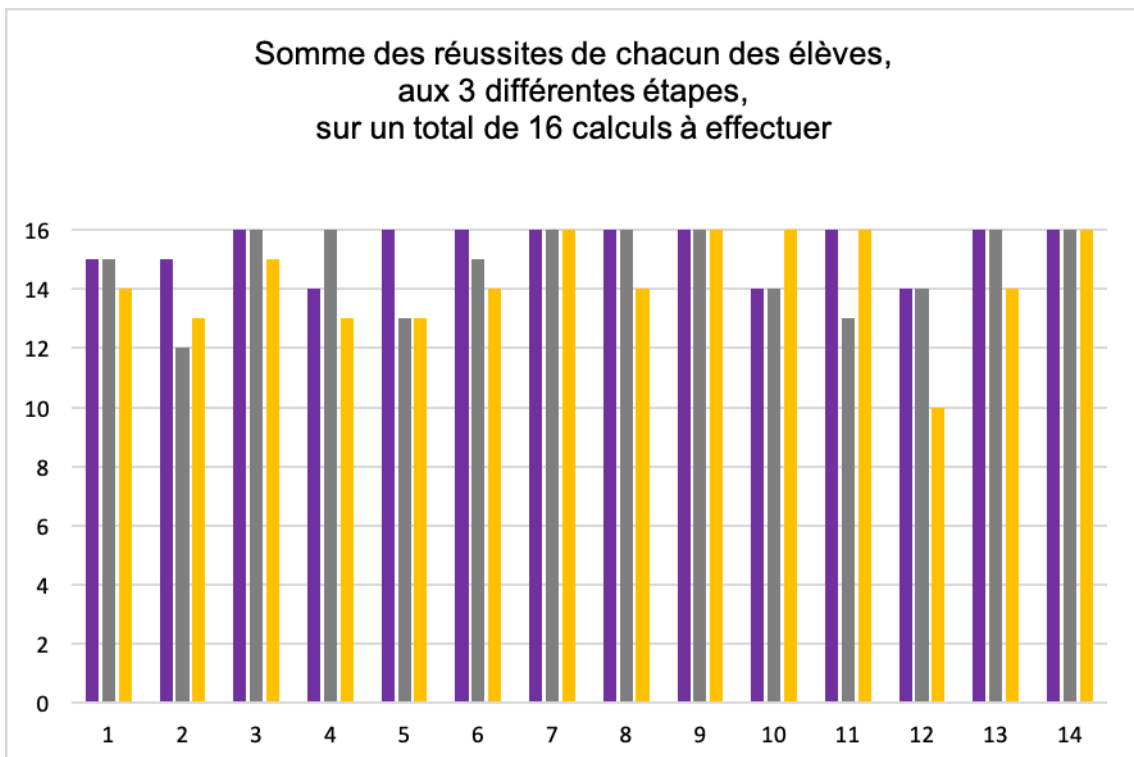
2^{ème} étape de 11h30 à 11h40 le 20 mai 2022 (vert ; gris)

3^{ème} étape de 13h45 à 14h00 le 20 mai 2022 (rouge ; jaune)

Classe d'expérimentation



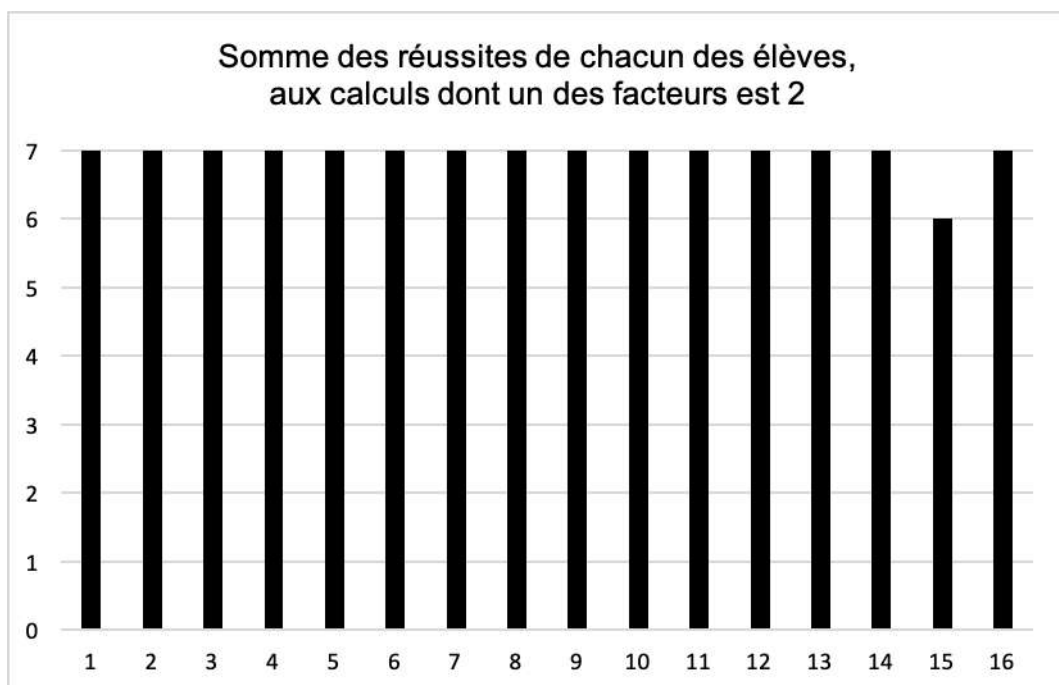
Classe témoin



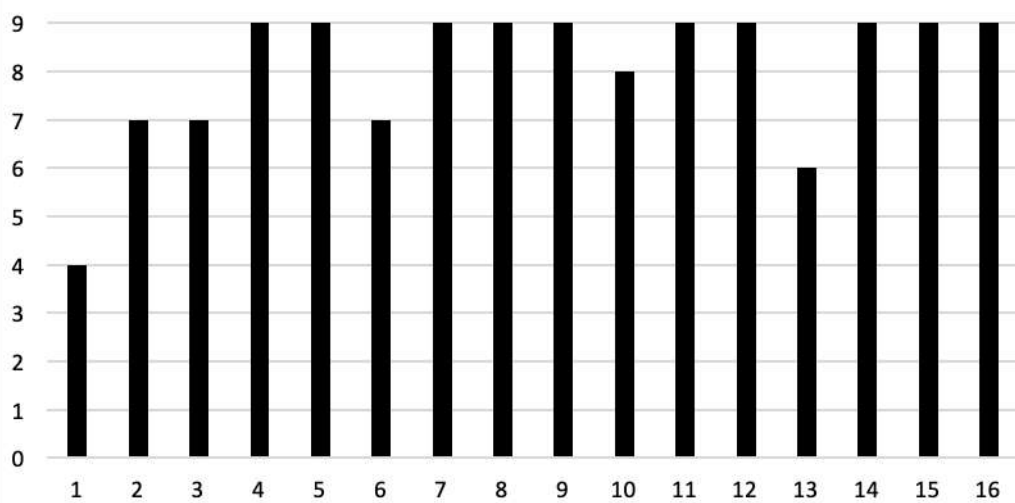
Données brutes	Classe d'expérimentation	Classe témoin
1 ^{ère} étape pré-test	Moyenne : 13,31 soit 83%	Moyenne : 13,86 soit 87%
1 ^{ère} étape post-test	Moyenne : 15,75 soit 98%	Moyenne : 15,43 soit 96%
2 ^{ème} étape pré-test	Moyenne : 13,87 soit 87%	Moyenne : 13,29 soit 83%
2 ^{ème} étape post-test	Moyenne : 15,5 soit 97%	Moyenne : 14,86 soit 93%
3 ^{ème} étape pré-test	Moyenne : 10,8 soit 67%	Moyenne : 10,5 soit 66%
3 ^{ème} étape post-test	Moyenne : 14,37 soit 90%	Moyenne : 14,29 soit 89%

- Résultats au sein des tables de multiplication des pré-tests

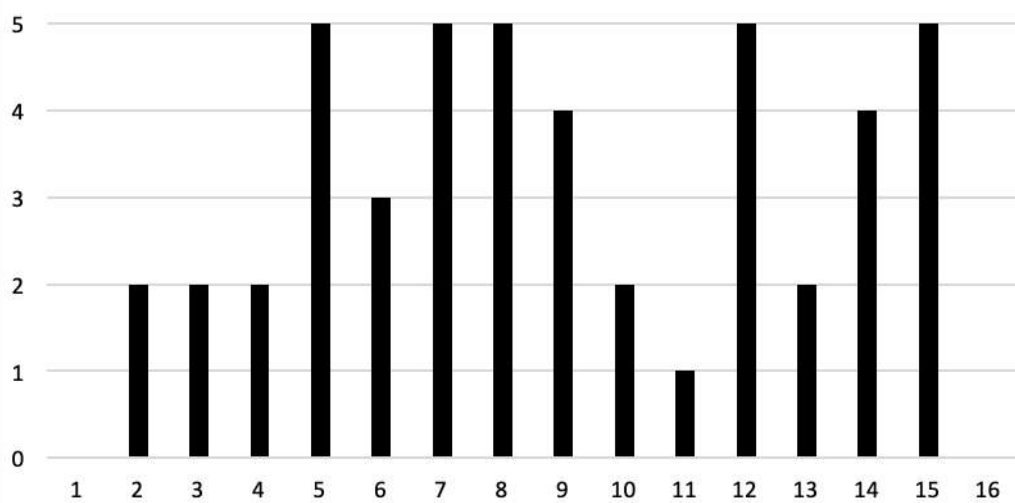
Classe d'expérimentation



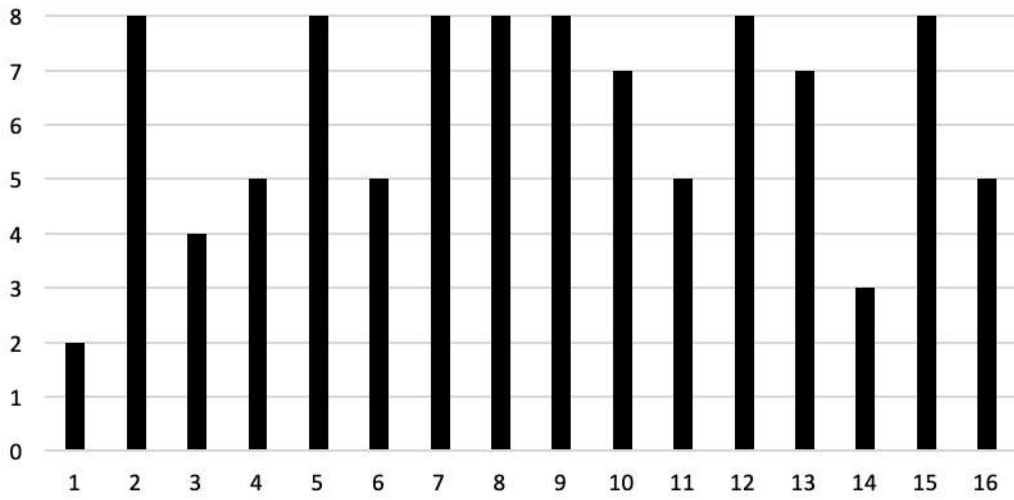
Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 3



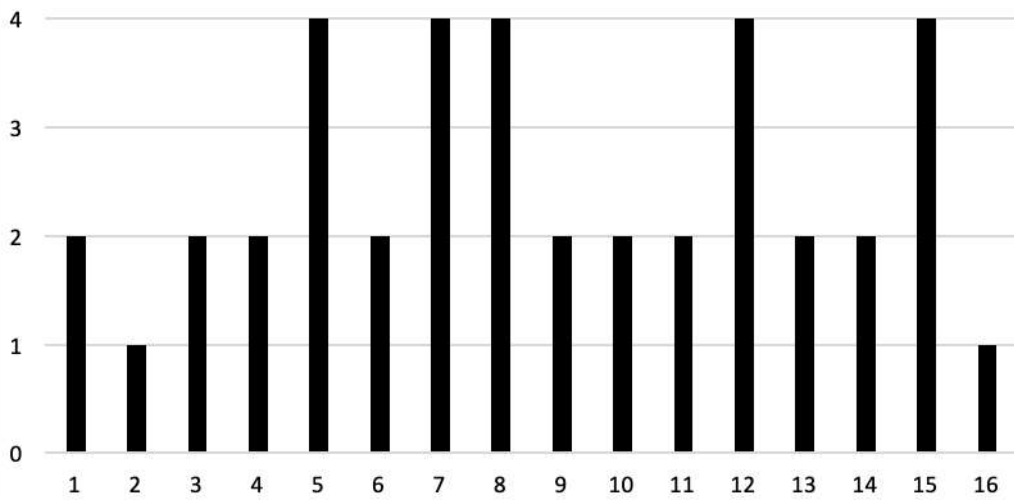
Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 4



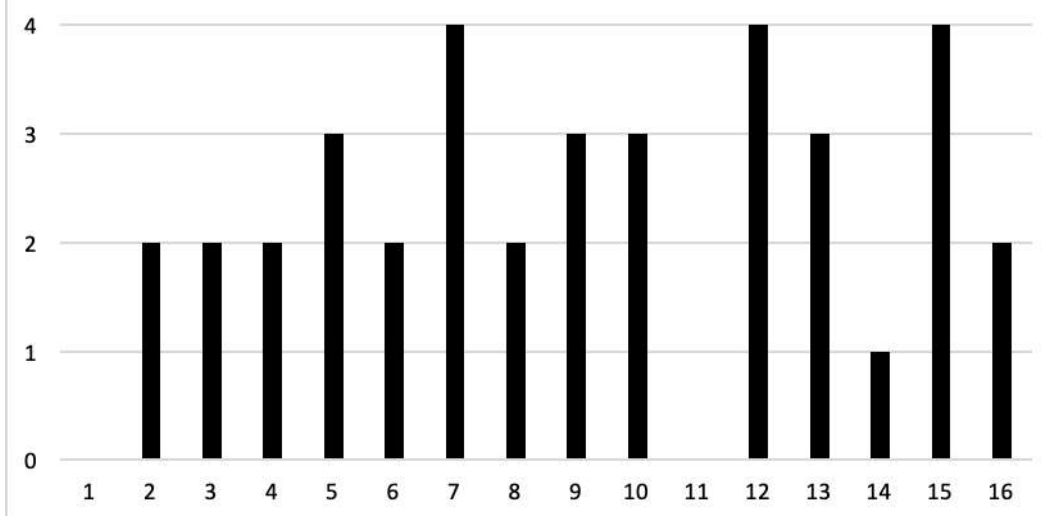
Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 5



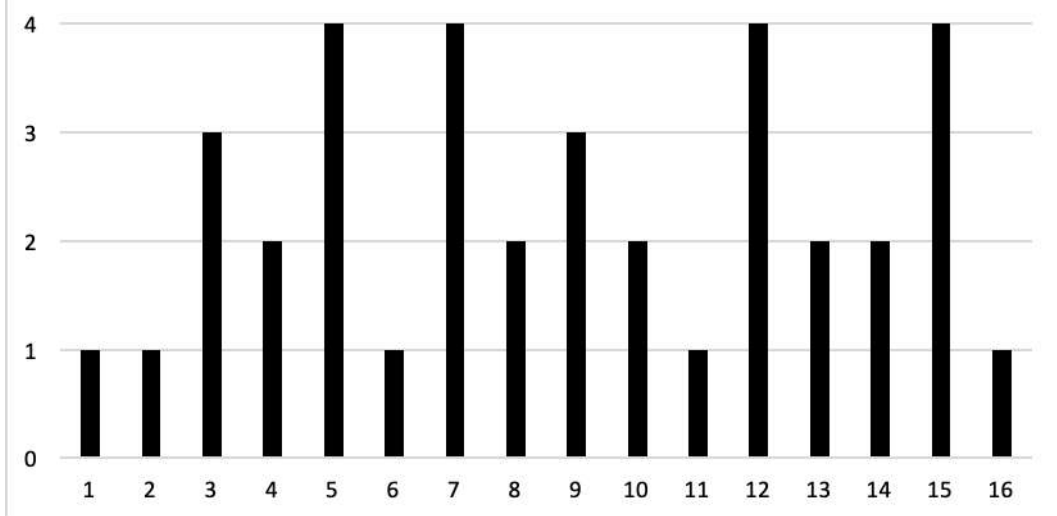
Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 6

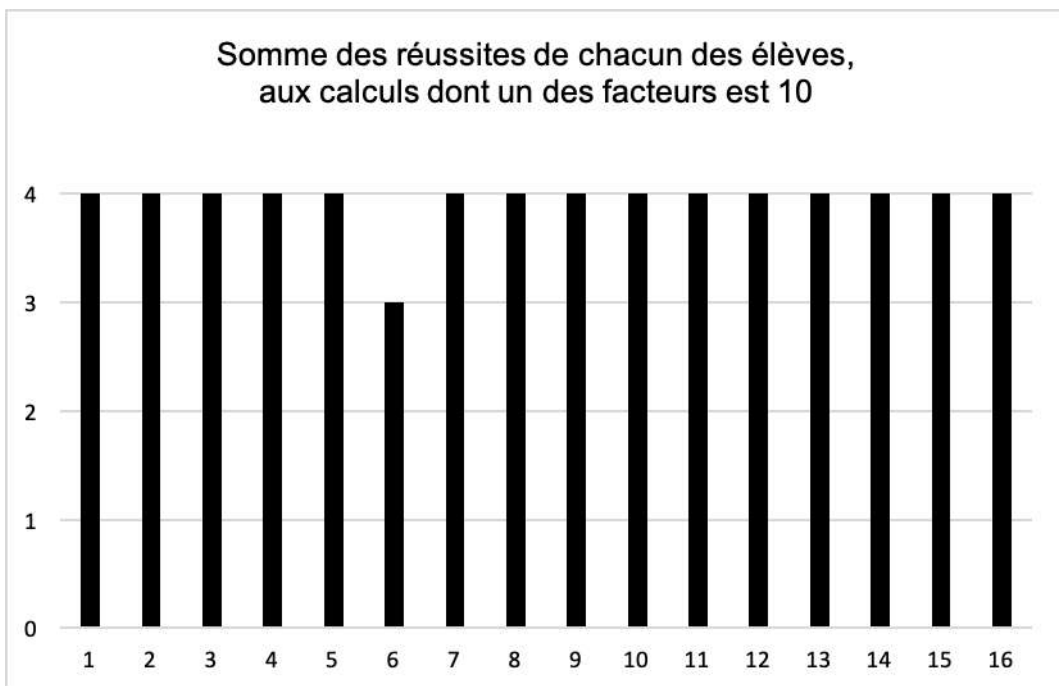
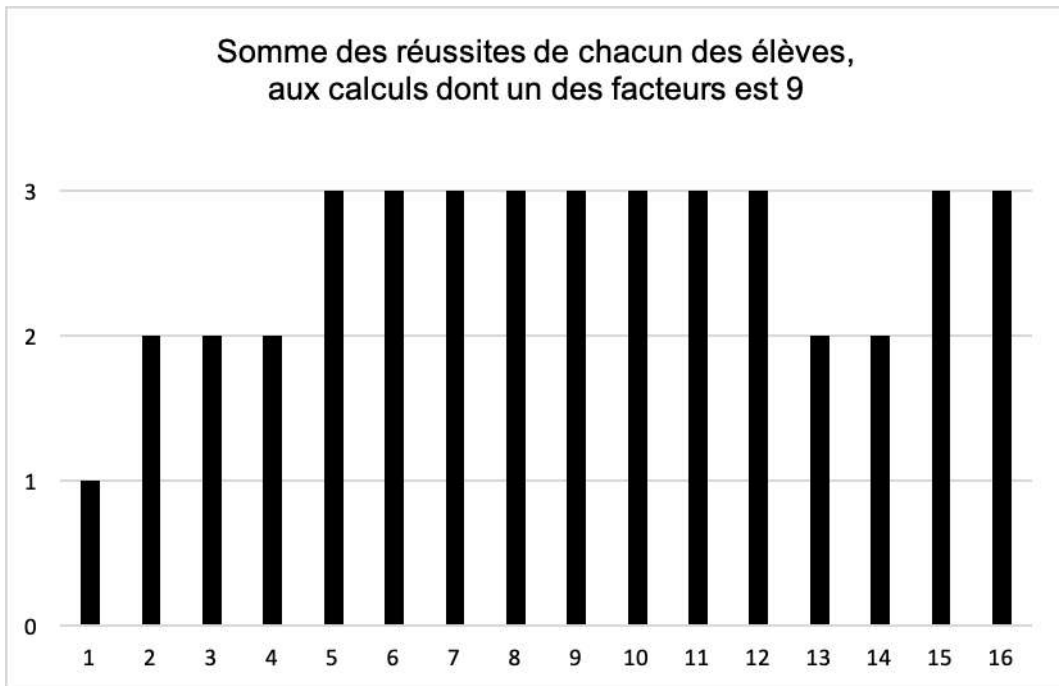


Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 7

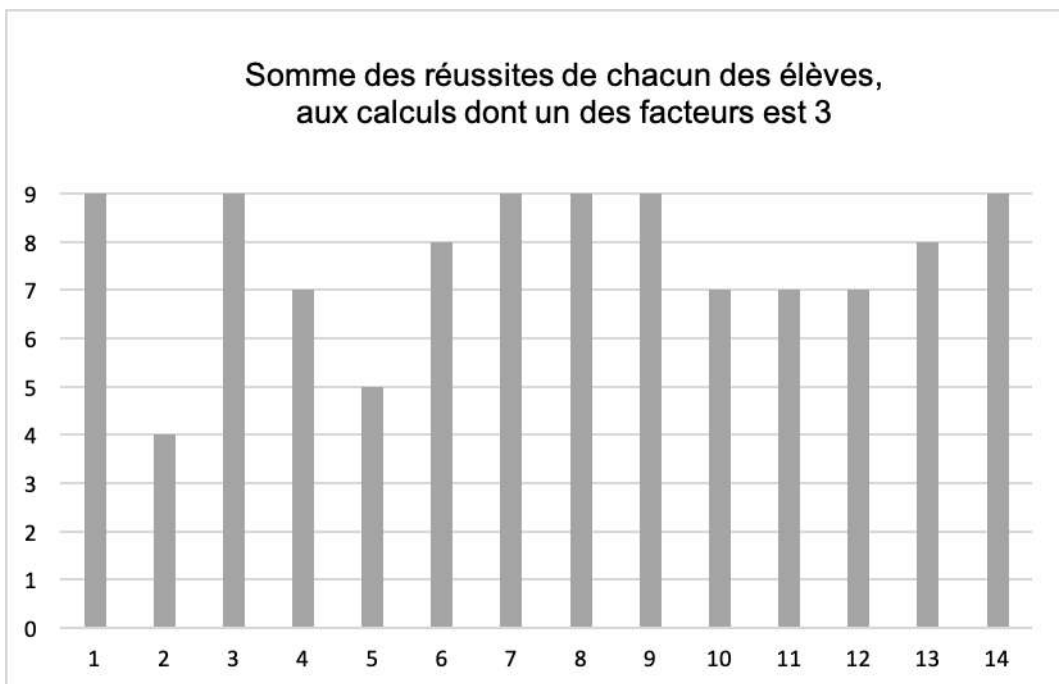
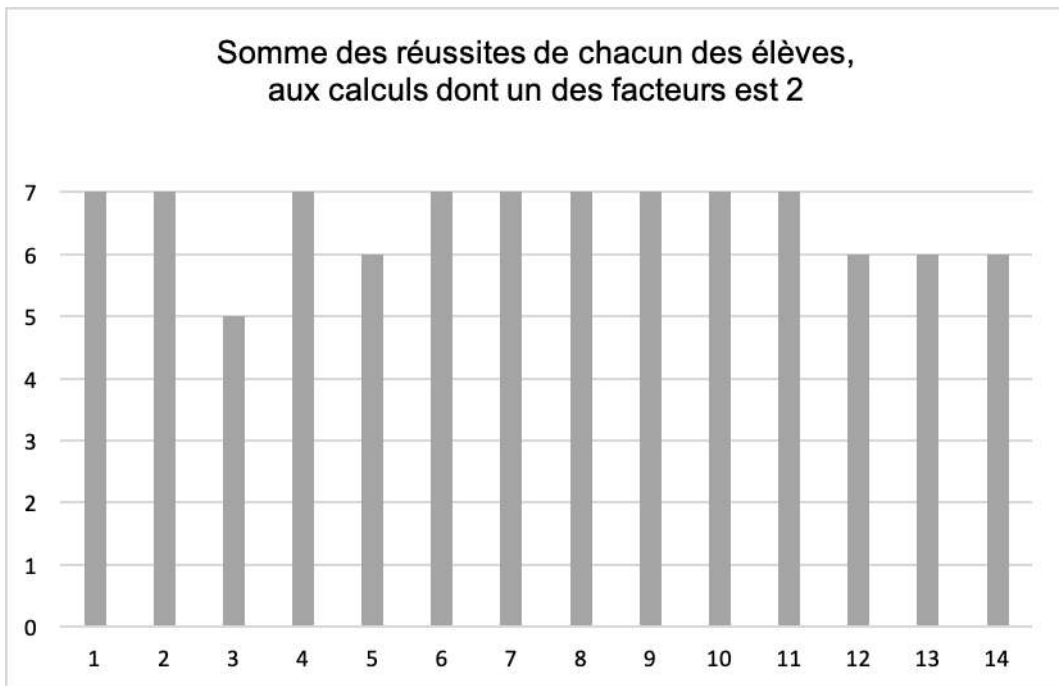


Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 8

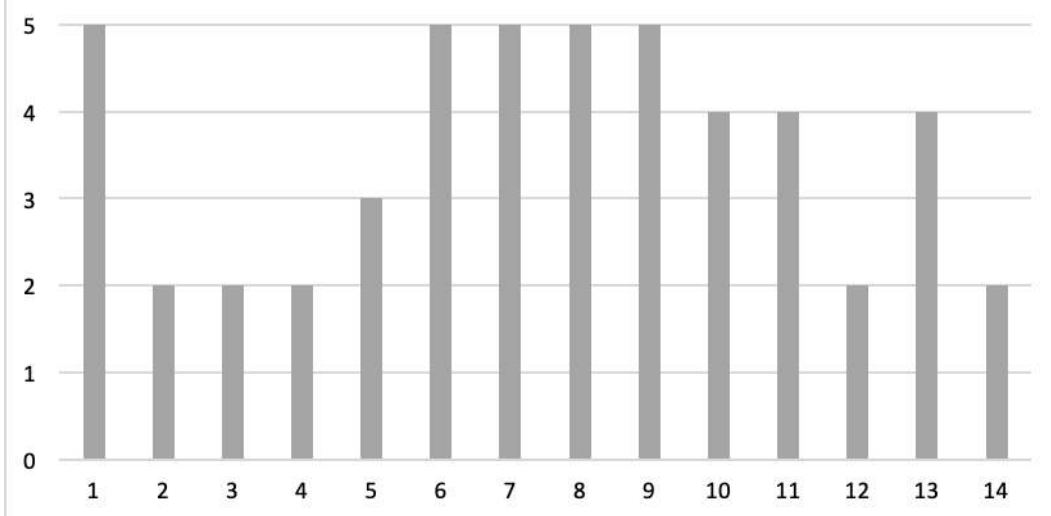




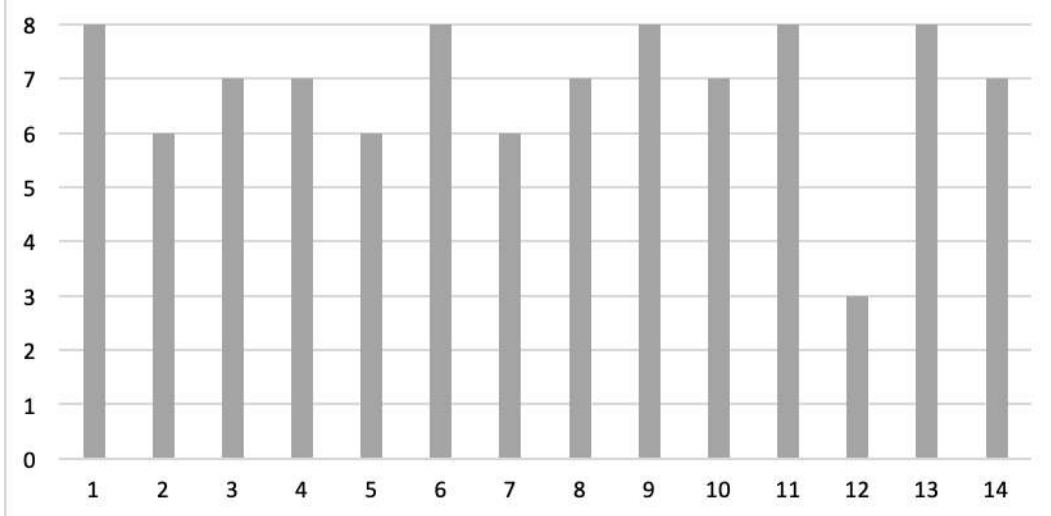
Classe témoin



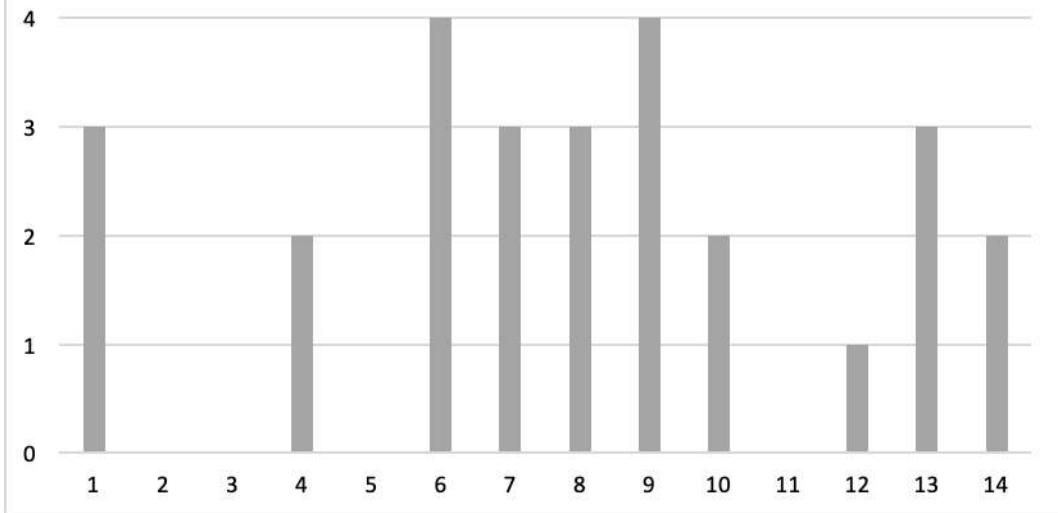
Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 4



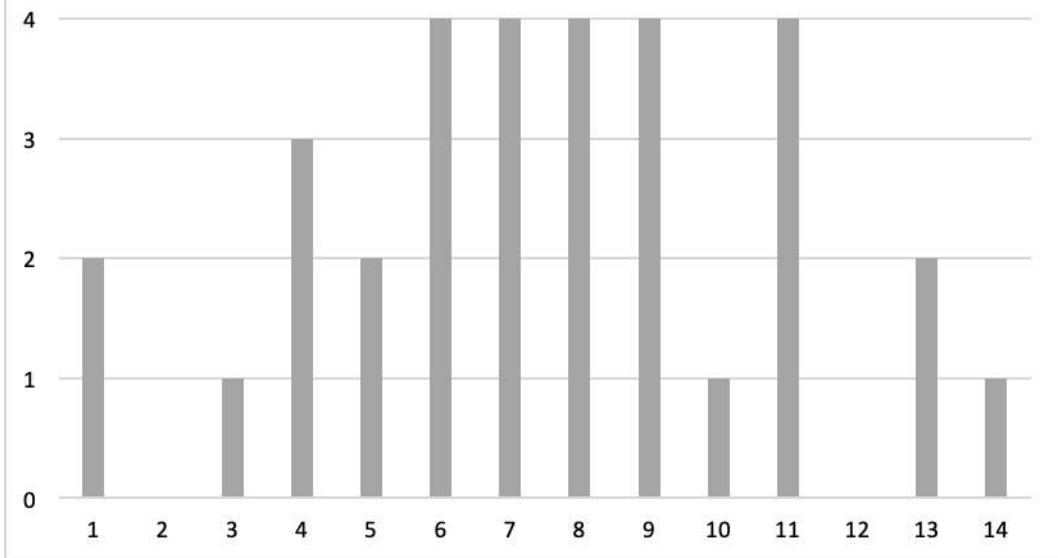
Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 5

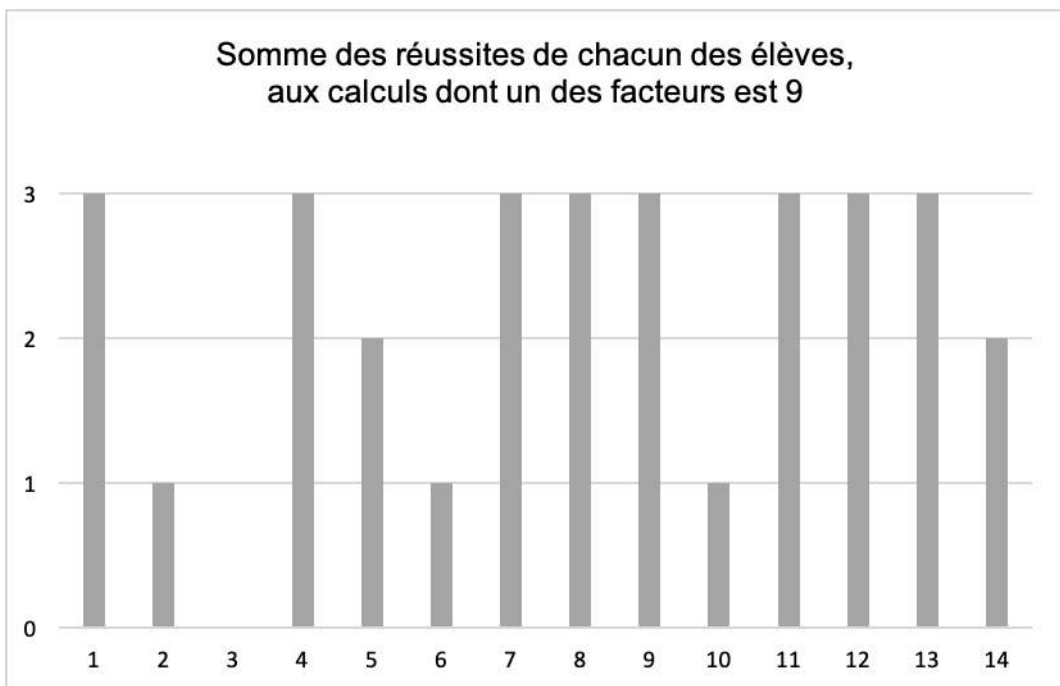
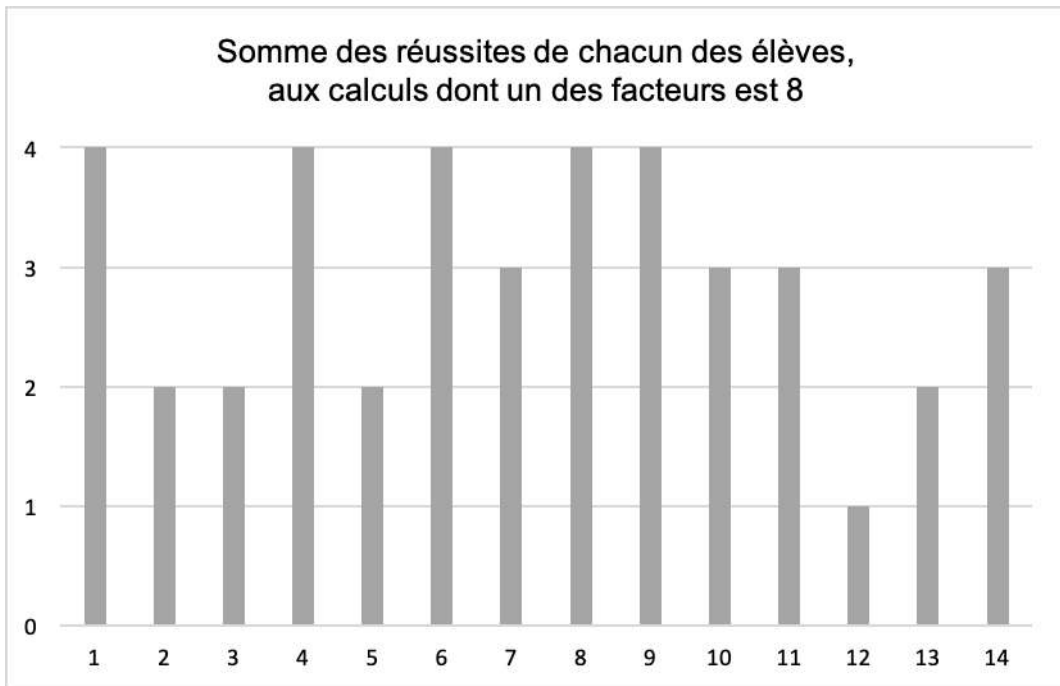


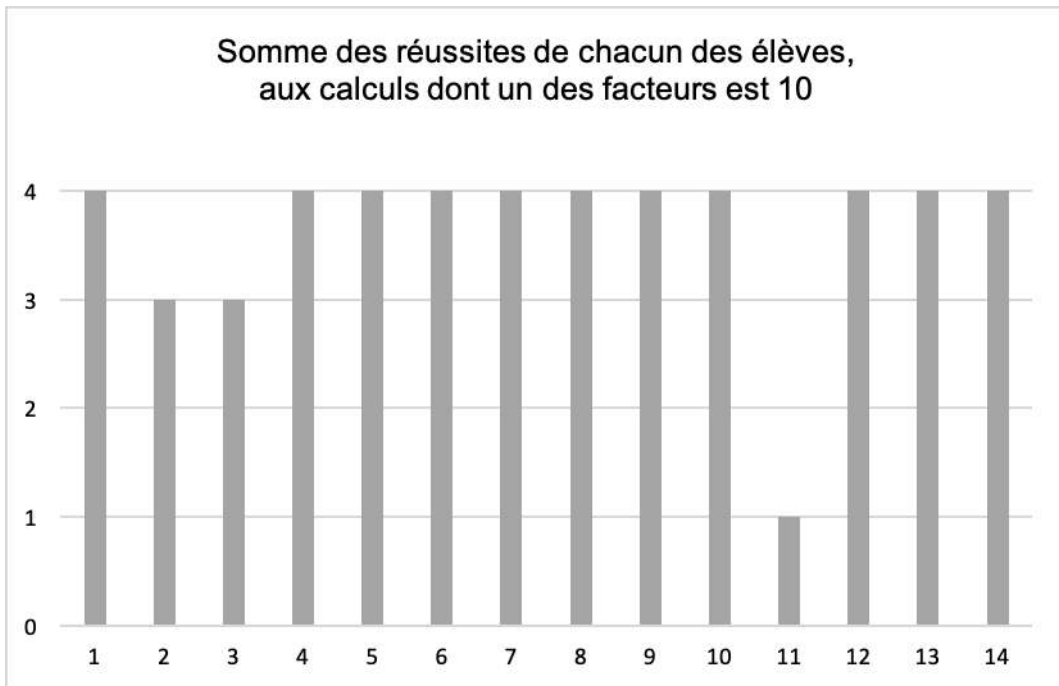
Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 6



Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 7

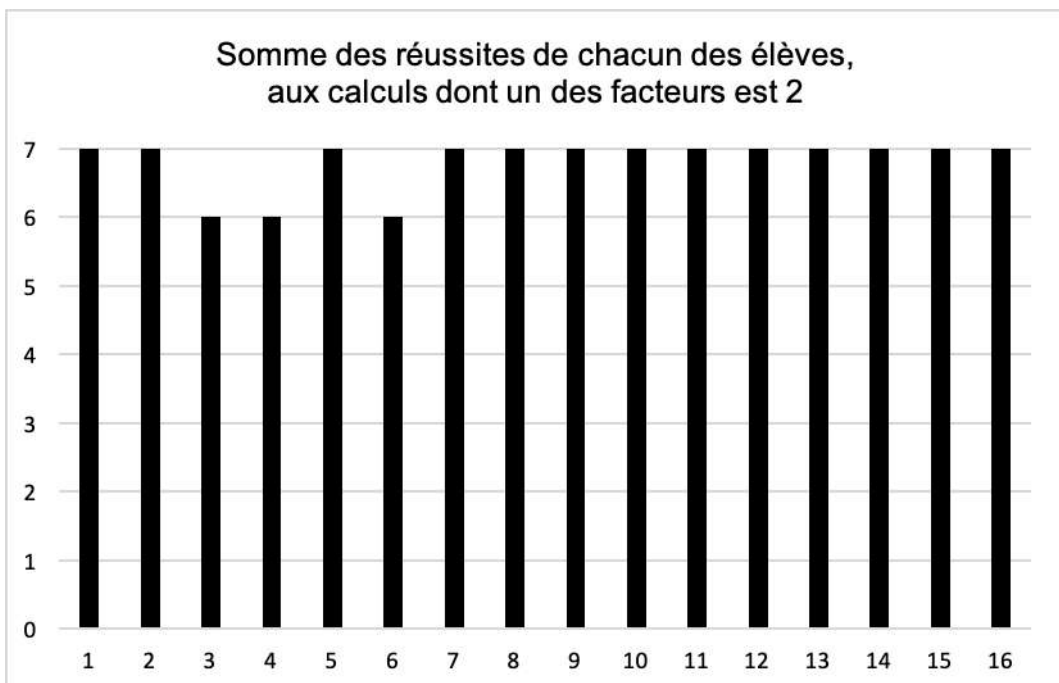


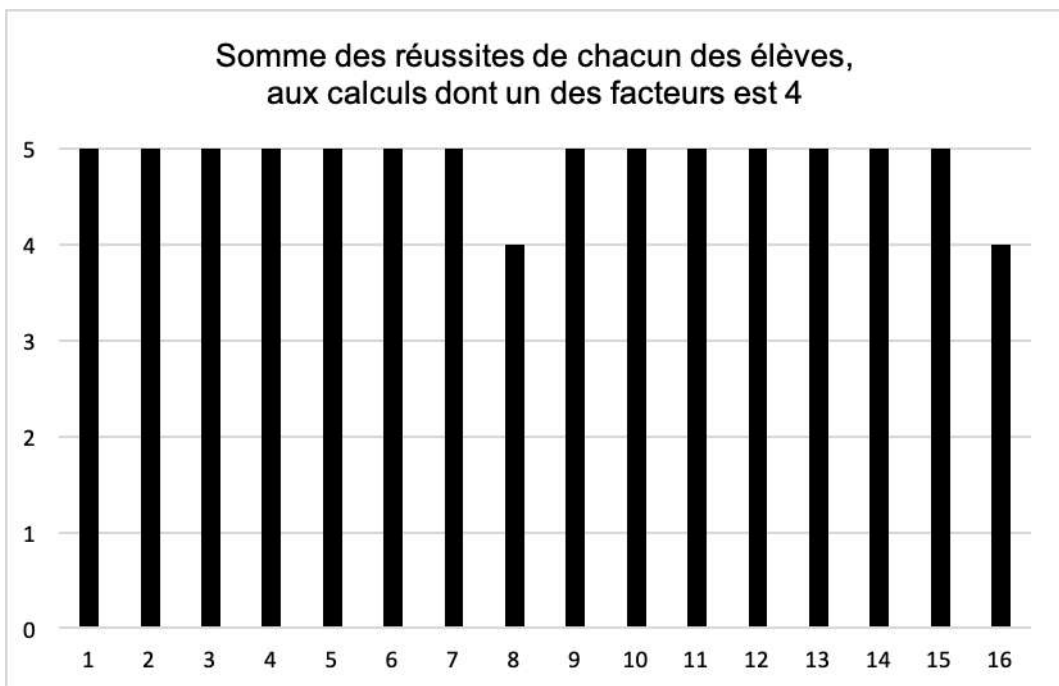
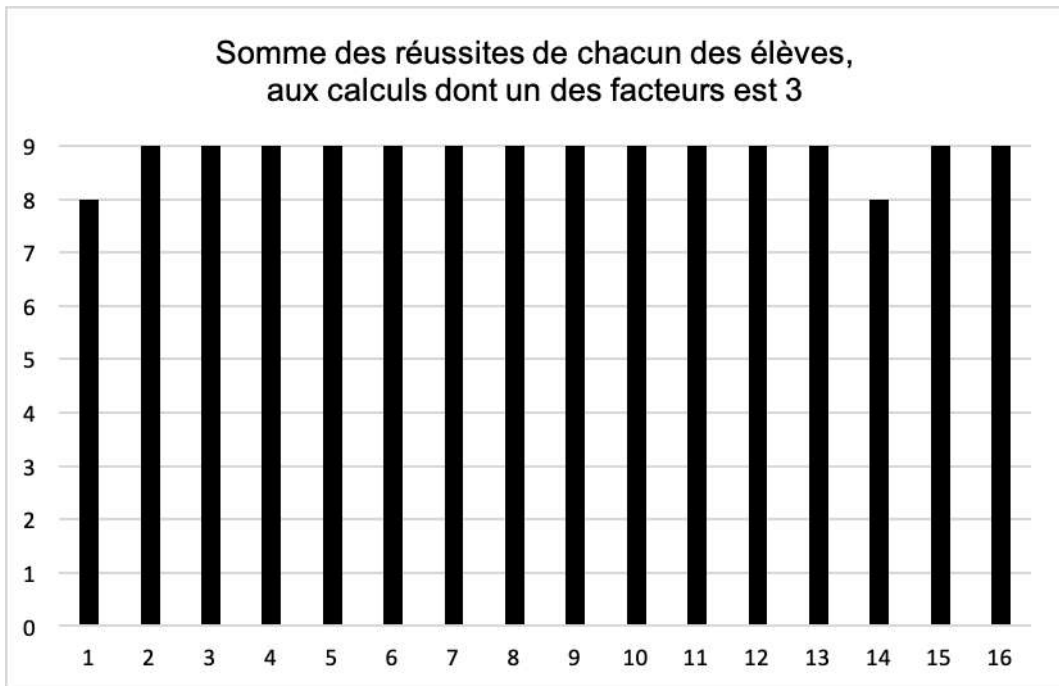




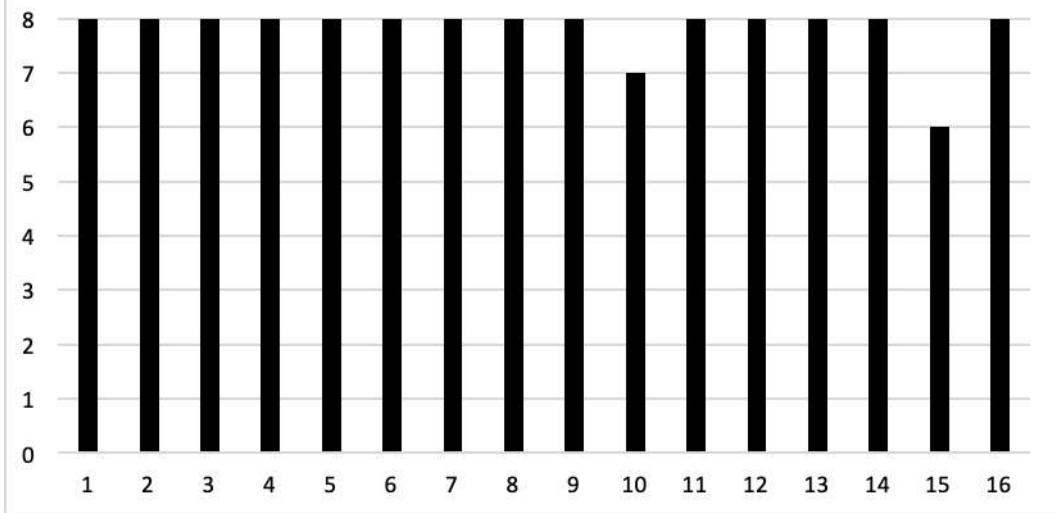
- Résultats au sein des tables de multiplication des post-tests

Classe d'expérimentation

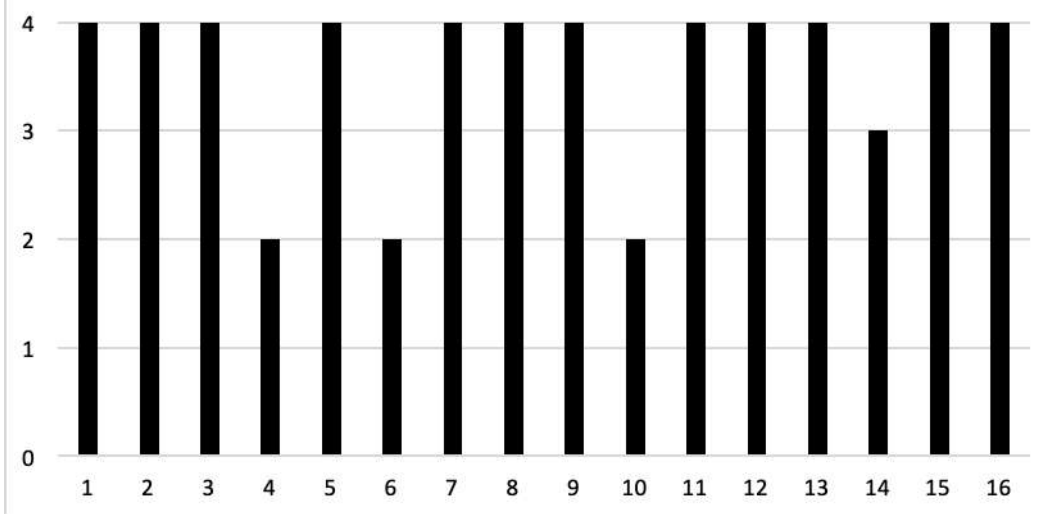




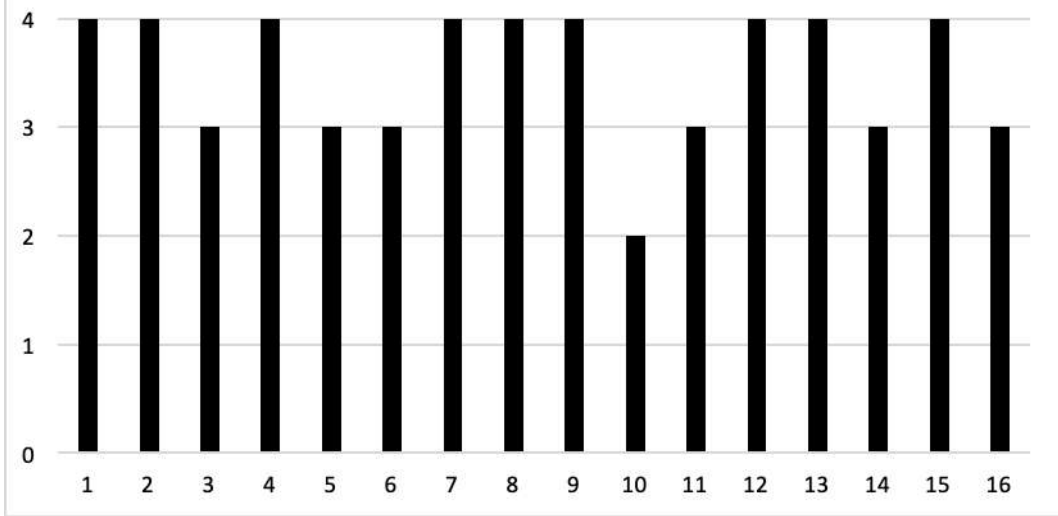
Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 5



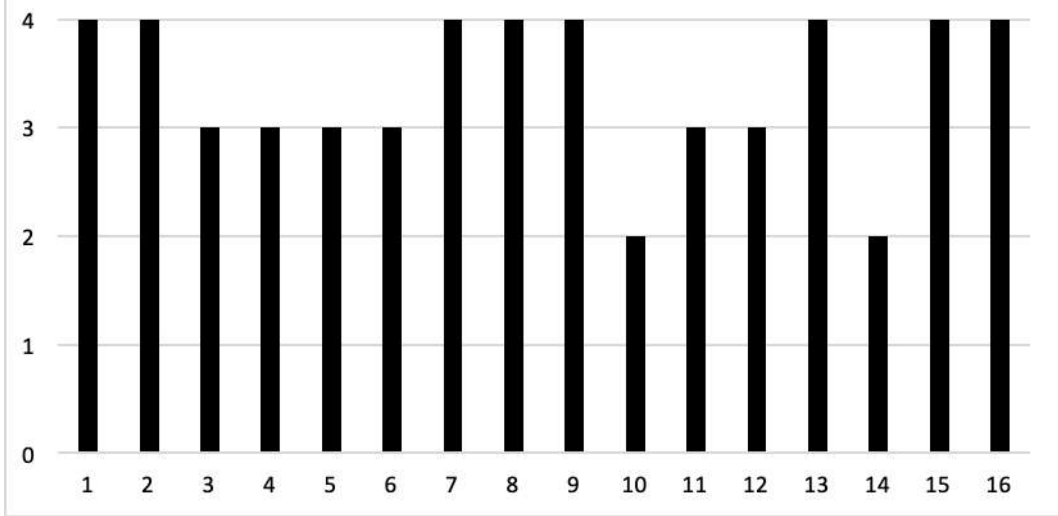
Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 6

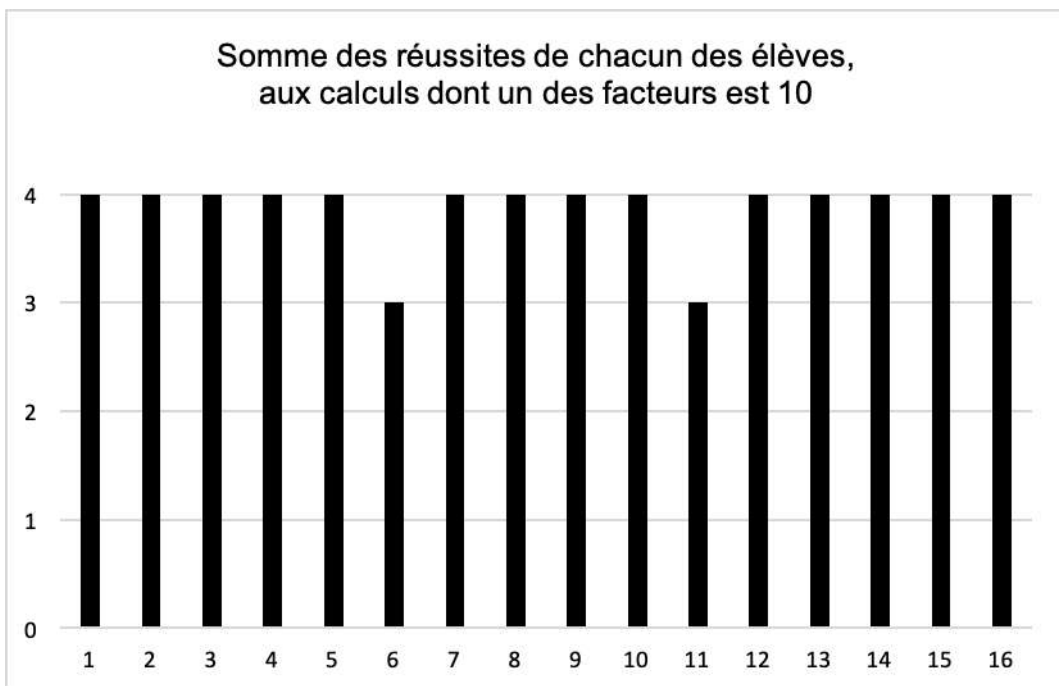
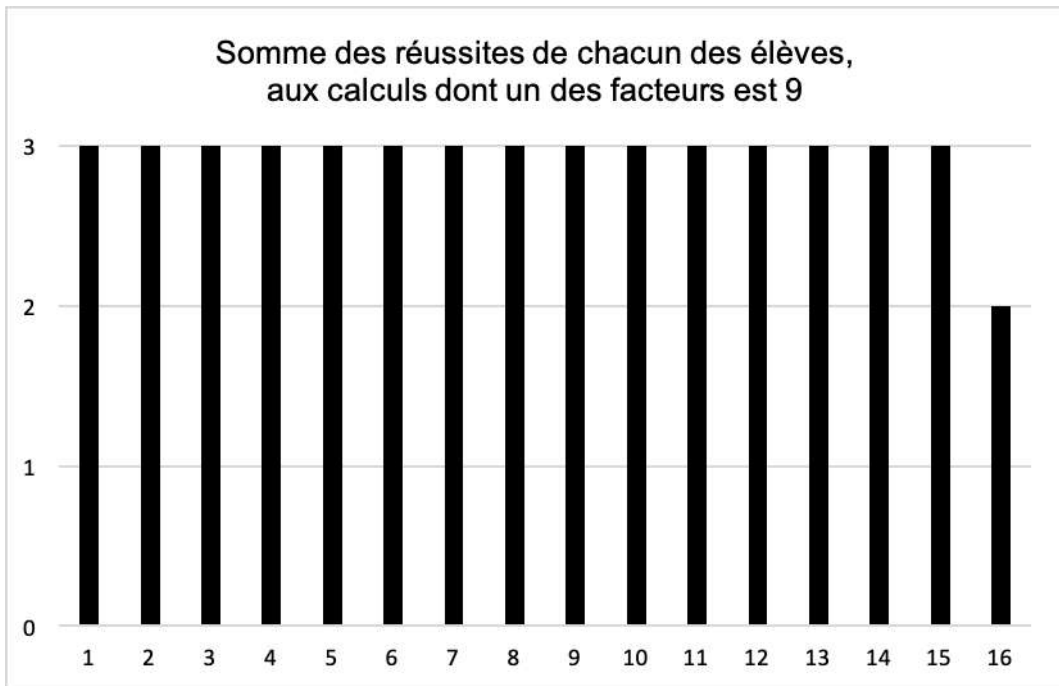


Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 7

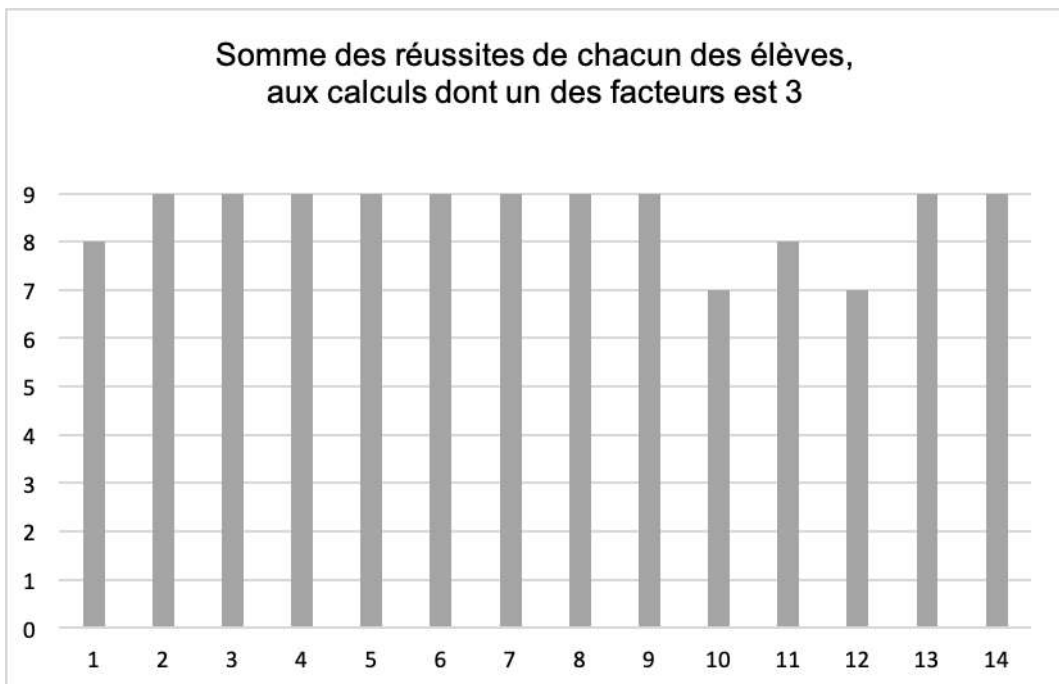
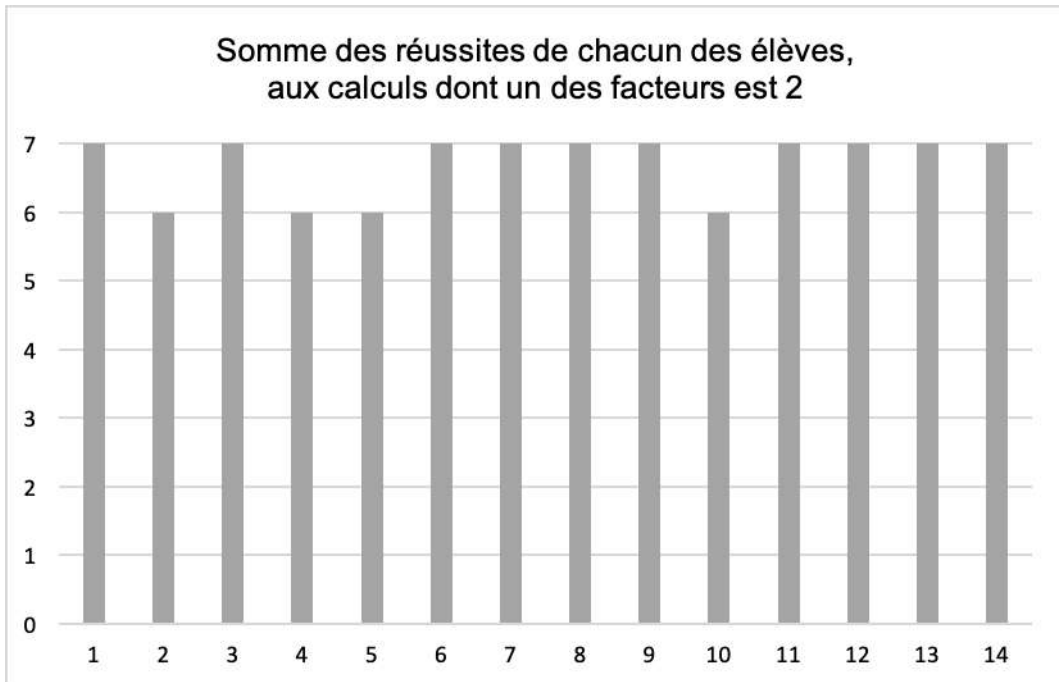


Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 8

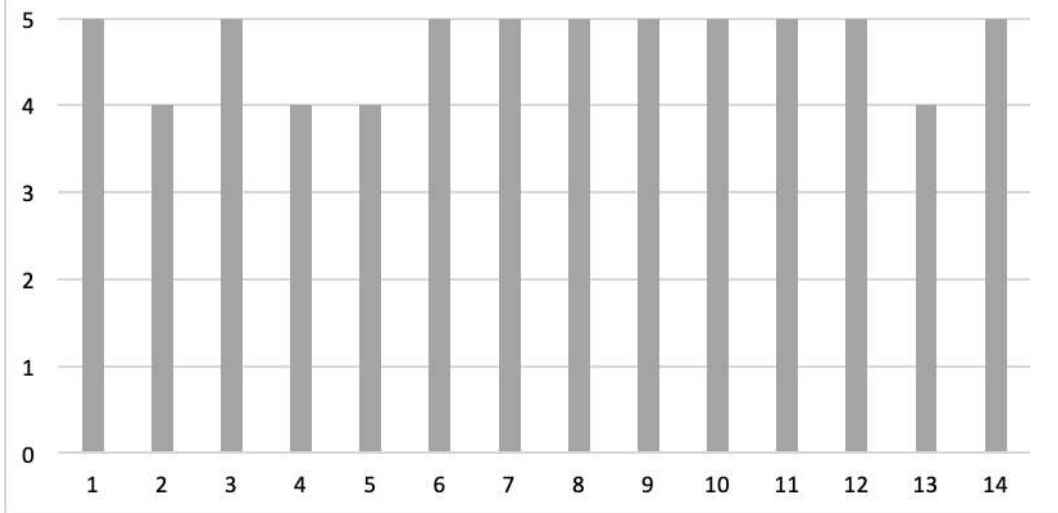




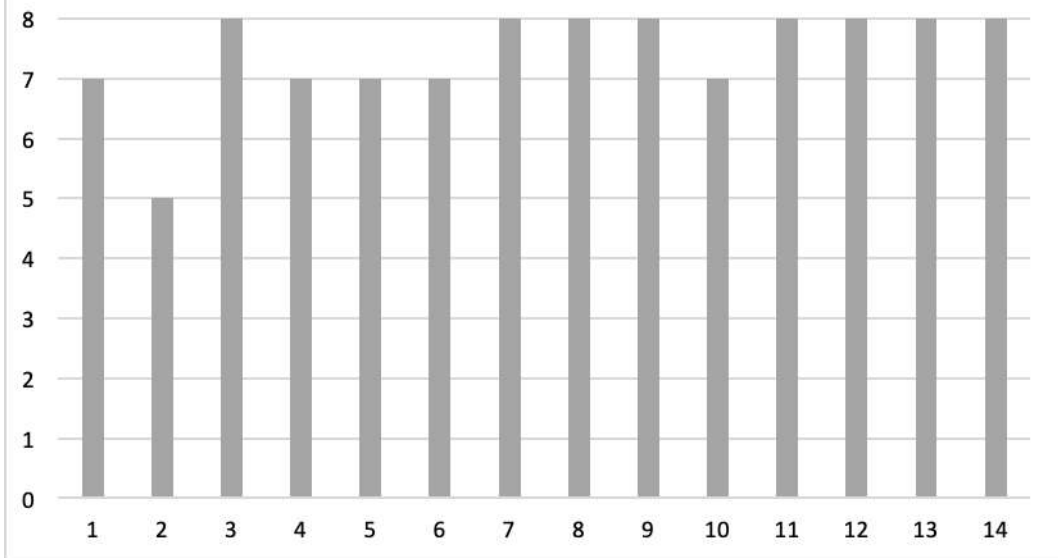
Classe témoin



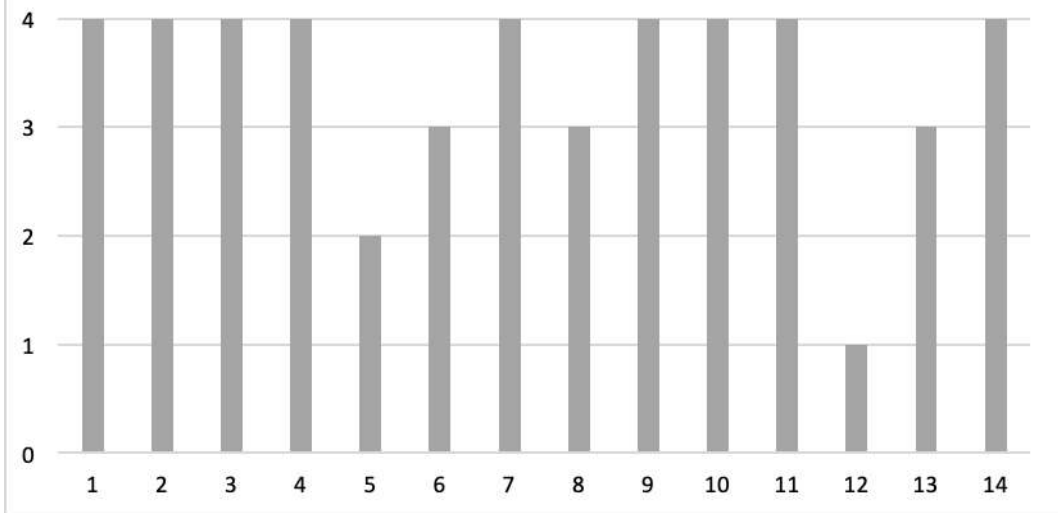
Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 4



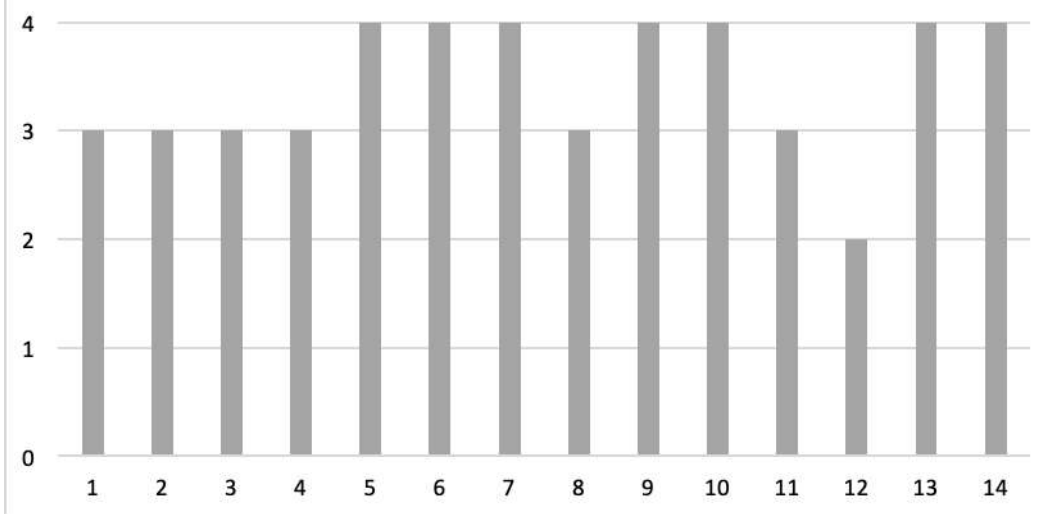
Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 5

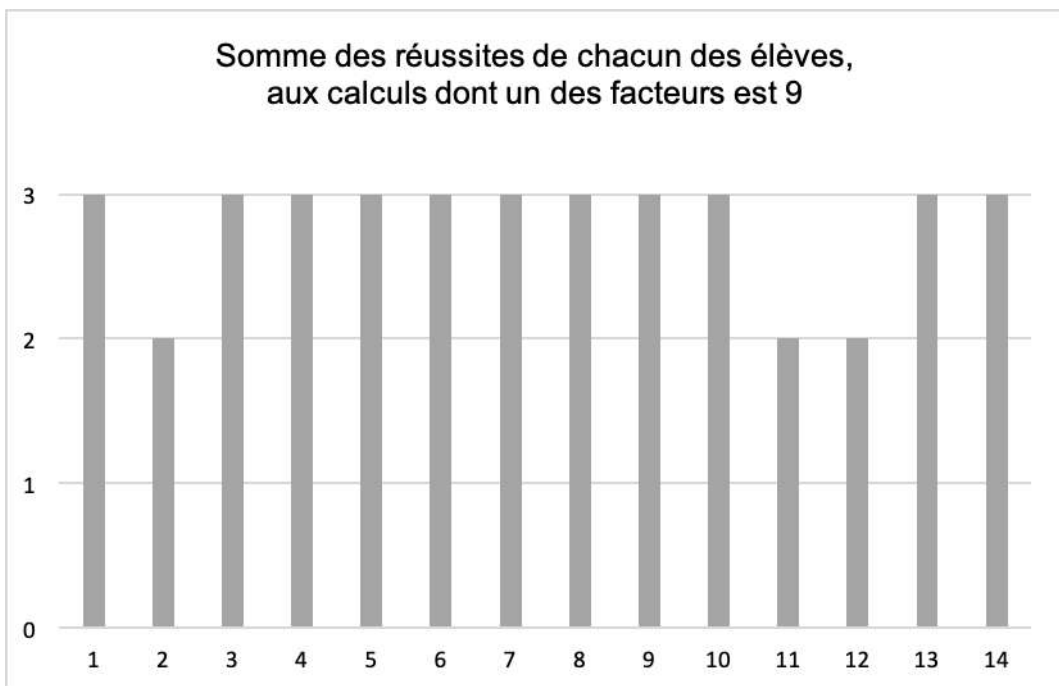
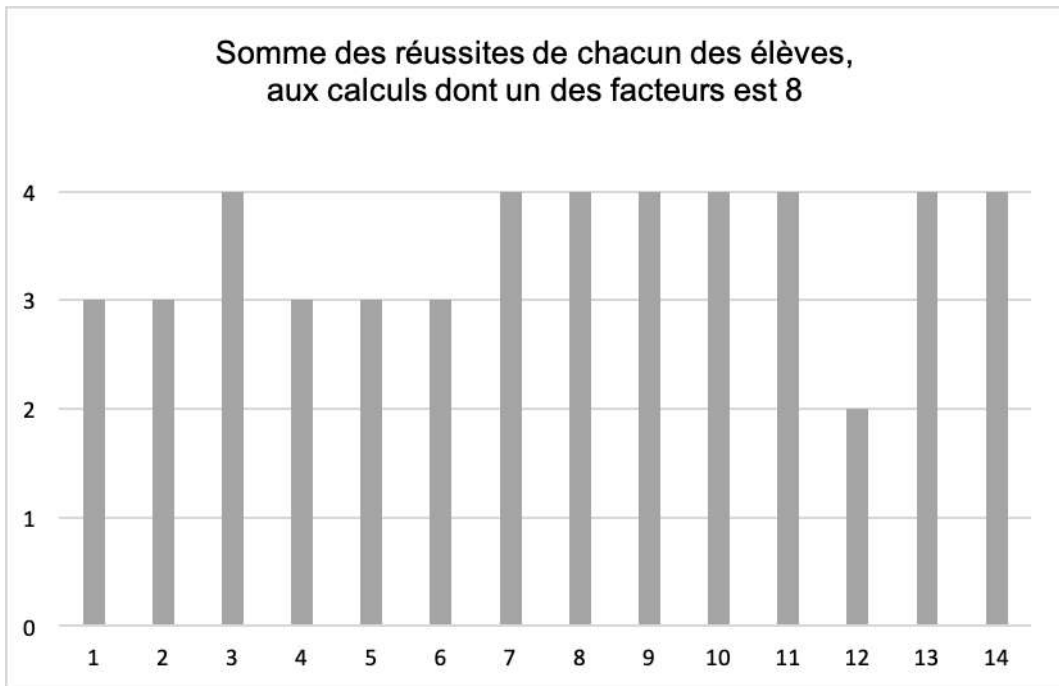


Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 6

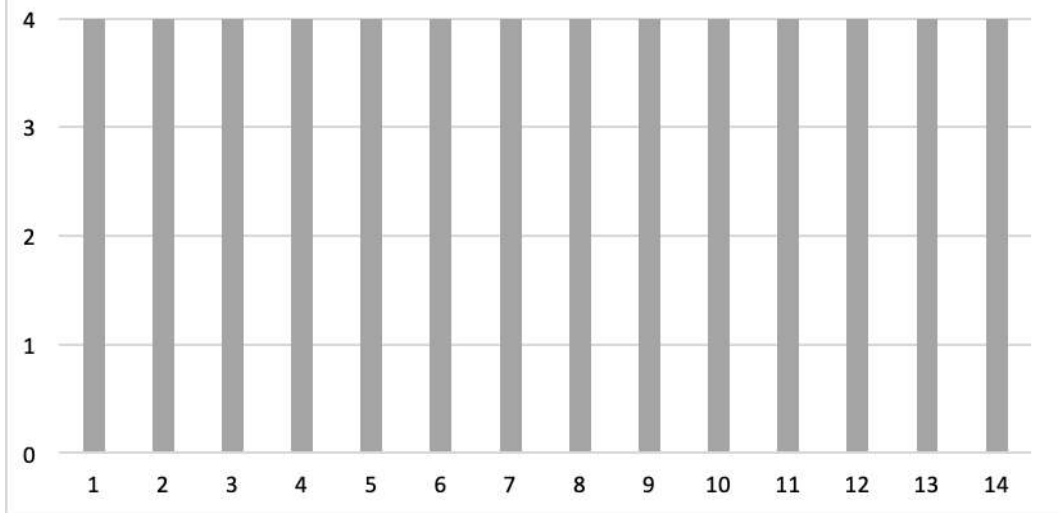


Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 7



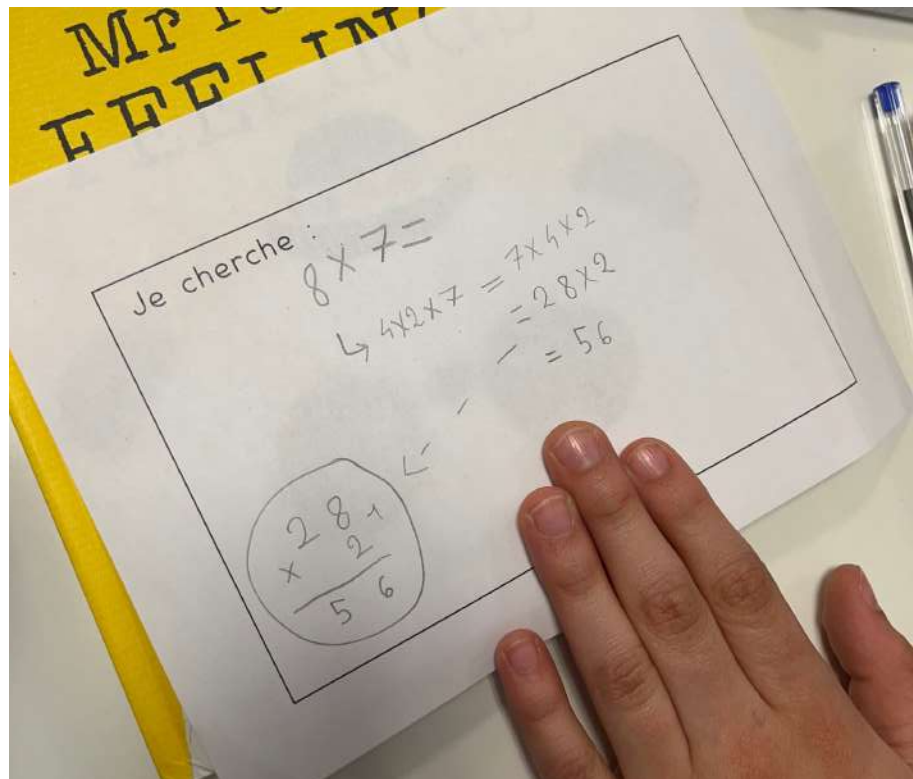
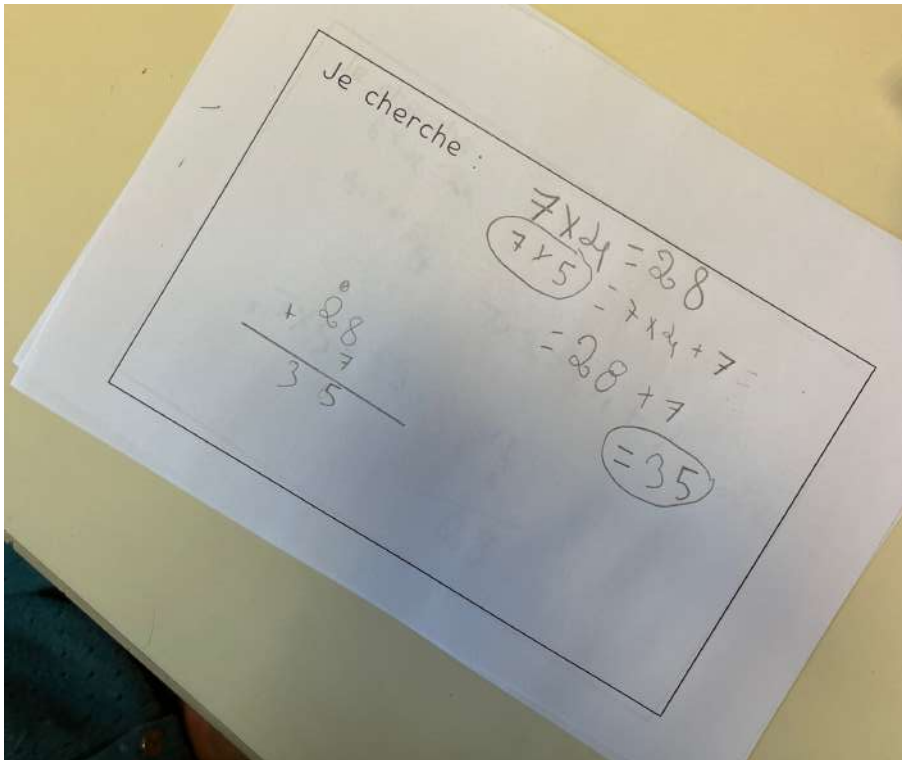


Somme des réussites de chacun des élèves,
aux calculs dont un des facteurs est 10



Données brutes des résultats au sein des tables de multiplication	Classe d'expérimentation	Classe témoin
Pré-test ; un des facteurs est 2	Moyenne : 6,94 soit 99,14%	Moyenne : 6,57 soit 93,86%
Post-test ; un des facteurs est 2	Moyenne : 6,81 soit 97,29%	Moyenne : 6,71 soit 95,86%
Pré-test ; un des facteurs est 3	Moyenne : 8,06 soit 89,56%	Moyenne : 7,64 soit 84,89%
Post-test ; un des facteurs est 3	Moyenne : 8,88 soit 98,67%	Moyenne : 8,57 soit 95,22%
Pré-test ; un des facteurs est 4	Moyenne : 2,94 soit 58,80%	Moyenne : 3,57 soit 71,40%
Post-test ; un des facteurs est 4	Moyenne : 4,88 soit 97,60%	Moyenne : 4,71 soit 94,20%
Pré-test ; un des facteurs est 5	Moyenne : 6,19 soit 77,38%	Moyenne : 6,86 soit 85,75%
Post-test ; un des facteurs est 5	Moyenne : 7,81 soit 97,63%	Moyenne : 7,43 soit 92,88%
Pré-test ; un des facteurs est 6	Moyenne : 2,5 soit 62,50%	Moyenne : 1,93 soit 48,25%
Post-test ; un des facteurs est 6	Moyenne : 3,56 soit 89%	Moyenne : 3,43 soit 85,75%
Pré-test ; un des facteurs est 7	Moyenne : 2,31 soit 57,75%	Moyenne : 2,29 soit 57,25%
Post-test ; un des facteurs est 7	Moyenne : 3,5 soit 87,50%	Moyenne : 3,43 soit 85,75%
Pré-test ; un des facteurs est 8	Moyenne : 2,31 soit 57,75%	Moyenne : 2,93 soit 73,25
Post-test ; un des facteurs est 8	Moyenne : 3,38 soit 84,50%	Moyenne : 3,5 soit 87,50%
Pré-test ; un des facteurs est 9	Moyenne : 2,56 soit 85,33%	Moyenne : 2,21 soit 73,67%
Post-test ; un des facteurs est 9	Moyenne : 2,94 soit 98%	Moyenne : 2,79 soit 93%
Pré-test ; un des facteurs est 10	Moyenne : 3,94 soit 98,50%	Moyenne : 3,64 soit 91%
Post-test ; un des facteurs est 10	Moyenne : 3,88 soit 97%	Moyenne : 4 soit 100%

II. Une pratique régulière du calcul réfléchi permet une meilleure mémorisation de nouvelles procédures de calcul



Je cherche : $4 \times 5 = 14 = 24$
 $4 \times 8 = 4 \times 6 + 4 + 4 = 32$
 $8 \times 6 = 8 \times 5 + 8 = 48$
 $6 \times 9 = 6 \times 10 - 6 = 54$

$$\begin{array}{r} 54 \\ - 6 \\ \hline 54 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 60 \\ - 14 \\ \hline 46 \end{array}$$

Je cherche :

$4 \times 5 + 4 = 24$
 $4 \times 8 = 4 \times 6 + 4 + 4 = 32$
 $4 \times 7 = 84$
 $4 \times 2 = 8$
 $4 \times 3 = 12$
 $4 \times 4 = 16$
 $4 \times 5 = 20$
 4

$8 \times 7 = 8$
 $8 \times 6 = 8 \times 5 + 8 = 48$
 $40 + 8 = 48$

$$\begin{array}{r} 740 \\ - 14 \\ \hline 726 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 60 \\ - 16 \\ \hline 44 \end{array}$$

Je cherche : 5

$$4 \times 6 =$$

$$\begin{array}{r} 40 \\ 4 \\ \hline -4 \\ \hline 36 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ +12 \\ \hline 24 \end{array}$$

$$4 \times 5 + 4 = 24$$

$$\begin{array}{r} 60 \\ -6 \\ \hline 54 \end{array}$$

$$4 \times 8 = 4 \times 6 + 4 + 4 = 32$$

$$40 - 4 =$$

$$\begin{array}{l} 8 \times 5 = 40 + 8 = 48 \\ 8 \times 6 = 48 \end{array}$$

$$7 \times 4 = 28$$

$$6 \times 9 = 6 \times 10 - 6$$

Je cherche :

$$4 \times 6 = \begin{array}{r} 12 \\ +12 \\ \hline 24 \end{array}$$

$$\text{ou } 4 \times 5 = 20 + 4 = 24$$

$$6 \times 9 = 6 \times 10 - 6$$

$$\begin{array}{r} = 60 - 6 \\ \rightarrow 60 \\ -6 \\ \hline 54 \end{array}$$

$$4 \times 8 = 32 \quad 4 \times 6 + 4 + 4 = 32$$

$$40 - 4 \text{ ou } \begin{array}{r} 40 \\ -4 \\ \hline 36 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \cancel{8} \\ + \cancel{6} \\ \hline 8 \times 6 = 8 \times 5 + 8 \\ = 40 + 8 \\ = 48 \end{array}$$

Je cherche : 3×4

2) $6 \times 5 = 30$

$$\begin{array}{r} 1 \times 5 \\ 1 \times 5 \\ 1 \times 5 \\ 1 \times 5 \\ 1 \times 5 \\ 1 \times 5 \end{array} \begin{array}{l} \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \end{array}$$

Je cherche : $8 \times 5 = 40$

$$\begin{array}{r} 5 \\ + 5 \\ + 5 \\ + 5 \\ + 5 \end{array} \begin{array}{l} \\ 20 + 20 \\ \\ \\ \end{array}$$

Je cherche :

$6 \times 6 = ????$
 $6 \times 4 = ???$
 $4 \times 6 = ???$
 $6 \times 7 =$

$$\begin{array}{r} 6 \\ \times 4 \\ \hline 4 \times 1 = 4 \\ 4 \times 2 = 8 \\ 4 \times 3 = 12 \\ 4 \times 4 = 16 \\ 4 \times 5 = 20 \\ 4 \times 6 = 24 \\ 4 \times 7 = 28 \\ 4 \times 8 = 32 \\ 4 \times 9 = 36 \\ 4 \times 10 = 40 \end{array}$$

Je suis sûr ah.

Je cherche :

$4 \times 7 = 4 \times 5 + 4 = 24$ $4 \times 8 = 4 \times 6 + 4 + 4 = 32$

$$\begin{array}{r} 12 \\ + 12 \\ \hline 24 \end{array}$$

$4 \times 1 = 4$
 $4 \times 2 = 8$
 $4 \times 3 = 12$

$$\begin{array}{r} 60 \\ - 6 \\ \hline 54 \\ \hline 6 \times 9 = 6 \times 10 - 6 \end{array}$$

$40 - 4 =$

$$\begin{array}{r} 40 \\ - 4 \\ \hline 36 \end{array}$$

Je cherche : $4 \times 5 = 14 = 24$

$$4 \times 8 = 4 \times 6 + 4 + 4 = 32$$

$$8 \times 6 = 8 \times 5 + 8 = 48$$

$$6 \times 9 = 6 \times 10 - 6 = 54$$

$$= 54$$

$$= 6$$

$$\frac{54}{6} = 9$$

$$\begin{array}{r} - 14 \\ \hline 38 \end{array}$$

Je cherche : $4 \times 5 = 14 = 24$

$$4 \times 8 = 4 \times 6 + 4 + 4 = 32$$

$$8 \times 6 = 8 \times 5 + 8 = 48$$

$$6 \times 9 = 6 \times 10 - 6 = 54$$

$$= 54$$

$$= 6$$

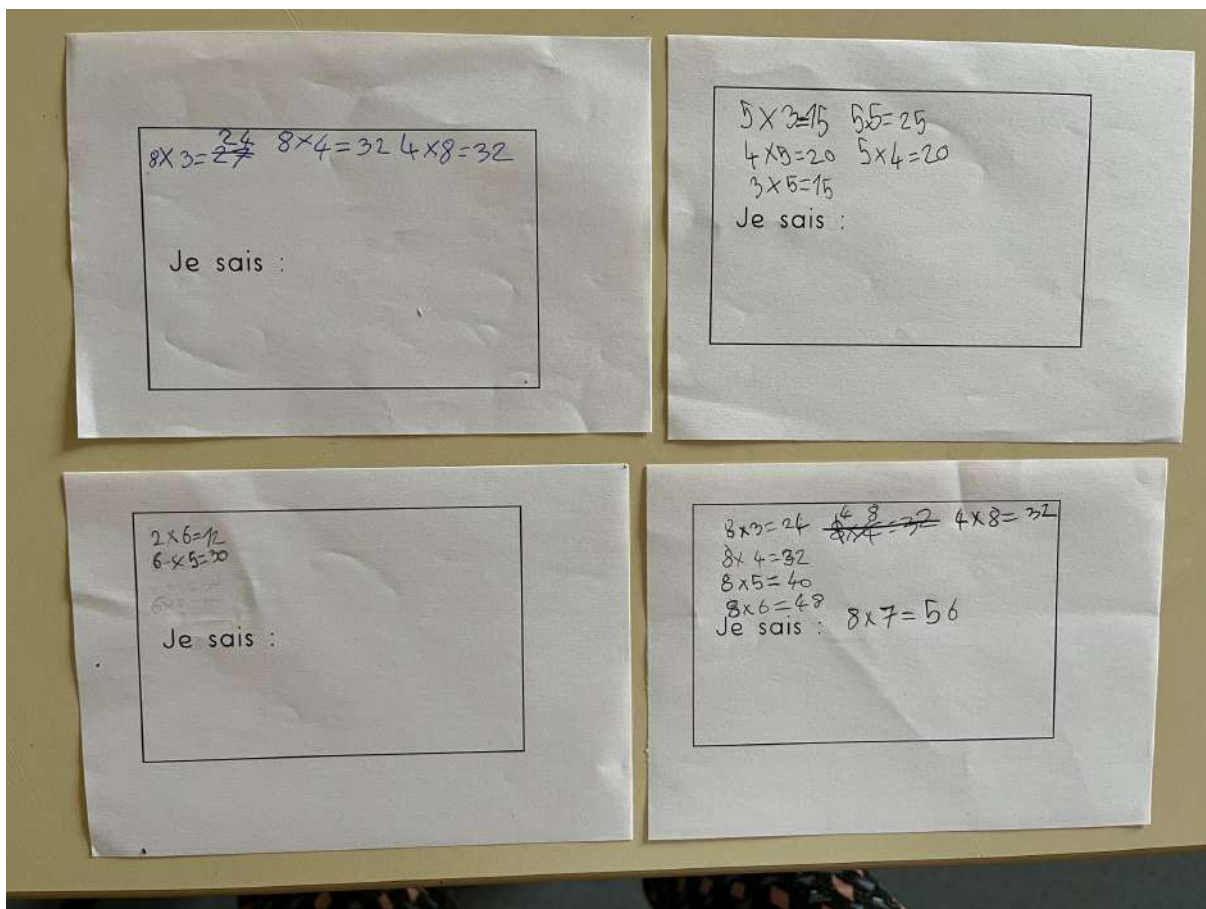
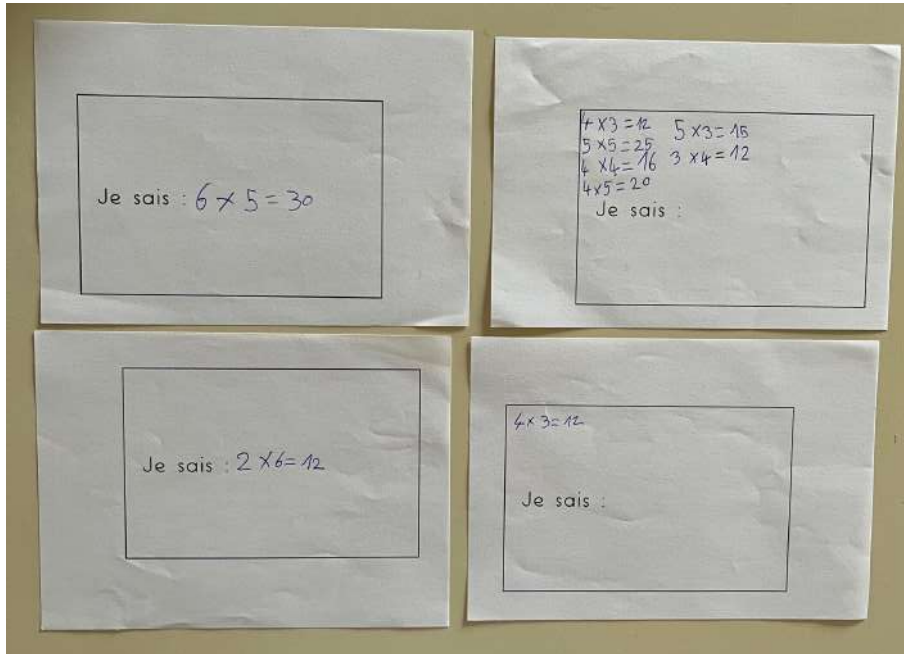
$$\frac{54}{6} = 9$$

$$\begin{array}{r} - 14 \\ \hline 38 \end{array}$$

Je cherche : $6 \times 6 = 36$

6	12	18	24	30	36
---	----	----	----	----	----

III. L'utilisation du jeu motive dans la mobilisation des tables de multiplication



Differenziation 3

x	1	2	3	4	5	6
1				4	5	
2		4	6	8	10	12
3		6				
4	4	8				
5	5	10				1
6		12				30
				30	36	

Differenziation 3

x	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3			6			
4		6	8	10		
5		8		15		
6			15	20		
			20		30	
				30	36	

Différenciation 4

x	1	2	3	4	5	6	7	8
1				6	12			32
2				12		25	30	40
3						30	42	
4					12	6		
5							32	40
6				7	16			
7								
8								

Différenciation 4

x	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1							
2			3		5			8
3			6	8	10		14	
4		6	3					24
5		8						
6	5	10				28		
7				25		35	40	
8		14			36		48	
	8		28	35				
		24		40				

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1									
2				8						
3			9			18				
4		8				24				
5			9		25	30				
6			18	24	30					
7								56	63	
8							56		72	
9							63	72	81	
10										100

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
7	7	14	21	28	35	42		64	63	70
8	8	16		32			64		72	80
9	9	18					63	72	81	90
10	10	20		40				80	90	100

Différenciation 5

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
3	3					24				30
4	4					24		32		40
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
6	6		24			36	42		54	60
7	7					42		56		70
8	8		32				56	64		80
9	9					54		81	72	90
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Différenciation 5

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Partie 4 : Discussion

Cette partie consiste en l'analyse des résultats. L'objectif de ce travail consistait à déterminer les effets d'une pratique régulière du calcul réfléchi dans le cadre de la mémorisation des tables de multiplication en CE2. Cette pratique a été soutenue d'une activité ludique : le jeu « la table de Pythagore ».

Pour cela, dans un premier temps nous souhaitons constater si la pratique régulière du calcul réfléchi permet une meilleure mémorisation de la table de Pythagore. La mémorisation au sens large sera mise en jeu. A travers cette hypothèse, l'évolution entre les pré-tests et les post-tests des deux classes ayant participé à l'étude sera analysée. Afin de faciliter la lecture des graphiques en histogramme (de la partie 3), les résultats ont été présentés sous forme de pourcentage et seront ici décrits.

Ensuite, nous souhaitons démontrer l'évolution de l'utilisation de procédures de calcul. Ici, les productions des élèves seront analysées. Il s'agit de vérifier la deuxième hypothèse qui questionnait la pratique régulière du calcul réfléchi au service d'une meilleure mémorisation de nouvelles procédures de calcul. La mémorisation est donc ici également liée.

Et enfin, notre troisième hypothèse sera discutée. Celle-ci traite de l'utilisation du jeu, en lien avec la motivation des élèves et la mobilisation de résultats de la table de Pythagore. Le calcul automatisé sera alors ici analysé.

I. Analyse des résultats

Pour rappel, les différentes phases des tests (pré-test et post-test) de la classe d'expérimentation et de la classe témoin ont été menées chacune aux mêmes horaires, avec la même durée :

- 10 minutes pour la phase 1 de 09h00 à 09h10 ;
- 10 minutes pour la phase 2 de 11h30 à 11h40 ;
- 15 minutes pour la phase 3 de 13h45 à 14h00.

Les séances d'apprentissage ont été réalisées des vendredis, après la récréation du matin, à des horaires variant entre 10h40 et 11h40.

Selon les travaux de Delvolve (2005), le vendredi est le jour de la semaine où les élèves expriment une réelle fatigue mentale. Effectuant le complément de service

d'une collègue titulaire, j'ai la responsabilité de la classe d'expérimentation uniquement les vendredis. Au sein d'une journée, avant 9h il y a un risque d'incompatibilité entre le niveau d'éveil et les exigences cognitives et c'est également valable pour le milieu de la journée (pause méridienne). Concernant une séance, l'attention focalisée perd considérablement en qualité au-delà de 20 minutes pour les enfants de moins de 10 ans. L'auteur préconise de penser l'alternance des séances, non pas seulement en fonction du champ disciplinaire, mais aussi en fonction du niveau d'exigences mentales que demande l'apprentissage en jeu. Cela nécessite de concevoir un emploi du temps qui positionne des séances de réinvestissement d'une notion pour commencer la journée et des séances de compréhension d'une notion nouvelle le matin après la récréation.

Il me semble également pertinent de discuter de l'attitude des élèves lors des passages des tests. Une évolution importante a été constatée entre le pré-test et le post-test. Lors du pré-test, peu d'élèves étaient autonomes, calmes, sereins et nombreux semblaient être découragés, cherchaient à copier (par manque de confiance en eux), appréhendaient de rendre une copie avec peu de réponses correctes. Cette situation ne s'est pas reproduite au post-test. La plupart des élèves avaient terminé bien avant que le temps imposé se soit écoulé et tous étaient tranquilles face au test. Cette observation est valable pour les deux classes.

Concernant les interactions entre élèves, à chacun des passages une surveillance et un rappel des consignes ont été mis en place.

1. Hypothèse 1

L'analyse des résultats de cette première hypothèse ont été rédigés en deux temps :

- Une évolution générale des réussites ;
- Une évolution catégorisée par tables.

Concernant ces évolutions, celles-ci sont basées uniquement sur l'évaluation diagnostique et l'évaluation sommative.

1.1. Evolution générale

Les pré-tests montrent un niveau de départ équivalent entre les deux classes (0,11 de plus pour la classe témoin) : une moyenne autour de 13 réponses correctes sur 16 calculs à effectuer pour l'étape 1 et 2 ; une moyenne autour de 10 réponses correctes sur les 16 calculs à effectuer pour l'étape 3. La différence présentée entre les étapes 1 et 2 et la dernière étape est justifiée puisque les étapes 1 et 2 correspondent au niveau d'attente préconisé au CE1 alors que l'étape 3 est composée de calculs correspondant aux tables allant de 5 à 10 et il s'agit de l'attendu de fin de cycle.

Les résultats de la classe d'expérimentation montrent un faible niveau (inférieur à la moyenne) pour l'élève 1, l'élève 2, l'élève 3, l'élève 4, l'élève 6, l'élève 11 et l'élève 16. Néanmoins, les résultats des élèves 5, 7, 8, 9, 10, 12 et 15 ressortent puisqu'ils dépassent largement la moyenne. C'est à partir de ce constat que j'ai dû penser à la différenciation pour la séquence, afin que les élèves en réussite ne s'ennuient pas et approfondissent leurs connaissances. Des tâches de tutorat leur ont également été proposées.

Les résultats de la classe témoin montrent une homogénéité beaucoup moins importante. Les élèves 2, 3 et 5 ont des résultats inférieurs à la moyenne de la classe.

En ce qui concerne les résultats des post-tests, ils montrent un niveau légèrement supérieur dans la classe d'expérimentation (0,40). Une moyenne toujours inférieure aux étapes 1 et 2 est à noter pour l'étape 3.

Au sein de la classe d'expérimentation, les élèves cités précédemment pour leur maîtrise fragile lors du pré-test, ont remarquablement progressé. Pour les étapes 1 et 2, 50% des élèves ont atteint 100% de réussite ; 75% des élèves ont obtenu 93% de réussite (soit 30 réponses correctes sur 32 calculs).

Dans la classe témoin, de très bons résultats sont à noter mais les scores de réussite sont légèrement plus bas, les résultats sont moins significatifs.

1.2. Evolution au sein des tables de multiplication

En termes de repères annuels de progression pour le cycle 2, les élèves en fin d'année de CE1 ont mémorisé les faits numériques des tables de multiplication par 1, par 2, par 3, par 4, par 5 et par 10. Sur ce principe, on s'attend à des réussites plus élevées

au sein de ces 6 tables citées précédemment que sur les tables de multiplication par 6, par 7, par 8 et par 9.

Les résultats des pré-tests ne vont pas en ce sens véritablement. Pour la classe d'expérimentation, les tables de multiplication les mieux réussies sont celles par 2, par 3, par 5, par 9 et par 10.

Concernant la classe témoin, les tables de multiplication par 2, par 3, par 5, par 8, par 9 et par 10 sont les mieux réussies.

Une des explications à cette tendance résulte du fait que la récurrence de calculs dont un des facteurs est un nombre compris entre 2 et 10 n'est pas identique.

Dans la classe d'expérimentation, les résultats des post-tests montrent une amélioration importante allant jusqu'à 30% de différence avec les pré-tests. Ce constat, selon moi, est source d'un travail basé sur le sens. En effet, il s'agissait de donner du sens au calcul, et cela est passé par l'explication, la manipulation de procédures mais également par le fait qu'il appartenait à l'élève de combiner ses différentes connaissances pour effectuer un calcul. L'élève utilisait des procédures acquises et devait décider du choix et de l'ordre des opérations.

2. Hypothèse 2

Jusqu'au début de la séquence d'apprentissage, soit janvier 2022, les élèves de la classe d'expérimentation n'avaient pas travaillé les tables de multiplication à partir de la table de Pythagore. Ils avaient aucune idée de ce qu'était la table de Pythagore. Jusqu'à maintenant, ils avaient travaillé la mémorisation des tables de multiplication par le procédé « Lamartinière » et la résolution de problèmes.

L'introduction de la table de Pythagore a permis, très rapidement, à la majorité des élèves de remarquer et de s'accaparer d'une première procédure : les additions répétées.

Ensuite, toujours avec comme support la table de Pythagore, ils se sont appropriés la commutativité et la procédure qui admet que pour construire une table de multiplication on ajoute toujours le même nombre.

La dernière et moins évidente des procédures ayant été amenée par les élèves est la décomposition d'un nombre en un produit.

Un travail cohérent et inscrit dans une continuité a permis de comprendre les procédures. En effet, toujours dans l'objectif d'amener tous les élèves vers la réussite, j'ai fait le choix de commencer la séquence en partant d'un socle commun de résultats mémorisés de la table de Pythagore, auquel nous avons chaque semaine ajouté des résultats pour obtenir la table de Pythagore complète. Ainsi, les élèves ont construit la table de Pythagore en 5 étapes.

En début de séquence, les élèves avaient du mal à comprendre que l'on pouvait trouver le résultat d'un calcul sans l'avoir mémorisé. Le support de la table de Pythagore était donc très bénéfique lors des premières séances puisque sa structure permet d'obtenir rapidement des résultats aux calculs.

En milieu de séquence, les élèves trouvaient de plus en plus de résultats aux calculs grâce à l'utilisation et la mémorisation de procédures de calcul s'appuyant sur la table de Pythagore. Les élèves ont développé des automatismes différents de mobilisation de procédures de calculs en fonction du sens qu'elles leur apportaient.

A la fin de la séquence, la plupart des élèves avaient automatisé les résultats des calculs. Ces élèves-là rencontraient aucune difficulté puisqu'ils avaient acquis des résultats automatisés et des procédures de calculs. Malgré ce constat, quelques élèves restaient en difficulté face à la mémorisation et donc avaient recours à l'utilisation de procédures. En leur donnant un peu plus de temps de pratique, de réflexion, ils arrivaient aux mêmes objectifs que le reste des élèves.

3. Hypothèse 3

Tout d'abord, il semble que la structure du jeu soit adaptée avec le travail de mémorisation. En effet, chaque résultat énoncé par les élèves est immédiatement reporté sur la table de Pythagore dont ils disposent. L'architecture de la table de Pythagore fait que c'est plus facile pour un élève de visualiser les liens entre les calculs.

Il est très clair que l'utilisation du jeu motive dans la mobilisation de résultats des calculs des différentes tables de multiplication.

Par observation en classe et par analyse des fiches d'activité « Je sais » ainsi que les fiches de différenciation du jeu « la table de Pythagore » présentant la table de Pythagore, le nombre de résultats n'est clairement pas le même.

Lors de la phase du jeu les élèves possédaient :

- 19 cartes pour la différenciation 1 ;
- 22 cartes pour la différenciation 2 ;
- 33 cartes pour la différenciation 3 ;
- 61 cartes pour la différenciation 4 ;
- 98 cartes pour la différenciation 5 ;

Les dernières semaines tous les élèves jouaient avec la différenciation 5 et étaient donc amenés à mobiliser le résultat de 98 calculs. Il s'avère que quatre groupes sur cinq à chaque séance, arrivaient au bout du jeu. Lors de la première phase des séances qui consistait à écrire le résultat de calculs sur les fiches d'activité « Je sais » ou « Je cherche », jamais les élèves mobilisaient 98 résultats.

Pour les élèves, un jeu, qui est une activité ludique, est très motivant. En effet, ayant un but précis qui est de se débarrasser le premier de toutes ses cartes pour gagner, l'implication des élèves sera plus rigoureuse et conséquente que lors d'un exercice.

Pour conclure, les différences observées peuvent s'expliquer par le fait que dans la classe d'expérimentation, les élèves construisent eux-mêmes leurs savoirs.

De manière générale, les élèves des deux groupes ont énormément progressé dans la mémorisation des tables de multiplication. Il faut tout de même souligner la différence de pédagogie centrée sur le sens, le développement de procédures et l'autre qui pratique le procédé « Lamartinière ».

Les différents résultats, exprimés ci-dessus, permettent d'affirmer que la pratique régulière du calcul réfléchi et le jeu (en tant que dispositif d'apprentissage) favorisent l'automatisation de la table de Pythagore.

Cette idée confirme les différents points du programme de l'Education Nationale sur l'importance d'un modèle de pédagogie par la découverte. Le socioconstructivisme considère l'apprentissage comme un processus actif. Cette pédagogie est centrée sur l'apprenant. C'est l'élève qui apprend par l'intermédiaire de ses représentations. Les conceptions initiales ne sont pas seulement le point de départ et le résultat de l'activité, elles sont au cœur du processus d'apprentissage.

II. Limites de l'expérimentation

La recherche et la mise en œuvre de ce mémoire ont attiré mon attention sur les différentes limites de l'expérimentation.

Premièrement, j'ai remarqué avoir établi trop rapidement les évaluations. En effet, j'ai repéré des calculs identiques dans les différents moments et également au sein même d'un moment. Néanmoins un bénéfice peut être tiré : la concentration des élèves.

De même concernant les évaluations, la récurrence de calculs dont un des facteurs est un nombre compris entre 2 et 10 n'est pas identique. Pour l'analyse des résultats il aurait été plus pertinent que cette récurrence soit identique ou au minimum proche.

Deuxièmement, mes résultats présentent malheureusement certaines limites puisque l'expérimentation a été effectuée durant la période de crise sanitaire liée au Coronavirus-Covid19 et de ce fait les absences des élèves étaient récurrentes. Bien que les élèves aient été présents pour la majorité de la séquence d'apprentissage, l'étude expérimentale a été menée sur un petit échantillon puisque trente élèves étaient présents lors de la séance d'évaluation diagnostique. Le propos de ce mémoire peut être nuancé vis-à-vis de l'échantillon étudié. Nous ne pouvons pas généraliser les résultats et leurs interprétations.

En ce qui concerne la difficulté principale de cette expérimentation, elle réside sur le fait de ne pas être en responsabilité à 100% dans la classe d'expérimentation. De mon point de vue, cela amène plusieurs types de problèmes :

- Une séquence filée, qui s'étend dans le temps (4 mois) et qui peut supposer des questionnements relatifs au sens de la part des élèves ;
- Des apprentissages qui ne s'inscrivent pas dans un cadre collectif, dans la continuité des enseignements et dont la cohérence du parcours de l'élève n'est pas assurée.

Pour finir, avec plus de temps, il aurait été intéressant en supplément du classement effectué par tables, de réaliser un classement par calcul, c'est-à-dire par opérations commutatives.

Conclusion

Nous posons ici un regard sur l'enseignement des Mathématiques, plus précisément un regard sur le calcul mental, entre enjeux, instructions officielles et pratiques en classe.

L'objectif de ce travail de recherche était d'amener une réponse à comment une pratique régulière du calcul réfléchi et le jeu (en tant que dispositif d'apprentissage) favorisent l'automatisation de la table de Pythagore. Ce mémoire permet d'apporter une réflexion supplémentaire sur le calcul réfléchi, en lien avec les tables de multiplication et la mémoire, en cycle 2.

L'étude expérimentale a démontré que la pratique régulière du calcul réfléchi, passant par le sens, le choix de procédures par les élèves, un temps suffisant de manipulation, en ajoutant la pratique d'un jeu favorisaient l'automatisation de la table de Pythagore. Le jeu étant un moyen privilégié de mobiliser à la fois l'intérêt et l'attention de l'élève. Notre étude va donc dans le sens de la « mission Villani » qui réaffirme la place centrale dans les nouveaux programmes de Mathématiques de la pratique du calcul mental mais pas n'importe lequel, celui qui est réfléchi.

L'étude a établi que la pratique régulière du calcul mental est un outil bénéfique, même une solution pour aider les élèves ayant des problèmes de mémorisation avec le « par cœur ». Cependant, il n'est pas une solution à lui seul pour les élèves à besoins éducatifs particuliers.

A titre personnel, ce travail de recherche complète ma connaissance de l'enseignement du calcul mental. Le champ d'investigation autour du calcul mental est très vaste. Néanmoins, la décision relative au sujet d'étude n'a pas été difficile à prendre. J'ai toujours eu des difficultés avec l'apprentissage « par cœur » alors afin de proposer à mes futurs élèves une meilleure efficacité et des solutions pour cet apprentissage j'ai souhaité travailler autour de la mémoire.

Pour une analyse plus fine, il pourrait être pertinent d'appliquer cette étude à une autre classe du même niveau, mais encore à une classe de niveau CE1 et en cycle 3.

D'un point de vue professionnel, le travail de recherche effectué lors de ce mémoire m'a permis de développer des compétences et des pratiques professionnelles qui s'inscrivent dans le référentiel de compétences des métiers du professorat et de l'éducation publié au bulletin officiel n°13 du 26 mars 2015 :

- **C3 « Connaitre les élèves et les processus d'apprentissage »** : en termes de développement de la mémoire je connais les processus et mécanismes de l'enfant. De plus, nous avons travaillé ensemble sur le recueil de procédures, leurs analyses et leurs améliorations.
- **C4 « Prendre en compte la diversité des élèves »** : que ce soit en matière de simplification ou de complexification une différenciation a été pensée judicieusement pour tous les élèves. En effet, les élèves en difficulté ont été rassemblés en atelier dirigé par l'enseignante afin de travailler à un rythme moins soutenu l'acquisition et la compréhension de procédures. Les élèves en réussite ont effectué des calculs dont les facteurs étaient en dehors de la table de Pythagore. En ce qui concerne l'activité, le jeu « La table de Pythagore » une différenciation a été organisée permettant de mieux gérer l'hétérogénéité des élèves.
- **C7 « Maitriser la langue française à des fins de communication »** : lors des activités, j'ai veillé à mon expression ainsi que celle des élèves concernant l'utilisation du vocabulaire spécifique aux Mathématiques.
- **P1 « Maitriser les savoirs disciplinaires et leur didactique »** : j'ai appris à connaître de manière beaucoup plus approfondie le domaine disciplinaire des Mathématiques, et plus précisément le domaine spécifique Nombres et calculs et je sais situer les repères annuels de progression du cycle 2.
- **P3 « Construire, mettre en œuvre et animer des situations d'enseignement et d'apprentissage prenant en compte la diversité des élèves »** : j'ai développé mes compétences de préparation d'une séquence d'apprentissage avec les modalités d'entraînement et d'évaluation tout en différenciant mon enseignement en fonction des rythmes d'apprentissage et des besoins de chacun.
- **P4 « Organiser et assurer un mode de fonctionnement du groupe favorisant l'apprentissage et la socialisation des élèves »** : j'ai su maintenir un climat propice à l'apprentissage basé sur une relation de confiance et de

bienveillance avec les élèves et favoriser la participation et l'implication de tous les élèves.

Bibliographie

BOEN Spécial n° 3 du 25 avril 2018, *Enseignement du calcul : un enjeu majeur pour la maîtrise des principaux éléments de mathématiques à l'école primaire.*

BOLSIUS, C., (2008) *Fort en calcul mental ! Connaissances et stratégies pour réussir*

BOULE, F., (2008) *Le calcul mental au quotidien*

BOULE, F., (2012) *Le calcul mental au quotidien : cycle 2 et 3*, SCÉRÉN-CNDP-CRDP

BUTLEN, D., (2007) *Le calcul mental, entre sens et technique*. Collection Didactiques / Mathématiques. Préface de Vergnaud G., Postface de M. Artigue, Presses universitaires de Franche Comté, Besançon, 2007.

COPIRELEM, commission permanente des IREM pour l'école élémentaire (2012) *Calcul mental à l'école primaire : ressources et formation*

HENAFF, C., HENAFF Ch., MILLERY, P., PEYRONIE, S. (2020). *Calcul mental : CE2, Acquérir et mémoriser des stratégies*. Retz.

HOUDE, O., (2018) *Le raisonnement*

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE. *Document d'accompagnement des programmes 2002*. Mathématiques, Le calcul mental à l'école élémentaire.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA JEUNESSE. *Programme d'enseignement de l'école élémentaire en vigueur à la rentrée 2021*. Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale, n°31, du 30 juillet 2020.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA JEUNESSE. *Repères annuels de progression pour le cycle 2*. Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale, n°31, du 30 juillet 2020. Annexe 20 : Mathématiques.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA JEUNESSE. *Attendus de fin d'année de CE2*. Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale, n°31, du 30 juillet 2020. Annexe 6 : Mathématiques.

VILLANI, C. et TOROSSIAN, C. (2018). *21 mesures pour l'enseignement des mathématiques*.

Annexes

ANNEXE 1 : Fiche pré-test et post-test

Calcul mental CE2

Prénom : _____

Date : _____

Compétence :

- Calculer avec des nombres entiers : mémoriser les tables de multiplication.

Moment 1

Je calcule en ligne :

$2 \times 4 =$	$3 \times 8 =$	$2 \times 7 =$	$4 \times 3 =$
$5 \times 4 =$	$4 \times 4 =$	$3 \times 9 =$	$2 \times 2 =$
$2 \times 6 =$	$3 \times 5 =$	$2 \times 10 =$	$3 \times 2 =$
$5 \times 7 =$	$4 \times 8 =$	$5 \times 2 =$	$3 \times 7 =$

Moment 2

Je calcule en ligne :

$5 \times 1 =$	$3 \times 3 =$	$6 \times 2 =$	$5 \times 9 =$
$3 \times 6 =$	$2 \times 8 =$	$5 \times 6 =$	$8 \times 2 =$
$3 \times 10 =$	$2 \times 9 =$	$4 \times 6 =$	$3 \times 1 =$
$9 \times 3 =$	$10 \times 2 =$	$7 \times 3 =$	$5 \times 6 =$

Moment 3

Je calcule en ligne :

$6 \times 4 =$	$9 \times 1 =$	$8 \times 5 =$	$7 \times 4 =$
$9 \times 3 =$	$7 \times 5 =$	$6 \times 6 =$	$8 \times 3 =$
$10 \times 4 =$	$4 \times 9 =$	$10 \times 8 =$	$5 \times 10 =$
$7 \times 6 =$	$8 \times 6 =$	$6 \times 9 =$	$10 \times 10 =$

ANNEXE 2 : Fiche de travail « Je sais »

Je sais :

Je sais :

Je sais :

Je sais :

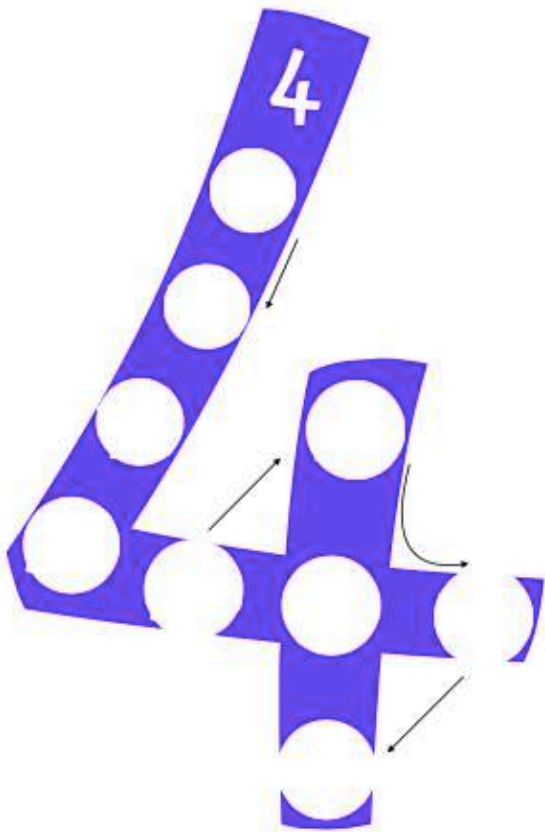
ANNEXE 3 : Fiche de travail « Je cherche »

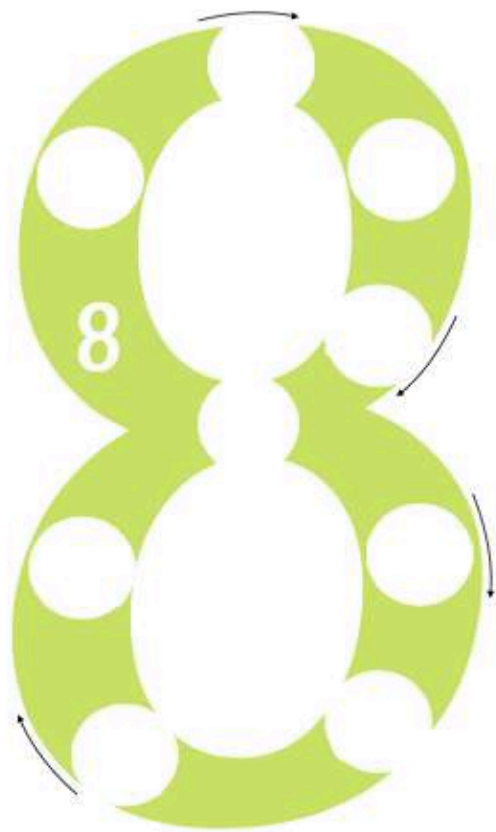
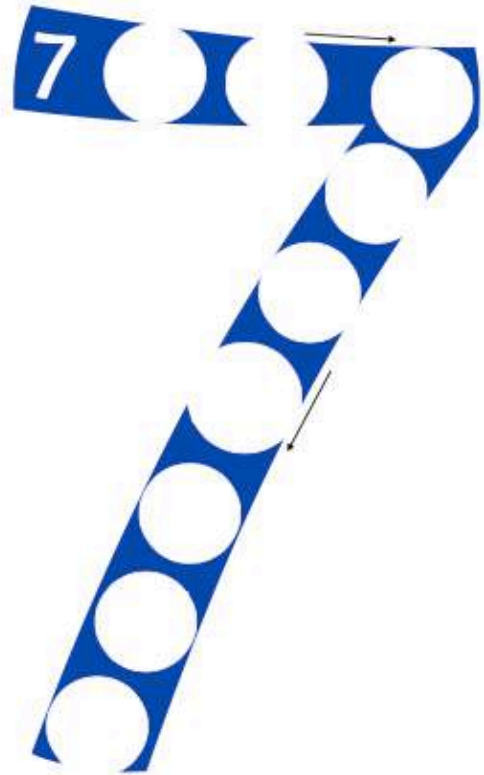
Je cherche :

Je cherche :

ANNEXE 4 : Matériel de l'activité, le jeu « La table de Pythagore »







Activité : Le jeu de Pythagore

Objectif : Connaître le répertoire multiplicatif.

Jeu à 3 ou 4 joueurs (différenciation : 5 niveaux de parcours différents au regard des repères de progressivité)	Pour tous les joueurs : <ul style="list-style-type: none">- une table de Pythagore vide- cartes portant sur les calculs à effectuer- Woody- grands chiffres plastifiés à remplir- grands chiffres plastifiés remplis (pour auto-correction)- une calculatrice pour vérification en cas de litige
---	---

But du jeu :

- Se débarrasser de toutes ses cartes.
- Remplir la table de Pythagore correspondant à son niveau de parcours.

Règles du jeu :

- Les joueurs distribuent les cartes de telle manière qu'ils en aient tous le même nombre.
- Un par un les joueurs se débarrassent d'une de leur carte (qu'ils peuvent choisir au début puis au fur et à mesure ils n'auront plus le choix) et proposent un résultat qu'ils écrivent au Woody (crayon de coloriage) dans les bulles vides sur les grands chiffres dont ils disposent.
- Si le joueur sait, alors il peut se débarrasser de sa carte + compléter sa table de Pythagore.
- Si le joueur ne sait pas, il passe son tour.
- Si un des joueurs (B) n'est pas d'accord avec le résultat proposé par le joueur qui joue (A), alors ce dernier (joueur A) vérifie à l'aide de la calculatrice : s'il (A) a la bonne réponse il se débarrasse de sa carte et complète sa table de Pythagore, s'il n'a pas la bonne réponse et que le joueur s'étant opposé (joueur B) a la bonne réponse, le joueur B donne une carte de son jeu au joueur A et complète sa table de Pythagore. Quant à la carte du joueur A, il la garde.

Différenciation 1

X	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

Différenciation 1

1×1

1×2

1×3

1×4

1×5

2×1

2×2

2×3

2×4

2×5

3×1

3×2

$$3 \times 3$$

$$3 \times 4$$

$$4 \times 1$$

$$4 \times 2$$

$$4 \times 3$$

$$5 \times 1$$

$$5 \times 2$$

ANNEXE 5 : Séquence pédagogique d'apprentissage pour la classe d'expérimentation

Mathématiques – Nombres et calculs

Séquence : La table de Pythagore

Calcul mental – Périodes 3, 4 et 5

Cycle 2 – CE2

Durée : 11 séances

Références au Socle Commun de Connaissances, de Compétences et de Culture (2015) :

- *Domaine 1* : Les langages pour penser et communiquer : comprendre, s'exprimer en utilisant les langages mathématiques, scientifiques et informatiques ;
- *Domaine 4* : Les systèmes naturels et les systèmes techniques : donner à l'élève les fondements de la culture mathématique.

Attendu de fin de cycle 2 :

- Calculer avec des nombres entiers.

Compétences et connaissances associées :

- Mémoriser des faits numériques et des procédures ;
- Mobiliser en situation ses connaissances de faits numériques et ses connaissances sur la numération ;
- Elaborer ou choisir des stratégies, expliciter les procédures utilisées et comparer leur efficacité.

Objectifs périodes :

Connaissances et utilisation des répertoires :

- Restituer dans l'ordre, et dans un ordre aléatoire, les résultats des tables de multiplication de 6 à 10

Calcul automatisé :

- Calculer mentalement un produit de deux nombres à un chiffre

Calcul réfléchi :

- Faire émerger des procédures afin de compléter la table de Pythagore sans avoir automatisé tous les résultats.

Objectif séances :

- Amener l'élève à être capable de compléter la table de Pythagore à partir de séances dans lesquelles il va développer des procédures sans avoir à automatiser tous les résultats qui la composent.

	Durée	Objectifs	Matériel
Séance 1 : Test 0 / Pré-test Evaluation diagnostique 14 janvier 2022	35' 2 fois 10 minutes 1 fois 15 minutes	3 différents moments dans la journée pour réaliser à chaque fois 16 calculs dont les facteurs proviennent de la table de Pythagore. Faire le point sur les acquis et les connaissances de l'élève. Établir le programme d'enseignement.	- photocopies du test
Séance 2 : Autour du nombre 6 ; 6 x ... Première découverte	40'	Faire émerger des procédures où un des facteurs est 6. Introduction de la table de Pythagore.	- photocopies des fiches « Je sais » et « Je cherche »

Révisions des tables jusqu'à 5 21 janvier 2022			- table de Pythagore
Séance 2 BIS Entraînement 28 janvier 2022	40'	Faire émerger des procédures où un des facteurs est 6. Apprendre en jouant « Activité : Le jeu de Pythagore ».	- photocopies des fiches « Je sais » et « Je cherche » - activité : le jeu de Pythagore
Séance 3 : 6 x ... Appropriation, consolidation, approfondissement 4 février 2022	40'	Aider à la mémorisation du répertoire multiplicatif. Apprendre en jouant « Activité : Le jeu de Pythagore ».	- photocopies des fiches « Je sais » et « Je cherche » - table de Pythagore - activité : le jeu de Pythagore
Séance 4 : 6 x ... Révisions Réinvestissement 25 février 2022	40'	Développer des procédures dans le cadre de la table de Pythagore. Maîtriser la table de multiplication par 6. Apprendre en jouant « Activité : Le jeu de Pythagore ». Partie complémentaire (pour les élèves performants ; différenciation + consolidation) :	- photocopies des fiches « Je sais » et « Je cherche » - table de Pythagore - activité : le jeu de Pythagore

		- S'exercer sur des procédures déjà rencontrées sur des calculs plus complexes (en dehors de la table de Pythagore).	
Séance 5 : Autour du nombre 8 ; 8 x ... Première découverte Entraînement 4 mars 2022	40'	Faire émerger des procédures où un des facteurs est 8. Apprendre en jouant « Activité : Le jeu de Pythagore ». Partie complémentaire (pour les élèves performants ; différenciation + consolidation) : - S'exercer sur des procédures déjà rencontrées sur des calculs plus complexes (en dehors de la table de Pythagore).	- photocopies des fiches « Je sais » et « Je cherche » - table de Pythagore - activité : le jeu de Pythagore
Séance 6 : 8 x ... Appropriation, consolidation approfondissement Révisions des tables jusqu'à 6 8 avril 2022	40'	Faire émerger des procédures où un des facteurs est 8 (dans le cadre de la table de Pythagore). Aider à la mémorisation du répertoire multiplicatif. Apprendre en jouant « Activité : Le jeu de Pythagore ».	- photocopies des fiches « Je sais » et « Je cherche » - table de Pythagore - activité : le jeu de Pythagore
Séance 6 BIS Révisions Réinvestissement 29 avril 2022	40'	Maîtriser la table de multiplication par 8. Apprendre en jouant « Activité : Le jeu de Pythagore ».	- photocopies des fiches « Je sais » et « Je cherche » - activité : le jeu de Pythagore
Séance 7 : Révisions	40'	Connaitre le répertoire multiplicatif. Apprendre en jouant « Activité : Le jeu de Pythagore ».	- activité : le jeu de Pythagore

Réinvestissement <i>6 mai 2022</i>			
Séance 8 : Révisions Réinvestissement <i>13 mai 2022</i>	40'	Connaitre le répertoire multiplicatif. Apprendre en jouant « Activité : Le jeu de Pythagore ».	- activité : le jeu de Pythagore
Séance 9 : Test 1 / Post-test Évaluation des savoirs <i>20 mai 2022</i>	35' 2 fois 10 minutes 1 fois 15 minutes	3 différents moments dans la journée pour réaliser à chaque fois 16 calculs dont les facteurs proviennent de la table de Pythagore. Il s'agit du même test qu'en séance 1 : objectif : tester l'efficacité du calcul réfléchi comme outil en faveur de l'apprentissage de la table de Pythagore. Vérifier que les élèves maîtrisent/connassent la table de Pythagore.	- photocopies du test - feuilles blanches, de brouillon

Allison KIERSKI

Le calcul mental à l'école primaire

Les effets de la pratique du calcul réfléchi dans le cadre de la mémorisation des tables de multiplication en CE2

Résumé :

Cette recherche vise à évaluer, auprès d'un échantillon de trente élèves de cours élémentaire deuxième année, l'influence positive du calcul réfléchi par rapport au calcul automatisé, en lien avec les tables de multiplication. L'objet d'étude est de démontrer comment la pratique régulière du calcul réfléchi et le jeu en tant que dispositif d'apprentissage favorisent l'automatisation de la table de Pythagore.

Un regard sur l'enseignement des Mathématiques, plus précisément un regard sur le calcul mental, entre enjeux, instructions officielles et pratiques en classe est posé au sein de ce mémoire. Dans une volonté de lutte contre les inégalités à l'école et de réussite scolaire, l'accent est mis sur la différenciation pédagogique en mettant en place des situations adaptées aux élèves à besoins éducatifs particuliers.

Mots clés : calcul mental, calcul réfléchi, calcul automatisé, table de Pythagore, différenciation.

Abstract :

This research aims to evaluate, with a sample of thirty second year elementary school students, the positive influence of reflective calculation compared to automated calculation, in connection with multiplication tables. The object of study is to demonstrate how the regular practice of reflective calculation and the game as a learning device promote the automation of the Pythagorean table.

A look at the teaching of Mathematics, more specifically a look at mental arithmetic, between issues, official instructions and classroom practices is posed within this thesis. In a desire to fight against inequalities at school and to achieve academic success, the emphasis is placed on pedagogical differentiation by setting up situations adapted to pupils with special educational needs.

Keywords : mental calculation, reflective calculation, automated calculation, Pythagorean table, differentiation.