



**L'INFLUENCE DES SUPPORTS PEDAGOGIQUES SUR
L'ATTENTION DES ELEVES EN GEOMETRIE
SPATIALE.**

Master II Métiers de l'Enseignement de l'Education et de la Formation, 1^{er} degré
(ESPE Poitiers)

Directeurs de mémoire : Mme GUERRY Michèle et M. GAULON Didier

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je souhaite adresser mes remerciements aux directeurs de ce séminaire de recherche : Madame Michèle GUERRY et Monsieur Didier GAULON. Leur aide de qualité m'a permis d'atteindre les objectifs établis pour la rédaction de ce mémoire.

Ensuite, je remercie Madame Laurence GOUMET pour son aide dans la construction du protocole de recherche, ainsi que les élèves de sa classe qui ont participé à l'expérience qui suit.

Enfin, mes remerciements sont aussi dirigés vers les étudiants du Master 2 MEEF, avec qui j'ai pu collaborer.

RESUME

Français :

L'attention des élèves est une variable qui joue un rôle important sur leur compréhension et leur réussite dans les apprentissages. Ce travail d'étude et de recherche a pour but de déterminer l'influence du support pédagogique sur l'attention et la performance des élèves dans le domaine de la géométrie spatiale. Cette expérimentation se déroule dans une classe de CE1, et compare, à l'aide d'une même tâche, l'influence des supports pédagogique 2D, 3D et numérique. Les résultats soulignent que l'utilisation du type de support 3D induit une meilleure performance qu'avec les autres supports. En revanche, c'est le support pédagogique 2D qui est synonyme d'une meilleure attention. Enfin, ce travail de réflexion met en avant l'inadaptabilité du support numérique dans l'étude de la géométrie dans l'espace dans une classe de CE1.

Mots clés : attention, support pédagogique, géométrie spatiale, représentation mentale.

English :

Students' attention is a variable that plays a key role in their understanding and success in learning. This study's and research's work aims to determine educational support's influence on students' attention and performance in the field of spatial geometry. This testing takes place in a class CE1, and compares with the same task, pedagogical supports 2D, 3D and digital's influence. Results underline the use of 3D media induces better performance with other media. However, the 2D educational support is synonymous with better attention. Finally, this reflection point to digital media's unsuitability in study of geometry in space in class CE1.

Keywords: attention, educational support, spatial geometry, mental representation.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
I – Apports théoriques	2
1.1 – Les mécanismes de l'attention.....	2
1.2 – Le développement de la pensée spatiale.....	4
1.3 – La géométrie à l'école.....	5
1.3.1 – Les programmes scolaires (2008).....	5
1.3.2 – Les programmes scolaires (2015).....	6
1.3.3 - L'enseignement des mathématiques (et particulièrement de la géométrie)..	7
II – Recherche expérimentale.	9
2.1 - Problématique et méthodologie de la recherche.....	9
2.2 - Expérience.....	11
2.2.1 - - Méthode.....	11
2.2.1.1 - Tâche.....	11
2.2.1.2 - Matériel :.....	11
2.2.1.3 - Sujets.....	12
2.2.1.4 – Variables.....	12
2.2.1.5 – Procédure.....	13
2.2.2 - Résultats.....	14
2.2.2.1 – Résultats du prétest.....	15
2.2.2.2 – Résultats de la tâche.....	16
2.2.2.3 – Résultats de la grille de comportement.....	17
2.2.2.4 – Résultats du questionnaire.....	19
2.2.3 – Discussion des résultats.....	21
CONCLUSION	26
BIBLIOGRAPHIE.....	27
Annexes	28

INTRODUCTION

Les résultats aux évaluations nationales montrent un réel déficit quant aux compétences acquises par les élèves en géométrie, et les enseignants sont souvent démunis face à l'enseignement de ce domaine, qui se résume régulièrement à la mise en relation d'objets géométriques (dans le plan) et de leurs caractéristiques. D'un point de vue plus général, les connaissances géométriques sont nécessaires à chacun. Elles permettent de comprendre et de transformer l'environnement qui nous entoure. Ces constats soulignent l'intérêt de ce sujet d'étude.

De plus, l'enseignement géométrique actuel semble compliqué, lorsque des collégiens (et parfois des étudiants plus aguerris) ne savent pas différencier un carré d'un cube. Ceci souligne le fait que l'enseignement de la géométrie dans l'espace n'est pas adapté : souvent, on fait étudier le cube (3D) aux élèves, dans le plan (2D). Il est aisé de comprendre qu'un élève d'école primaire ait des difficultés à appréhender les représentations mentales d'un cube, et celle d'un carré, lorsque les supports pédagogiques ne sont pas adaptés à l'enseignement

Comment peut-on améliorer l'attention et la performance des élèves de l'école primaire, dans le domaine de la géométrie dans l'espace, en fonction des supports pédagogiques ?

Ce mémoire est une réflexion au sujet du lien entre attention et apprentissage. Il tente de répondre à la problématique en soulignant les caractéristiques de l'attention et de l'apprentissage de la géométrie à l'école, puis en mettant en place un protocole de recherche dans une classe d'école primaire, dans le domaine de la géométrie dans l'espace.

I – Apports théoriques

Dans le but de répondre à la question précédemment citée, il faut d'abord étudier les mécanismes de l'attention, puis le développement de la pensée spatiale. Enfin, il faudra souligner la place de la géométrie dans les programmes de l'école maternelle et élémentaire.

1.1 – Les mécanismes de l'attention.

L'attention est un processus considérablement impliqué dans le traitement de l'information. L'attention se définit comme étant la capacité à sélectionner, à traiter, à organiser et à acquérir des informations pertinentes. Cette définition caractérise l'attention, en générale, or ce processus distingue différents mécanismes.

❖ Le premier mécanisme est l'état d'alerte. Cet état de veille mobilise l'énergie minimale de l'organisme qui permet au système nerveux d'être réceptif de façon non spécifique, à toute information, inter- ou extéroceptive.

L'état d'alerte se subdivise en deux domaines :

- le premier est l'alerte tonique qui mobilise le tonus mental de base. Ce dernier nous permet d'être réceptifs aux informations, il correspond au niveau d'éveil.

- le second domaine met en évidence l'alerte phasique qui permet à l'organisme de se préparer à répondre dès qu'il en est informé par un stimulus avertisseur.

❖ Le second mécanisme est celui de l'attention soutenue. Ce type d'attention amène le sujet à orienter intentionnellement son intérêt vers une ou plusieurs sources d'information et à maintenir cet intérêt pendant une longue période, sans discontinuité. L'attention soutenue s'installe dans la durée.

❖ Le troisième mécanisme correspond à l'attention sélective, celle-ci nous permet de trier les informations disponibles dans le but de ne retenir et de ne traiter que celles qui sont pertinentes pour l'activité en cours. Ce processus intervient en inhibant la réponse aux autres stimuli présentés. L'attention sélective répond de deux mécanismes interdépendants : la focalisation et l'inhibition. La focalisation permet d'améliorer le traitement d'une information en la dégageant des autres, et l'inhibition permet de négliger les informations périphériques ou

accessoires.

En général l'attention sélective est soit auditive, soit visuelle.

❖ Enfin, le dernier mécanisme illustre l'attention divisée-partagée, qui est l'habilité requise pour partager une attention sélective entre deux ou plusieurs sources distinctes. L'attention est divisée lorsque les deux activités ne sont pas liées (exemple : conduire et parler au passager) ; et l'attention est partagée lorsqu'elle est répartie au sein d'une même activité (exemple : savoir compter).

Ici, les mécanismes de l'attention soutenue et sélective vont spécialement nous intéresser dans le domaine de la géométrie, d'ailleurs il est nécessaire d'apporter quelques précisions au sujet de l'attention sélective visuelle en particulier.

Cette dernière est l'ensemble des mécanismes permettant d'aller sélectionner une partie de l'information visuelle présente, sur la base de la position spatiale ou des caractéristiques visuelles des objets, afin de faciliter son traitement et son utilisation ultérieure. L'attention visuelle inhibée permet à un élève de se concentrer sur ce qu'est en train d'écrire l'enseignant au tableau alors que le tableau n'est pas propre et contient de nombreux schémas ou traits mal effacés, l'élève extrait toute forme de distracteurs. L'attention visuelle focalisée permet de se concentrer sur des objets, des propriétés, une position dans l'espace (*exemple : l'élève fera appel à cette attention lorsqu'il devra observer un cube, bleu*).

Il convient d'ajouter que l'attention tactile nous intéresse également. En effet, un élève qui manipule des objets en géométrie, touche des angles, des courbes. Son attention doit donc également se focaliser sur ses compétences haptiques. (Ces compétences permettent de reconnaître et déterminer les propriétés d'un objet. Par exemple, Gentaz E. explique que le frottement latéral d'un objet permet d'en déterminer sa texture, la pression du même objet conduira à évaluer la dureté du matériau, etc.)

Des études (Klatzky, Lederman et Metzger, 1985 et 1987) ont souligné l'intérêt des mouvements d'explorations sur la perception haptique. D'ailleurs, plus les mouvements d'explorations sont sujets à la liberté, et plus les personnes sont compétentes dans la reconnaissance d'objets. Lederman et Klatzky ont également démontré en 1993, que le toucher est spécifique à la détermination des propriétés matérielles des objets, alors que la

vision est spécifique à la perception spatiale.

Il faut préciser que la perception haptique n'influe pas seule dans la reconnaissance d'objets. D'abord, il semblerait que la présence d'axes de symétrie et leur orientation aient des rôles conséquents dans la reconnaissance d'objets (Pinet et Gentaz E., 2007).

De plus, les connaissances et expériences antérieures agissent en coordination avec le toucher. En effet, lorsqu'un enfant touche un objet, il doit conserver les données, puis les intégrer en unités. Ainsi, la perception haptique est dépendante de la capacité de mémoire de travail.

Cette dépendance permet de comprendre l'évolution de la perception visuelle et haptique. Pour les enfants de 3 à 5 ans, le toucher est plus performant que la vue puisqu'il s'oppose à la confusion de la gauche et de la droite (*cf* : écriture des lettres en miroir) (Itakura et Imamizu, 1994). À 6 ans, même si les perceptions haptiques deviennent systématiques et organisées (Piaget, Inhelder, 1947), la vision semble fournir de meilleures performances.

1.2 – Le développement de la pensée spatiale.

Selon Gentaz E., le développement de la pensée spatiale renvoie à deux modèles.

❖ Le premier est réglé par Piaget et Inhelder (1947). Selon eux, la construction de la représentation de l'espace se divise en trois stades, dont le stade initial qui correspond à l'espace topologique à travers lequel « l'enfant n'est sensible qu'à certaines relations internes de la figure ; les formes, les distances, les droites et les angles ne sont pas conservés » (Gentaz E.). Les espaces qui interviennent ensuite sont appelés projectif et euclidien.

❖ Les travaux de Van Hiele, en 1986, ont permis d'inspirer le second modèle du développement de la pensée spatiale, qui lui, est composé de cinq stades.

- D'abord, il y a la visualisation, dans laquelle les objets géométriques sont perçus en fonction de leur apparence physique ; les élèves analysent visuellement.
- Ensuite, c'est l'analyse : les élèves associent propriétés et objets géométriques.
- Puis vient le stade de l'abstraction. Celui-ci se distingue par la capacité des élèves à construire des définitions abstraites en utilisant des propriétés et des déductions simples.

- Le stade de la déduction est caractérisé par l'aptitude des élèves à réaliser ou au moins à comprendre une démonstration.

- Pour finir, le travail dans les systèmes axiomatiques différents et l'étude des géométries en l'absence de modèles concrets sont spécifiques au stade de l'axiomatisation. Des recherches plus récentes précisent qu'un stade préliminaire existe dans ce modèle. Ce stade initial renvoie à la perception des formes géométrique par les enfants.

En ce qui concerne les représentations en deux dimensions, en 2000, Symmons et Richardson ont expliqué que pour répondre à un manque d'indice pour le système haptique, les personnes confrontées à un objet en deux dimensions doivent se créer une image mentale. Elles doivent représenter mentalement l'objet.

1.3 – La géométrie à l'école.

1.3.1 – Les programmes scolaires (2008).

Le Bulletin officiel hors-série n°3 du 19 juin 2008 exige que chaque élève étudie la géométrie, peu importe son cycle ou son niveau. Ainsi des compétences en géométrie sont attendues pour les trois fins de cycles.

En cycle 1, la géométrie n'est pas envisagée en tant que telle. Cependant on peut faire correspondre cette discipline à la rubrique « découvrir les formes et les grandeurs » dans « découvrir le monde ». Le programme de 2008 souligne que les élèves doivent manipuler des « objets variés » et reconnaître quelques propriétés (*exemple : petit/grand ; lourd/léger*). L'objectif de cette manipulation est de pouvoir classer les objets selon leur « forme, taille, masse, contenance ».

Au cycle 2, en géométrie, les élèves doivent savoir se repérer et s'orienter. Ils doivent connaître des figures géométriques (planes ou solides) et utilisent les instruments et techniques de géométrie pour reproduire les figures planes. Enfin les élèves doivent connaître et utiliser le vocabulaire géométrique. (*Exemple : ils doivent reconnaître un carré et savoir le décrire*).

Au cycle 3, la géométrie est divisée en 5 domaines :

- ❖ les relations et propriétés géométriques (alignement, perpendicularité, parallélisme, égalité des longueurs, symétrie axiale, milieu d'un segment).
- ❖ l'utilisation d'instruments et de techniques (règle, équerre, compas, calque, papier quadrillé, papier pointé, pliage).
- ❖ les figures planes (le carré, le rectangle, le losange, le parallélogramme, le triangle et ses cas particuliers, le cercle :
 - description, reproduction, construction,
 - vocabulaire spécifique relatif à ces figures : côté, sommet, angle, diagonale, axe de symétrie, centre, rayon, diamètre,
 - agrandissement et réduction des figures planes, en lien avec la proportionnalité.
- ❖ les solides usuels (cube, pavé droit, cylindre, prismes droits, pyramide.)
 - reconnaitances de ces solides et étude de quelques patrons,
 - vocabulaire spécifique relatif à ces solides : sommet, arête, face.
- ❖ Les problèmes : de reproduction ou de construction de configurations géométriques diverses mobilisent la connaissance des figures usuelles. Ils sont l'occasion d'utiliser à bon escient le vocabulaire spécifique et les démarche de mesurage et de tracé.

1.3.2 – Les programmes scolaires (2015).

Les Bulletins officiels n°2 du 26 mars 2015 et n°11 du 26 novembre 2015 insistent sur l'apprentissage de la géométrie dans les trois cycles de l'école primaire. Ces nouveaux programmes appuient également sur l'importance de lier l'étude de l'espace et de la géométrie à d'autres domaines d'enseignement (*exemples : éducation physique et sportive, questionner le monde*).

En cycle 1, on retrouve l'étude de la géométrie dans l'espace dans le domaine 4 : construire les premiers outils pour structurer sa pensée, et plus particulièrement dans le sous-domaine : explorer des formes, des grandeurs, des suites organisées. Ces programmes exigent d'un élève de maternelle qu'il sache « classer des objets en fonction de caractéristiques liés à leur forme », et « reconnaître quelques solides ».

Au cycle 2, en géométrie, les élèves doivent étudier les solides à travers des activités de tri, d'assemblage et de fabrications d'objets. Aussi, la géométrie, plane ou spatiale doit être enseignée sous forme de problèmes. Plusieurs notions sont attendues en fin de cycle : « *(se) repérer et (se) déplacer en utilisant des repères et des représentations* » ; « *reconnaître, nommer, décrire, reproduire quelques solides* » ; « *reconnaître, nommer, décrire, reproduire, construire quelques figures géométriques* » ; et « *reconnaître et utiliser les notions d'alignement, d'angle droit, d'égalité de longueurs, de milieu, de symétrie* ».

Au cycle 3, dans le domaine « *espace et géométrie* », il est précisé que les élèves découvrent et étudient les concepts géométriques en mêlant différents types de tâches, à différents types d'outils et en utilisant un vocabulaire précis et adapté. Il est important qu'au cycle 3, les activités spatiales et géométriques soient mises en lien avec les autres domaines des mathématiques : notamment « *grandeurs et mesures* ». Aussi, à la fin du cycle, il est attendu des élèves qu'ils sachent « *(se) repérer et (se) déplacer dans l'espace en utilisant ou en élaborant des représentations* » ; « *reconnaître, nommer, décrire, reproduire, représenter, construire des figures et solides usuels* » ; « *reconnaître et utiliser quelques relations géométriques* ».

1.3.3 - L'enseignement des mathématiques (et particulièrement de la géométrie).

L'enseignement de la géométrie intègre deux champs de connaissances. Le premier est celui des connaissances spatiales (structuration de l'espace), et le second correspond aux connaissances géométriques (développement de la géométrie perceptive).

Piaget précise que le stade l'intelligence des opérations concrètes concerne les enfants ayant entre 7 et 12 ans. C'est durant ce stade que l'enfant se socialise, il décentre sa pensée de sa propre personne, de sa propre vision. L'enfant est alors capable d'imaginer différents points de vue possibles d'un même agencement. C'est donc à ce moment que l'enseignement de la géométrie prend tout son sens. En effet, cet enseignement veut donner un sens aux concepts géométriques abstraits, qu'il faut se représenter. La nature même des objets mathématiques est abstraite et les concepts géométriques se construisent dans l'esprit des élèves, de manière intellectuelle.

Cependant, l'apprentissage de la géométrie n'est pas aussi évident qu'il n'y paraît. Les élèves rencontrent beaucoup de difficultés, et notamment des difficultés liées à la connaissance de l'espace, liées à la représentation dans l'espace, liées à la connaissance du langage mathématique – géométrique, et liées à la nature de la tâche.

Pour contrer ces difficultés, il semblerait qu'une démarche envisageant la manipulation serait utile. Cette démarche se décompose en 7 étapes :

- Observation,
- Manipulation (éloigner de l'œil, tourner la figure pour la percevoir autrement),
- Description (on décrit la figure en désignant les figures simples qui la compose),
- Analyse (liens entre les éléments),
- Construction (reconstruire une partie de la figure à partir des éléments simples perçus),
- Conjecture,
- Argumentation.

Cette démarche permet de comprendre pour nommer, et de construire pour conceptualiser. Elle permet de mettre en place des attitudes, des capacités et des connaissances en mathématiques.

Les mathématiques apprennent à raisonner. Cet apprentissage fait référence aux fonctions cognitives que sont l'attention, la mémorisation et le langage. Il est donc très important de rendre la géométrie plus attractive, et de mettre en œuvre des situations de manipulations pour que les propriétés géométriques soient plus abordables pour les élèves des trois premiers cycles.

Dans le but de permettre aux élèves d'appréhender plus facilement la représentation dans l'espace, il est nécessaire de travailler avec la 3D et éviter le plan (2D). Ainsi, il existe deux façons de travailler. La première étant l'étude de la géométrie à l'aide d'objets géométriques en bois ou en plastique par exemple, et la deuxième possibilité est de travailler avec la géométrie dynamique. Il s'agira alors d'étudier les formes géométriques sur des logiciels qui permettent d'avoir des représentations planes d'objets tridimensionnels.

L'étude de la géométrie à l'aide d'objets concrets est une étape importante dans le développement de l'enfant alors qu'en général elle n'occupe qu'une place minime de nos

apprentissages, à la maternelle. Cette étude de la géométrie consiste à catégoriser les formes géométriques. Cette catégorisation permet d'aborder différents apprentissages :

- Savoir différencier et classer des solides géométriques,
- Savoir différencier et classer des formes planes simples,
- Nommer et reconnaître des formes planes simples en fonction de leurs propriétés,
- Reconnaître des solides en fonction de leurs propriétés.

La géométrie dynamique (sur logiciels informatiques) s'appuie sur l'étude de constructions robustes (figures géométriques qui conservent leurs propriétés au cours du déplacement des points qui les forment), et des constructions molles (figures qui se déforment dès qu'un sommet est déplacé). Ainsi, le déplacement est la fonctionnalité principale de la géométrie dynamique. Ces déplacements permettent d'observer les propriétés des objets géométriques. Les élèves sont alors obligés de construire correctement et mathématiquement les objets qu'ils étudient, sinon lors du déplacement les propriétés mathématiques ne sont plus visibles, et les constructions ne correspondent plus aux objets mathématiques.

La géométrie dynamique permet également d'appréhender la construction dimensionnelle des formes géométriques.

II – Recherche expérimentale.

2.1 - Problématique et méthodologie de la recherche.

La partie théorique et différentes enquêtes (évaluation internationale PISA¹ de 2003), sous-entendent que les taux de réussite des élèves d'école primaire en géométrie ne sont pas aussi élevés qu'ils le devraient (comparaison avec d'autres pays, notamment européens). Il convient donc de déterminer les causes de ces résultats de la discipline géométrique.

Les causes ne peuvent provenir que de la manière d'enseigner. Ici, nous essaierons de démontrer que les supports pédagogiques influencent l'attention, la compréhension et la concentration des élèves. Le but de cette recherche expérimentale est de savoir, précisément,

¹ Programme International pour le Suivi des Acquis des élèves.

si le mode de support (deux dimensions : 2D ou trois dimensions : 3D) influence la réussite et l'attention de l'élève dans l'apprentissage de la géométrie.

Problématique :

Quelle est l'influence des supports pédagogiques sur l'attention et sur la représentation mentale des élèves dans l'apprentissage de la géométrie spatiale à l'école primaire ?

La réponse à cette problématique peut supposer des solutions opposées. Nous admettons que l'hypothèse de départ pour cette recherche est la suivante :

Hypothèse :

Lorsque l'apprentissage de la géométrie à l'école primaire est effectué à l'aide du support 3D ou de la représentation plane d'un objet tridimensionnel, les élèves sont plus attentifs et plus concentrés que lors d'un apprentissage utilisant des supports 2D.

Les conséquences liées à cette hypothèse sont une meilleure performance aux exercices et une meilleure compréhension en géométrie de la part des élèves.

Afin de tester cette hypothèse, différentes étapes vont se succéder. D'abord, un prétest va évaluer les connaissances géométriques des élèves. Ensuite, ces derniers réalisent un exercice pour lequel ils doivent compléter les cartes d'identités de différents objets géométriques. Cet exercice permet d'évaluer la performance des élèves en géométrie dans l'espace en fonction de trois supports différents (support 2D, support 3D, représentation plane d'un objet tridimensionnel - support numérique). Une grille d'observation du comportement est également remplie au moment de cette seconde étape. La grille d'observation évalue l'attention des élèves au cours de la tâche, elle est établie selon six critères (les déplacements, les activités motrices – la posture, les activités liées aux autres, le regard, le bruit, et les activités liées à la tâche). Enfin, les élèves répondent à un questionnaire sur la motivation qu'ils éprouvent à travailler en fonction de chacun des supports précédemment cités.

2.2 - Expérience.

2.2.1 - - Méthode.

Ce protocole de recherche a été réalisé pour être appliqué à l'école élémentaire, il intervient en cycle 2 et plus particulièrement au niveau du Cours Élémentaire première année (CE1).

2.2.1.1 - Tâche

Ce protocole de recherche utilise un exercice de géométrie spatiale dans le but de déterminer l'attention des élèves lorsqu'ils doivent se représenter mentalement des objets géométriques spatiaux. Dans cet exercice, les élèves doivent remplir la carte d'identité de plusieurs objets (cube, pavé droit, sphère, cylindre, pyramide). Pour chaque objet, il y a trois cartes d'identité à remplir : une première est remplie grâce à l'observation d'un objet en 2D, le deuxième est le résultat de l'observation d'un objet en 3D, et la dernière témoigne de l'observation d'une représentation plane d'un objet tridimensionnel. Pour réaliser la tâche, les élèves doivent nommer le solide qui leur est présenté, et trouver le nombre de faces, d'arêtes et de sommets de ce dernier.

La réalisation de la tâche suppose certains prérequis : les élèves doivent connaître le vocabulaire approprié à la géométrie dans l'espace : arêtes, sommets, faces et le nom des principaux solides.

2.2.1.2 - Matériel :

Le matériel nécessaire à la réalisation de l'expérience est le suivant :

Pour le prétest :

- fiche élève à remplir (*cf annexe 1*)
- un ordinateur équipé du logiciel Géoplan – Géospace
- des objets en bois

- un tableau.

Pour la tâche :

- quinze cartes d'identité à remplir (une par objet et pour chaque support). (*cf annexe 2*)
- un ordinateur équipé du logiciel Géoplan – Géospace (*cf annexe3*)
- des objets en bois (*cf annexe 4*)
- une feuille A4 sur laquelle des objets en 3D sont dessinés (*cf annexe 5*)
- grille d'observation pour la classification et la description des comportements d'attention et d'inattention à la tâche des élèves. (*cf annexe 6*)

Pour le questionnaire :

- questionnaire de motivation (*cf annexe 7*)

2.2.1.3 - Sujets

Cette expérience se base sur le comportement et la performance de vingt-et-un élèves, dont onze garçons et dix filles. Ces élèves sont âgés de 6 à 8 ans.

2.2.1.4 – Variables.

Dans ce protocole de recherche, plusieurs variables, dépendantes et indépendantes interviennent :

- **Variables dépendantes** : la concentration et l'attention des élèves. Ces deux variables seront mesurées en fonction du nombre de comportements inattentifs et du nombre de comportements attentifs (résultats de la grille de comportement), de la performance à la tâche et des réponses au questionnaire de motivation.
- **Variables indépendantes** : le type de support : 2D ou 3D ou représentation plane d'objet tridimensionnel ; et les caractéristiques des différents supports pédagogiques (ordinateur, papier, manipulation). Les différents types de support ne seront pas croisés avec les différents supports pédagogiques. C'est-à-dire que l'expérience se base sur trois axes d'observation :

- type de support : 2D ; support pédagogique : papier.
- type de support : 3D ; support pédagogique : objets à manipuler.
- type de support : représentation plane d'objet tridimensionnel ; support pédagogique : ordinateur (numérique).

2.2.1.5 – Procédure

D'abord l'ensemble des élèves va être sujet à un pré-test. Ce dernier se déroule six jours avant la réalisation de la tâche. Ce pré-test évalue les compétences de maîtrise des formes géométriques et l'attention visuelle des élèves. Etant donné que le protocole intervient en Cours Élémentaire première année, un point scientifique sur le vocabulaire de la géométrie spatiale est réalisé la veille du prétest. Il est donc admis que les connaissances des sujets sont suffisantes pour passer ce pré-test.

L'enseignant montre différents objets à l'ensemble de la classe. Ces objets sont soit, en bois/plastique, soit dessinés au tableau, ou alors montrés via l'écran d'un ordinateur. Les élèves doivent écrire le nom de l'objet qu'ils voient (*exemple : n°1 : cube*). Il y a quinze objets (trois cubes : un au tableau, un en bois/plastique, un sur ordinateur ; trois pavés droits ; trois cylindres ; trois pyramides ; trois sphères). La consigne donnée est la suivante : « *Vous devez écrire le nom des objets que je vous montre* ».

Ensuite, les élèves doivent réaliser la tâche du protocole de recherche. Dans un souci de périodicité, l'exercice va se dérouler en deux matinées avec un roulement de trois groupes pour chaque matinée. Ainsi, chaque groupe réalise la tâche en deux fois vingt minutes.

Consigne : « *Vous devez remplir des cartes d'identité. Pour chaque objet, vous allez écrire son nom, le nombre de face, le nombre d'arête et le nombre de sommet qu'il a* ».

Matinée 1 : Les élèves doivent remplir neuf cartes d'identité : trois pour le cube (une pour le support 3D, une pour le support numérique et une pour le support 2D), trois pour la sphère et trois pour la pyramide régulière à base triangulaire.

Matinée 2 : Les élèves doivent à remplir six cartes d'identité (celles du pavé droit et du cylindre).

Afin de s'assurer de l'individualité du travail, les élèves sont placés par l'enseignant. Aussi, pour ne pas être la cible d'un effet d'ordre, les objets sont présentés selon l'ordre suivant :

- cube : 2D, 3D, numérique
- sphère : 3D, 2D, numérique
- pyramide : numérique, 2D, 3D
- pavé droit : 2D, numérique, 3D
- cylindre : 3D, 2D, numérique

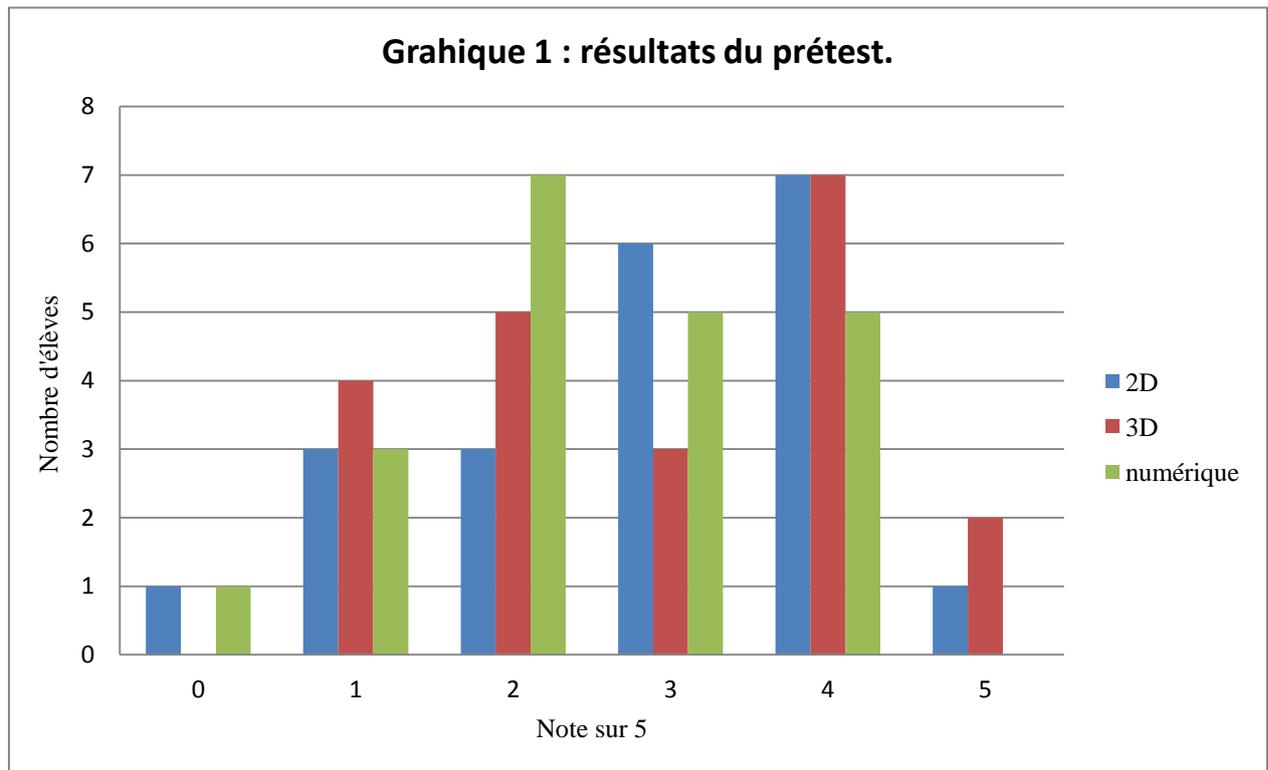
Enfin, à la suite des trois ateliers, les élèves (à l'aide de l'enseignant) remplissent un questionnaire de motivation. Ce questionnaire est nécessaire puisque les différents supports ne suggéreront pas la même motivation chez les élèves (en effet, on peut penser qu'un élève sera plus motivé pour travailler sur un ordinateur que de réaliser un même exercice sur feuille). On peut en déduire que certains supports peuvent être synonymes de meilleure réussite à l'exercice grâce à la motivation de l'élève pour ce support et non grâce au type et à la caractéristique du support. C'est pourquoi la motivation ne doit pas être oubliée et doit être prise en compte dans l'analyse des données.

Le questionnaire demande aux élèves de préciser le support avec lequel ils préfèrent travailler en géométrie. Ils devront également signaler le type de support qu'ils ont le moins apprécié. Enfin, ils doivent argumenter chacun de leur choix.

2.2.2 - Résultats.

Les résultats de cette expérimentation sont présentés en fonction de chacune des parties du protocole de recherche. Ce sont les résultats du prétest qui seront d'abord présentés, puis les résultats de la performance à la tâche et ceux de la grille d'observation suivront. Enfin, une synthèse des réponses au questionnaire de motivation sera exposée.

2.2.2.1 – Résultats du prétest.



À la suite du prétest, chaque feuille d'exercice a été ramassée et analysée. Pour le support pédagogique papier (type : 2D), on peut observer que quatorze élèves sur vingt-et-un obtiennent une note entre 3 et 5 (sur 5). Douze élèves sur vingt-et-un obtiennent entre 3 et 5 (sur 5) pour l'exercice sur le support 3D. Enfin, dix élèves sur vingt-et-un ont entre 3 et 5 (sur 5) lors du travail sur le support numérique.

Aussi, les meilleures performances, c'est-à-dire une note de 4 ou 5 (sur 5), sont obtenues avec les supports 3D et 2D. Avec le support numérique, aucun élève ne réussit totalement la tâche, contrairement aux deux autres supports.

Il faut souligner qu'avec le support 3D, tous les élèves ont au moins 1 sur 5 ; alors que pour les deux autres supports, au moins un élève a une note de 0 sur 5. Ces résultats précisent qu'avec l'utilisation du type de support 3D, aucun élève n'éprouve de difficultés totales.

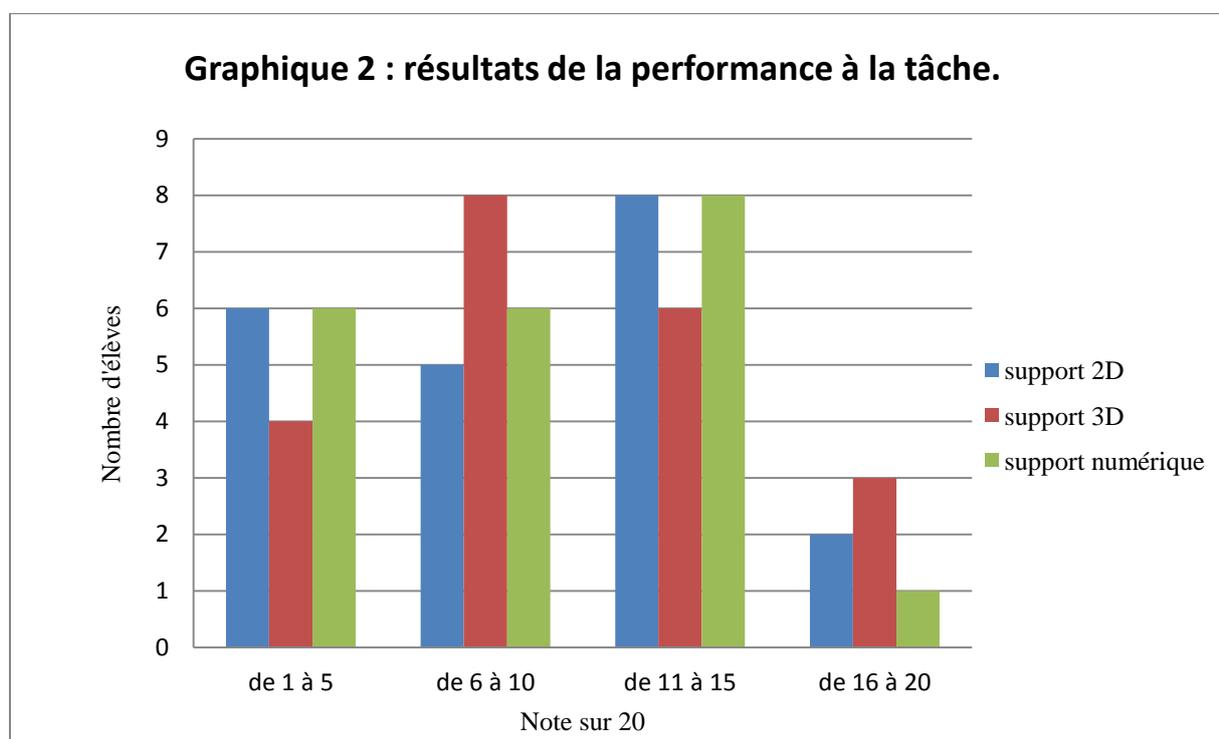
Tableau 1 : moyennes et écarts types du prétest en fonction du support.

	Support 2D	Support 3D	Support numérique
Moyenne (sur 5)	2,86	2,90	2,48
Ecart type	1,31	1,34	1,17

En moyenne, on peut souligner que les élèves sont plus performants lorsqu'ils travaillent la géométrie spatiale à l'aide d'un support 3D. En revanche, ils sont moins performants lorsque le support de travail est numérique

Il est important de souligner que les écarts entre les moyennes de chacun des supports sont assez faibles.

2.2.2.2 – Résultats de la tâche.



Après la réalisation de la tâche, les exercices des élèves ont été analysés et évalués. Il en a été déduit que lors du travail avec le support 3D, huit élèves (sur vingt-et-un) ont une note entre 6 et 10 (sur 20) ; or pour les travaux avec les supports 2D et numérique, à chaque

fois, huit élèves (sur vingt-et-un) ont une note entre 11 et 15 (sur 20).

Il faut également précisé que c'est avec le support 3D qu'il y a le plus de note entre 16 et 20 (sur 20), mais aussi le moins de note entre 1 et 5 (sur 20). Encore une fois, le type de support 3D ne laisse aucun élève devant une difficulté absolue, il permet même à quelques élèves de performer pleinement.

Tableau 2 : moyennes et écarts types de la tâche en fonction du support.

	Support 2D	Support 3D	Support numérique
Moyenne (sur 20)	9,67	9,71	9,19
Ecart type	5,12	5,17	4,52

En moyenne, on aperçoit que les élèves sont plus performants sur une tâche effectuée avec un support 3D. Mais c'est encore avec le support numérique que la performance des élèves à la tâche est la plus faible.

Encore une fois, les écarts entre les moyennes de chaque type de support sont faibles.

En général, les résultats obtenus au prétest et ceux obtenus lors de la réalisation de la tâche convergent dans le même sens.

2.2.2.3 – Résultats de la grille de comportement.

Les grilles de comportement ont été remplies à l'aide des vidéos prises pendant la réalisation de la tâche. L'ensemble des items de la grille ont permis d'évaluer le nombre de comportements attentifs, et inattentifs, pendant la réalisation de la tâche et en fonction de chacun des supports. (*cf annexe 8*)

Pour une vision claire de cette grille, un tableau reprenant seulement le nombre de comportements attentifs et le nombre de comportements inattentifs en fonction de chaque support, est présenté ci-dessous.

Tableau 3 : nombre de comportements attentifs et inattentifs en fonction du support.

	Support 2D	Support 3D	Support numérique
Nombre de comportements attentifs	64/84	63/84	55/84
Nombre de comportements inattentifs	23/105	16/105	18/105

A la lecture de ce tableau, on peut affirmer qu'il y a moins de comportements inattentifs lorsque la tâche est réalisée avec le support 3D. Aussi le nombre de comportements attentif le plus grand est représenté lors du travail avec le support 2D. Il faut ajouter que le travail avec le support 3D provoque un nombre important de comportement attentifs (seulement un de moins qu'avec le support 2D).

Plus en détail, la grille d'observation a permis d'évaluer différents comportements en fonction de chaque support.

D'abord, seul un déplacement a été relevé durant la réalisation de la tâche avec le support numérique. On peut dire que les deux autres supports (3D et 2D) permettent de captiver les élèves au point d'éviter tout déplacement.

Cependant, pour chacun des supports 3D et numérique, deux élèves ont réalisé des activités non liées à la tâche. Pour le support 2D, ce sont trois élèves qui ont effectué une autre activité. Donc on peut en déduire que c'est le support 3D qui génère chez les élèves le plus de comportement attentifs en fonction des critères de déplacements et d'activités motrices non liées à la tâche.

Ensuite, un seul élève à parler à un de ses camarades, d'un autre sujet que la tâche à réaliser, et ce, pendant la réalisation de la tâche avec le support 2D. Les autres supports n'ont provoqué que des comportements attentifs, pour ce critère. Les types supports 3D et numérique ont donc capté l'attention des élèves dans sa totalité, en ce qui concerne le critère : « l'élève parle à un de ses camarades, d'autre chose que de la tâche ».

En ce qui concerne le critère du regard, plusieurs remarques sont à établir. Pour les types de supports 2D et 3D, à chaque fois, trois élèves observent autre chose que la tâche. Mais ici, c'est avec le support numérique que les élèves sont le moins attentifs : cinq élèves regardent ailleurs. Mais ce critère doit être modéré, puisque la contrainte matérielle d'un ordinateur pour un groupe d'élève a abondamment influencé les observations. (cf 2.2.3 – *Discussion des résultats*)

Il faut ajouter que c'est le support 2D qui est le témoin du plus grand nombre de copiage entre pairs : onze élèves copient, contre neuf pour le support 3D, et sept avec le support numérique. Le copiage entre pairs est un témoin qui permet de relever la difficulté de l'exercice lorsque le support pédagogique est le papier. En effet, les élèves ne sont pas sûrs de leurs représentations mentales, ou n'arrivent pas à représenter mentalement les objets qui leur sont présentés. Ainsi, ils s'aident des travaux de leurs camarades.

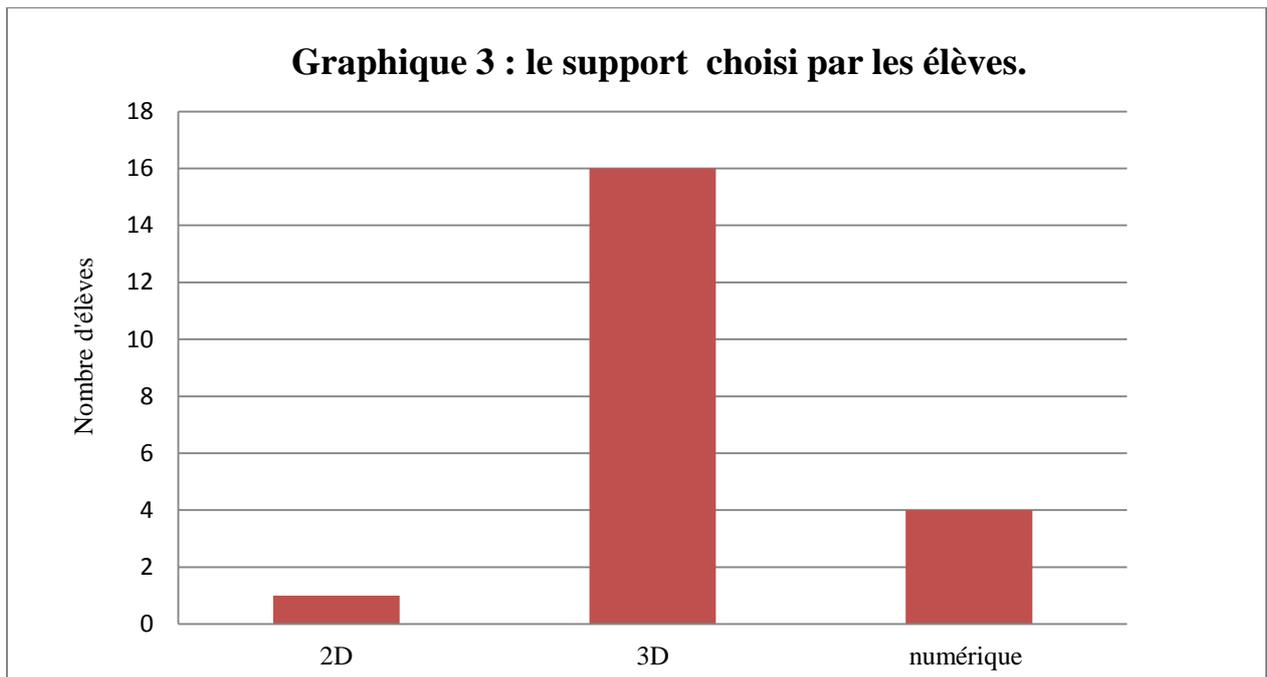
Aussi, pour les observations qui concernent le critère du bruit, il est relevé que seulement deux élèves font du bruit lorsque la tâche est réalisée avec le type de support 3D. En revanche, ce sont quatre comportements inattentifs qui sont relevés pour ce critère avec le support numérique. Les analyses montrent que le support 2D se situe entre les deux précédents. Ici, le type de support 3D est une nouvelle fois celui qui saisit au mieux l'attention des élèves.

Enfin, avec le support numérique, les élèves n'ont pas le temps de terminer la tâche (sept élèves ne terminent pas), contrairement au support 3D (seulement un élève ne termine pas) et au support 2D (trois élèves). Les élèves vont plus vite pour compter lorsqu'ils ont l'objet entre les mains. En effet, ils peuvent poser les doigts sur les faces, ou arêtes, ou sommets. Alors que pour les autres supports il est plus compliqué de savoir ce qui représente une face et ensuite l'élève doit trouver une méthode pour ne pas compter plusieurs fois une même face.

2.2.2.4 – Résultats du questionnaire.

Le questionnaire sur la motivation soumis aux élèves pose deux questions. Ces dernières se renseignent d'une part, sur la préférence des élèves en ce qui concerne le support de travail en géométrie dans l'espace, et d'autre part, sur le support de travail qu'ils aiment le moins pour travailler dans le même domaine. Contrairement aux résultats du prétest et de la tâche, les résultats du questionnaire, sont plus tranchés. Ils soumettent des idées claires et

précises sur les préférences des élèves.



Les élèves ont majoritairement choisi le support 3D comme étant le meilleur outil de travail.

Ils expliquent leur choix de plusieurs raisons :

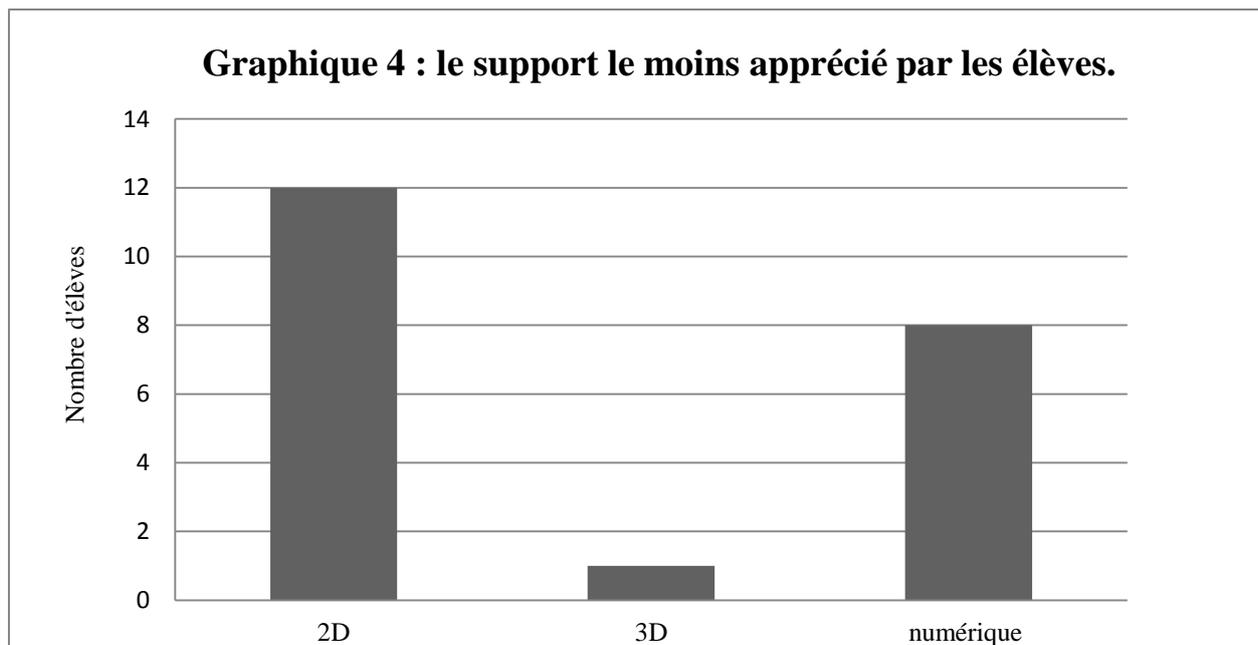
- c'est plus facile de compter quand on peut toucher. (poser son doigt sur la face).
- le plaisir de tenir l'objet dans ses mains (motivation).

Le second support favori est le support numérique. Les justifications des élèves sont semblables, c'est la motivation qui entre en jeu :

- j'aime bien l'ordinateur
- j'aime bien jouer à l'ordinateur.

Le support numérique est assorti d'un aspect motivationnel fort. En effet, les élèves voient un intérêt ludique à travailler avec ce type d'outil. Pourtant, ce n'est pas le type de support préféré des élèves, comme il l'avait été envisagé lors de la construction du protocole de recherche.

La contrainte matérielle influence à nouveau les observations de cette expérimentation (*cf* 2.2.3 – *Discussion des résultats*). Mais la portée de cette contrainte qu'a été le manque de matériel informatique, ne s'est pas étendue à l'ensemble des sujets. D'ailleurs le graphique suivant en fait encore la preuve.



Le support que les élèves ont le moins apprécié pour réaliser la tâche est le support 2D, et ce, pour différentes raisons :

- on ne voit pas tout.
- parce que c'est trop loin pour compter (en parlant du tableau).
- on ne peut pas toucher (tableau et feuille).

Il est important de souligner que pour huit élèves (sur vingt-et-un), le support numérique n'est pas convaincant. Selon ces élèves c'est avant tout pour une question de temps et de vision (un seul ordinateur par groupe, (cf 2.2.3 - *Discussion des résultats*). Mais certains élèves précisent aussi qu'il est compliqué de reconnaître les solides à l'ordinateur. Cette difficulté à se représenter mentalement les objets présentés via un écran d'ordinateur est due au fait que cette présentation est avant tout plane, il faut donc faire un effort pour voir les volumes et reliefs. Cet effort est alors synonyme de surcharge cognitive.

2.2.3 – Discussion des résultats.

Les résultats ne correspondent pas toujours à ceux attendus (en fonction de l'hypothèse de départ). Plusieurs éléments viennent modérer la prise en compte des résultats de chacune des parties du protocole de recherche.

Le prétest.

Le prétest permettait avant tout de connaître le niveau des élèves en géométrie spatiale. Mais il a également permis d'évaluer leur performance en fonction du support de travail. On aperçoit déjà que le support 3D est bénéfique dans le travail de la géométrie dans l'espace. En effet, les meilleures performances sont atteintes grâce à ce support.

En revanche, le support numérique montre dès le prétest qu'il n'est pas adapté dans ce domaine. Il faut tempérer ce discours puisqu'il est évident que les élèves ont déjà eu l'occasion de manipuler des objets géométriques (3D) et d'en voir (2D). Cependant, il est probable que le prétest ait été leur première occasion de voir des objets géométriques sur un logiciel de géométrie dynamique tel que Géoplan-Géospace. La reconnaissance des objets est donc moins évidente et la conséquence est une mauvaise performance à l'exercice du prétest lorsque l'observation est effectuée avec une représentation plane d'un objet tridimensionnel. Il aurait été nécessaire de laisser plus de temps aux élèves pour la reconnaissance des objets avec le support numérique qu'avec les supports 3D et 2D. Ce temps supplémentaire aurait permis aux élèves de s'approprier la disposition des objets géométriques sur un tel logiciel.

La performance à la tâche et l'attention pendant la tâche.

C'est avec le support 3D que les élèves ont été les plus performants. En revanche, la grille de comportement souligne que l'attention des élèves est plus soutenue lors du travail avec le support 2D qu'avec les deux autres supports. Plusieurs éléments viennent interférer ces résultats.

D'abord, les trois groupes d'élève ne sont pas égaux (huit élèves, sept élèves et six élèves). Ces groupes ont été formés en début d'année et ont l'habitude de fonctionner en ateliers. Dans un souci d'emploi du temps, les groupes sont restés les mêmes. Cependant, chaque groupe n'ayant pas le même nombre d'élèves, l'attention au sein de chacun des groupes n'est pas la même.

Aussi, lors de la première matinée, chaque groupe a travaillé dans la classe, à côté d'un autre groupe qui travaillait en art plastique. Il faut souligner que le climat de classe n'a pas été favorable (bruyant) à la réalisation de la tâche durant cette matinée. La deuxième matinée

s'est déroulée différemment, puisque le groupe d'élève qui réalisait la tâche était seul (avec l'enseignant) à la bibliothèque, au clame. D'ailleurs, des résultats plus détaillés illustrent ce changement de lieu de travail puisque la performance et l'attention sont plus élevées, pour chaque groupe lors de cette seconde matinée.

Ce changement de lieu a également changé la disposition spatiale. Pendant la première matinée, les élèves étaient en ligne (une ligne de deux élèves, puis deux lignes de trois élèves, en moyenne). A la bibliothèque, lors de la deuxième matinée, les élèves étaient assis autour d'une grande table. Cette modification eu un double intérêt : d'une part, le climat de classe était plus propice à la réalisation de la tâche (moins de bruit et moins de distraction visuelle), et d'autre part, travailler à la bibliothèque a motivé les élèves, qui se sont plus investis dans la tâche qui leur était demandée.

Cette disposition a aussi facilité le travail avec le support numérique. En effet, lorsque les élèves étaient en ligne, l'enseignant passait devant chaque élève avec l'ordinateur. Cette situation n'est absolument pas adaptée à la réalisation de la tâche. Mais lors de la deuxième matinée, l'ordinateur était posé sur la table et chacun des élèves pouvait regarder, autant de fois que nécessaire, les objets géométrique sur le logiciel. Cependant, ces deux options ne sont pas réellement convaincantes, pour réaliser ce protocole de recherche convenablement, un ordinateur par élève aurait été nécessaire.

Ces différents éléments ont évidemment agit sur les résultats de l'expérience. On peut penser que si le climat de classe et les conditions matérielles avaient été adaptés au protocole de recherche, les résultats auraient été plus marqués et plus discriminant entre les différents supports.

Le questionnaire.

Les résultats relevés avec le questionnaire dépendent essentiellement des conditions de classe évoquées pendant la réalisation de la tâche, mais ils dépendant également de la motivation des élèves à travailler sur un support particulier.

On ressent la motivation de certains élèves à travailler avec un ordinateur, puisqu'ils écrivent que c'est leur support préféré, en justifiant comme ceci : « parce que j'aime faire des jeux sur l'ordinateur ».

Mais cette motivation n'a pas été aussi importante qu'elle l'avait été envisagée. En effet, le manque de matériel numérique n'a pas permis que chaque élève ait un ordinateur, ils ne se sont donc pas appropriés le support. Ils ont en majorité écrit qu'ils n'avaient pas apprécié ce support parce qu'ils n'avaient pas le temps. Ils ne pouvaient pas passer leurs doigts sur les figures (comme ils l'ont fait avec les autres supports), puisqu'ils devaient se partager un ordinateur pour l'ensemble du groupe. Les élèves ont découvert le support numérique et plus particulièrement les logiciels de géométrie dynamique, mais ils n'ont pas pu appréhender ce type de support à leur convenance. Les conditions matérielles ont été un frein réel à la réalisation de ce protocole de recherche.

Malgré ces remarques, il faut préciser que lorsque les élèves ont remplis le questionnaire, le climat de classe était favorable. Il n'y a donc pas eu d'incompréhension aux questions puisqu'elles ont été expliquées autant de fois que nécessaire. Aussi, ils ont pu exprimer ce qu'ils pensaient puisque le vocabulaire dont ils avaient besoin leur était fournis.

A la suite de cette expérience, on peut déduire que le support numérique a un aspect motivationnel important, mais qu'il n'est pas réellement adapté à l'étude de la géométrie dans l'espace par des élèves âgés de 6 à 8 ans. En effet ces élèves découvrent les logiciels de géométrie dynamique. Il est nécessaire de faire un travail important sur la découverte et l'appropriation de ces logiciels avant de les utiliser pour étudier des notions de la géométrie dans l'espace. Seuls des élèves plus entraînés à travailler avec les logiciels de géométrie dynamique peuvent étudier la géométrie spatiale avec le support numérique.

Le support 3D est déjà connu des élèves. Aussi ce support nécessite moins d'effort puisque la construction de l'objet est déjà réalisée. Mais ce support induit tout de même une certaine charge de travail (*exemple : ne pas compter plusieurs fois une même face*).

Les bonnes performances ainsi que les signes d'attention qui ont été relevés lors de cette expérimentation prouvent que le support pédagogique du type 3D est tout à fait adapté à l'enseignement de la géométrie spatiale à l'école primaire. Ce type de support donne du sens aux apprentissages et attire l'attention des élèves. Il permet donc une meilleure réussite dans le domaine de la géométrie dans l'espace.

Enfin, le support 2D nécessite plus d'attention de la part des élèves parce qu'ils doivent construire une image mentale de l'objet, ce qui prend du temps, et sollicite de la

concentration. Ceci explique pourquoi les élèves sont plus attentifs lorsqu'ils travaillent avec le support 2D. On peut aussi expliquer la performance qui est moins grande que celle avec le support 3D. En effet, construire une image mentale d'un objet géométrique est difficile et peut entraîner une surcharge cognitive, à l'insu de laquelle un certain nombre d'erreurs est réalisé.

On peut déduire de cette expérimentation que le support pédagogique de type 2D n'est pas à proscrire de l'enseignement de la géométrie à l'école. En effet, il fait preuve de résultats convenables. C'est sa fréquence d'utilisation qui doit être remise en cause. Pour pouvoir se représenter mentalement des objets géométriques, les élèves doivent d'abord réaliser à quoi correspondent ces objets, dans l'espace. C'est pourquoi le travail préliminaire (de découverte), mais aussi le travail d'apprentissage (compréhension, appropriation) doit être effectué avec des objets à manipuler. Lorsque les connaissances et compétences des élèves sont suffisantes, alors, ils peuvent retranscrire ces savoirs dans le plan.

CONCLUSION

Le type de support pédagogique utilisé lors de l'étude de la géométrie spatiale influe sur la compréhension et les représentations mentales que se font les élèves des objets géométriques. Cette étude explique que certains supports sont plus adaptés que d'autre pour étudier la géométrie à l'école. En effet, les supports 2D et 3D mettent en valeur la performance et l'attention des élèves. Mais c'est le support 3D, qui, aux yeux des élèves, est le support privilégié pour étudier la géométrie dans l'espace.

En revanche, le support numérique est plutôt paradoxal. Il suggère une certaine motivation chez les élèves puisqu'il s'apparente presque à un jeu. Cependant, la performance des élèves est pauvre lorsqu'ils utilisent l'ordinateur pour travailler sur les caractéristiques des objets géométriques. Il est donc préférable de faire intervenir ce support dans l'étude de la géométrie spatiale, seulement lorsque les élèves savent clairement réaliser des représentations mentales, ou lorsque l'étude se situe au niveau des propriétés géométriques. Ce support peut donc être utilisé à partir du collège et éventuellement au cycle 3, en découverte.

D'après ces résultats, on peut écrire qu'une partie de l'hypothèse de départ était juste. En effet, cette expérience a prouvé que l'utilisation d'un support 3D lors d'une séance d'apprentissage en géométrie, provoque une meilleure attention et donc une meilleure performance des élèves. En revanche, en ce qui concerne le numérique, l'hypothèse est fautive. La représentation plane d'un objet tridimensionnel à l'aide du numérique n'augmente en rien l'attention des élèves et n'est pas non plus le facteur d'une meilleure performance.

Ce travail de réflexion doit permettre aux enseignants de construire des apprentissages mis en œuvre avec des supports adaptés à l'étude de la géométrie dans l'espace. Ces supports permettent de donner du sens à ce domaine des mathématiques, il est donc important de les utiliser.

Ainsi, choisir le bon support lors de sa préparation de classe est nécessaire. En effet, ce choix est intimement lié à la réussite des élèves puisqu'il peut être source de facilité, ou bien source de difficulté et de surcharge cognitive.

BIBLIOGRAPHIE

Boujon, C & Quaireau, C. (1997) *Attention et réussite scolaire*, Paris, Dunod

Lachaussée, D. (2008) *Géométrie à l'école (cycle 2 et 3)*, Scérén CRDP Académie d'Amiens

Leconte, C. (2005) « L'attention est-elle éducable ? », *ANAE*, 82, 108-112

Compte rendu des Journées départementales du 21 et 22 novembre 2006, atelier géométrie, académie de Créteil.

Hillairet de Boisferon, A. (2010) *Apprentissage multisensoriel de lettres et de formes abstraites chez les jeunes enfants et les adultes*, Thèse, Université de Grenoble.

Gentaz, E., Bara, F, Palluel-Germain, R, Pinet, L, Hillairet de Boisferon, A. (2009) *Apports de la modalité haptique manuelle dans les apprentissages scolaires (lecture, écriture et géométrie)*, Cahiers Romains de Sciences Cognitives

Piaget, J., et Inhelder, B. (1947), *La représentation de l'espace chez l'enfant*, Paris, PUF

Symmons, M., & Richardson, B. (2000). *Raised line drawings are spontaneously explored with a single finger. Perception.*

Van Hiele, P., (1986). *Structure and insight: to Theory of mathematics Education Academic Press inc., London*

Klatzky, R. L., Lederman, S. J., & Metzger, V. A. (1985). *Identifying objects by touch: An "expert system"*. *Perception & Psychophysics.*

Itakura, S & Imamizu, H (1994). *An exploratory study of mirror-image shape discrimination in young children : vision and touch.* *Perceptual and Motors Skills.*

Annexes

Annexe 1

Prénom :

Quel est ce solide ?

Écris le nom de chaque solide.

n° 1 :

n° 2 :

n° 3 :

n° 4 :

n° 5 :

n° 6 :

n° 7 :

n° 8 :

n° 9 :

n° 10 :

n° 11 :

n° 12 :

n° 13 :

n° 14 :

n° 15 :

Quel est ce solide ?

Écris le nom de chaque solide.

- ✓ n° 1 : cube ...
- ✗ n° 2 : ~~une planisphère~~ sphère
- ✓ n° 3 : un cylindre cylindre
- ✗ n° 4 :
- ✓ n° 5 : pyramide pyramide
- ✓ n° 6 : pavé droit pavé droit
- ✓ n° 7 : pyramide pyramide
- ✓ n° 8 : une sphère sphère
- ✓ n° 9 : un pavé droit pavé droit
- ✓ n° 10 : cylindre cylindre
- ✓ n° 11 : cube ...
- ✓ n° 12 : une sphère sphère
- ✓ n° 13 : pyramide pyramide
- ✓ n° 14 : cylindre cylindre
- ✗ n° 15 : cube pavé droit

Annexe 2

Prénom

Matinée n° 1.

Carte d'identité n°1	
Nom du solide :	
Nombre de face :	
Nombre d'arêtes :	
Nombre de sommets :	

Carte d'identité n°2	
Nom du solide :	
Nombre de face :	
Nombre d'arêtes :	
Nombre de sommets :	

Carte d'identité n°3	
Nom du solide :	
Nombre de face :	
Nombre d'arêtes :	
Nombre de sommets :	

Carte d'identité n°4	
Nom du solide :	
Nombre de face :	
Nombre d'arêtes :	
Nombre de sommets :	

314

Carte d'identité n°1	
Nom du solide :	un cube
Nombre de face :	il y a 6 faces
Nombre d'arêtes :	il y a 12 arêtes 12
Nombre de sommets :	il y a 8 sommets

314

Carte d'identité n°2	
Nom du solide :	un cube
Nombre de face :	il y a 6 face
Nombre d'arêtes :	il y a 12 arêtes 12
Nombre de sommets :	il y a 8 sommets

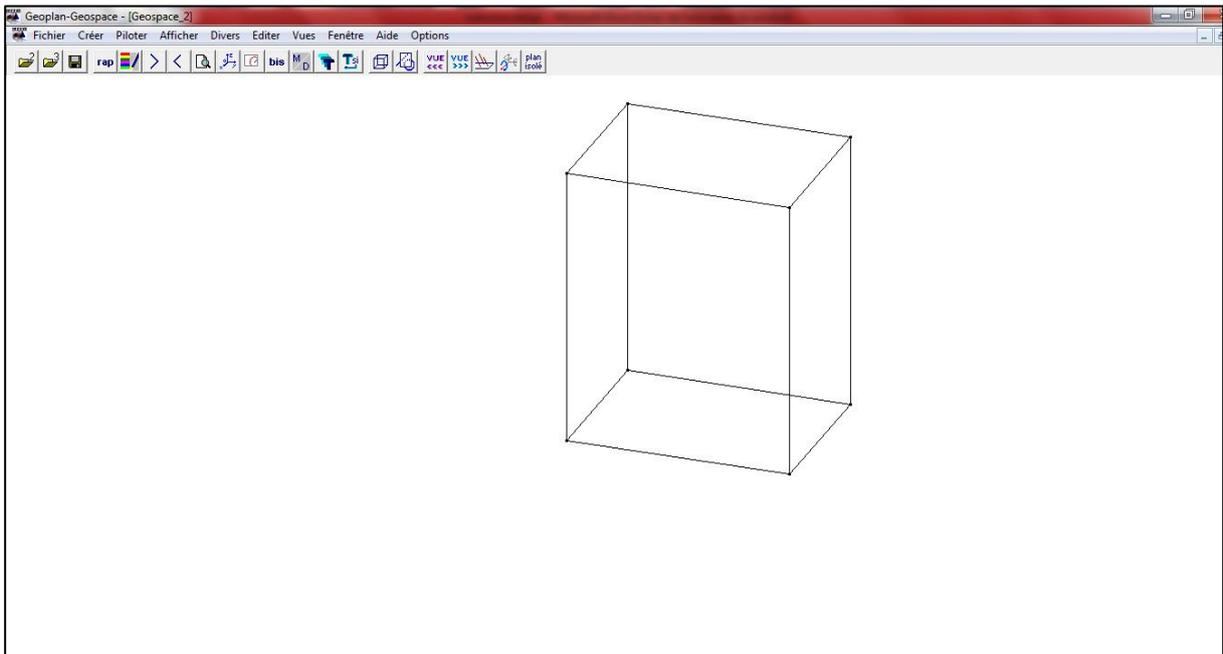
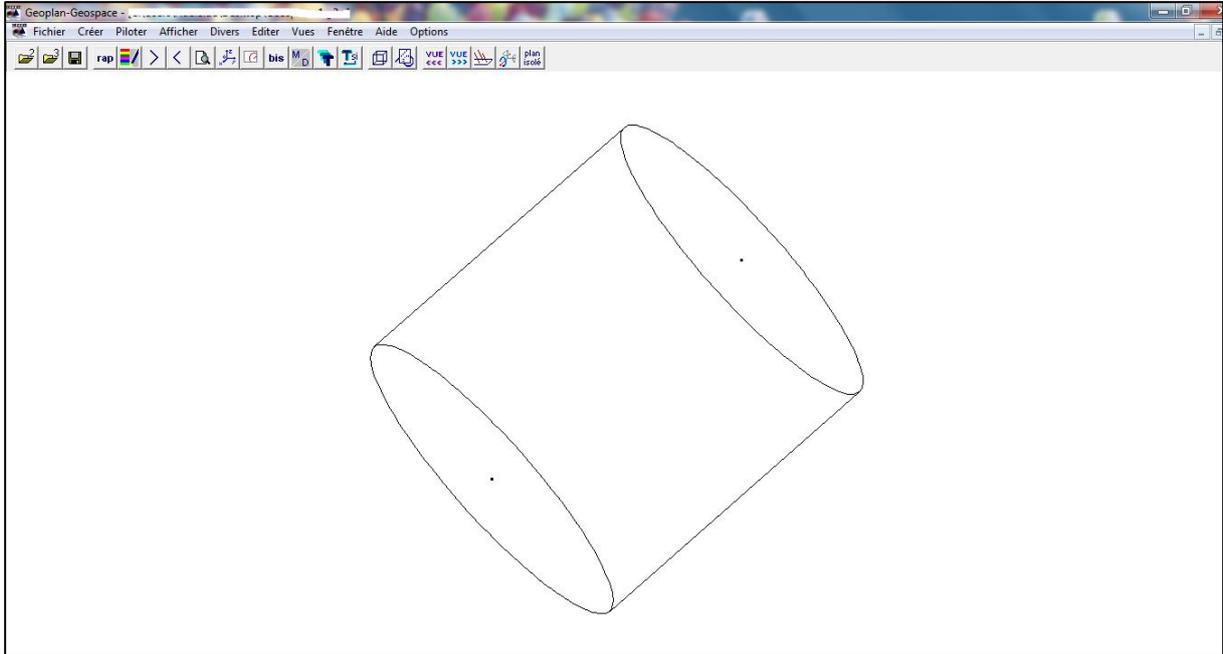
114

Carte d'identité n°3	
Nom du solide :	un cube
Nombre de face :	
Nombre d'arêtes :	
Nombre de sommets :	

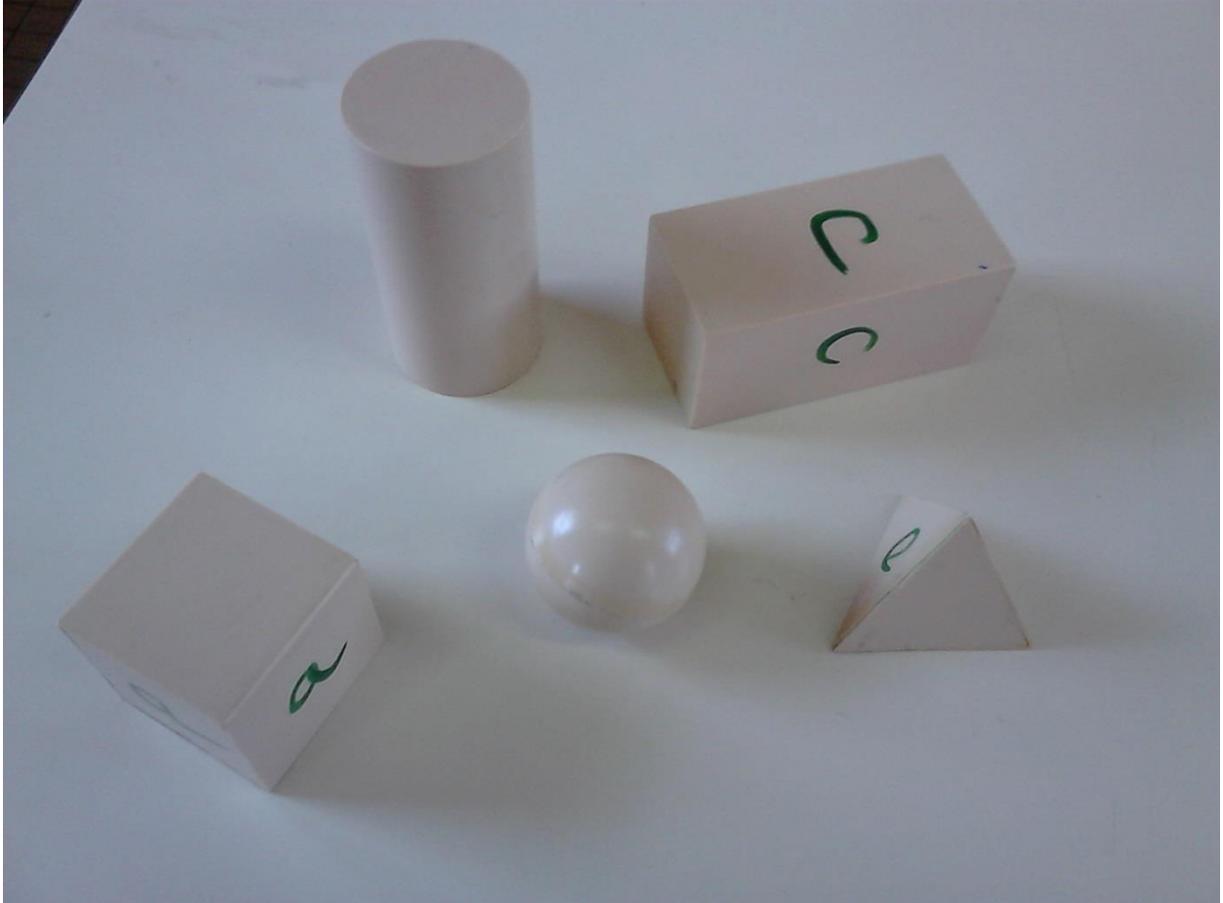
314

Carte d'identité n°4	
Nom du solide :	je ne sais pas sphère
Nombre de face :	0
Nombre d'arêtes :	0
Nombre de sommets :	0

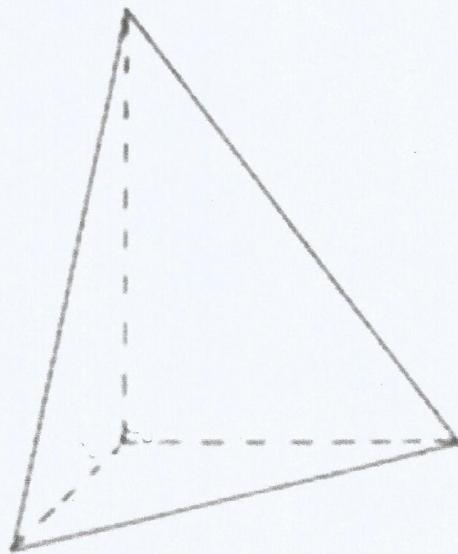
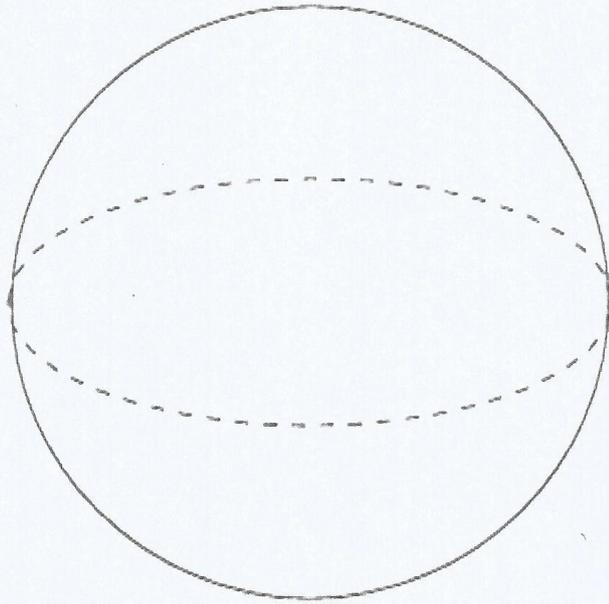
Annexe 3



Annexe 4



Annexe 5



Annexe 6

Grille de comportement

Domaines	Signes d'attention/d'inattention	Elève .1	Elève .2	Elève .3	Elève .4
Déplacements	<ul style="list-style-type: none"> - L'élève reste à l'endroit de la réalisation de la tâche. 	x ✓ x	x x x	x x x	x x x
Activités motrices / posture	<ul style="list-style-type: none"> - L'élève fait une activité autre que celle demandée. 			x	
Activités liées aux autres	<ul style="list-style-type: none"> - L'élève parle à un de ses camarades (aucun rapport avec la tâche à réaliser) 	x			
Regard	<ul style="list-style-type: none"> - L'élève ne regarde pas la tâche (il regarde les observateurs, ses camarades). - L'élève copie sur ses camarades. 		x		x x x
Bruit	<ul style="list-style-type: none"> - L'élève fait du bruit (voix, objet : sans rapport avec la réalisation de la tâche). 	x x	x		
Activités liées à la tâche	<ul style="list-style-type: none"> - L'élève n'est pas en retard dans la réalisation de l'exercice. - L'élève effectue la totalité de la tâche demandée. - L'élève atteint les critères de réussite de la tâche. 	x x x	x x x	x x x	x x x
		x x x	x x x	x x x	x x x
		x x x	x x x	x x x	x x x

Annexe 7

Prénom :

Questionnaire

Quand tu fais de la géométrie, que préfères-tu ?

- Je préfère apprendre quand les solides sont dessinés au tableau ou sur une feuille.
- Je préfère apprendre quand les solides sont dessinés sur un ordinateur.
- Je préfère apprendre quand je peux prendre les solides dans mes mains.

Explique pourquoi tu as fait ce choix :

.....
.....
.....
.....

Qu'est-ce que tu aimes le moins quand tu fais de la géométrie ?

- Je n'aime pas apprendre quand les solides sont dessinés au tableau ou sur une feuille.
- Je n'aime pas apprendre quand les solides sont dessinés sur un ordinateur.
- Je n'aime pas apprendre quand je dois prendre les solides dans mes mains.

Explique pourquoi tu as fait ce choix :

.....
.....
.....
.....

Questionnaire

Quand tu fais de la géométrie, que préfères-tu ?

- Je préfère apprendre quand les solides sont dessinés au tableau ou sur une feuille.
- Je préfère apprendre quand les solides sont dessinés sur un ordinateur.
- Je préfère apprendre quand je peux prendre les solides dans mes mains.

Explique pourquoi tu as fait ce choix :

J'ai fait ce choix parce que je peux mieux contrôler les faces, les arêtes, et les sommets.
J'ai fait ce choix parce que je peux mieux compter les faces, les arêtes, et les sommets.

Qu'est-ce que tu aimes le moins quand tu fais de la géométrie ?

- Je n'aime pas apprendre quand les solides sont dessinés au tableau ou sur une feuille.
- Je n'aime pas apprendre quand les solides sont dessinés sur un ordinateur.
- Je n'aime pas apprendre quand je dois prendre les solides dans mes mains.

Explique pourquoi tu as fait ce choix :

J'ai fait ce choix parce que je n'ai pas le temps de compter les faces, les arêtes et les sommets.

J'ai fait ce choix parce que je n'ai pas le temps de compter les faces, les arêtes et les sommets.

Questionnaire

Quand tu fais de la géométrie, que préfères-tu ?

- Je préfère apprendre quand les solides sont dessinés au tableau ou sur une feuille.
- Je préfère apprendre quand les solides sont dessinés sur un ordinateur.
- Je préfère apprendre quand je peux prendre les solides dans mes mains.

Explique pourquoi tu as fait ce choix :

je préfère quand je les est dans mes mains.
parce que on peut les compter de plus près.
Je préfère quand je les ai dans mes mains
parce qu'on peut compter de plus près.

Qu'est-ce que tu aimes le moins quand tu fais de la géométrie ?

- Je n'aime pas apprendre quand les solides sont dessinés au tableau ou sur une feuille.
- Je n'aime pas apprendre quand les solides sont dessinés sur un ordinateur.
- Je n'aime pas apprendre quand je dois prendre les solides dans mes mains.

Explique pourquoi tu as fait ce choix :

parce que on ne voit pas tout
parce qu'on ne voit pas tout.

Annexe 8

			Nombre de comportements (sur 21 élèves).		
	domaines		Représentation plane d'un objet tridimensionnel	2D	3D
Critère d'attention	Déplacements	L'élève reste à l'endroit de la réalisation de la tâche.	20	21	21
	Activités liées à la tâche	L'élève n'est pas en retard dans la réalisation de l'exercice.	13	19	20
		L'élève effectue la totalité de la tâche demandée.	13	12	11
		L'élève atteint les critères de réussite de la tâche.	9	12	11
Critère d'inattention	Activités motrices/posture	L'élève fait une activité autre que celle demandée.	2	5	2
	Activités liées aux autres	L'élève parle à un de ses camarades (d'autre chose que de la tâche).	0	1	0
	Regard	L'élève ne regarde pas la tâche.	5	3	3
		L'élève copie sur ses camarades.	7	11	9
	Bruit	L'élève fait du bruit.	4	3	2