



HAL
open science

La géométrie : impact des conceptions des enseignants et élèves sur l'enseignement et l'apprentissage

Catherine Cabuzel

► To cite this version:

Catherine Cabuzel. La géométrie : impact des conceptions des enseignants et élèves sur l'enseignement et l'apprentissage. Sciences de l'Homme et Société. 2019. dumas-03415661

HAL Id: dumas-03415661

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03415661>

Submitted on 5 Nov 2021

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.



UNIVERSITÉ DES ANTILLES
ESPE de l'académie de Guadeloupe

Année universitaire 2018-2019

Mémoire de MASTER 2

Pratiques et ingénierie des didactiques
contextuelles

**LA GÉOMÉTRIE : IMPACT DES CONCEPTIONS DES
ENSEIGNANTS ET ÉLÈVES SUR L'ENSEIGNEMENT
ET L'APPRENTISSAGE**

CABUZEL Catherine

Sous la direction de

Antoine DELCROIX

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AESH	Accompagnant des élèves en situation de handicap
CE1	Cours élémentaire 1
CE2	Cours élémentaire 2
CM1	Cours moyen 1
CM2	Cours moyen 2
CNRTL	Centre National des Ressources Textuelles et Lexicales
CP	Cours préparatoire
CAFFA	Certificat d'aptitude aux fonctions de formateur académique
DNB	Diplôme National du Brevet
ESPE	École Supérieure du Professorat et de l'Éducation
MEEF	Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation
PCK	Pedagogical Content Knowledge
PIDC	Pratiques et Ingénieries des Didactiques Contextuelles
PS	Petite section
STMG	Sciences et Technologies du Management et de la Gestion
STS	Section de Technicien Supérieur
TACD	Théorie de l'Action Conjointe en Didactique
TICE	Technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement
TPS	Très petite section
TSD	Théorie des situations didactiques
1 ^{ière} S	Première scientifique
ZPD	Zone proximale de développement

REMERCIEMENTS

Le rythme dans la préparation de ce master a été épique sur les deux années (cours tous les soirs ou presque, même le samedi). À certains moments je n’entrevois pas le bout du tunnel, mais fidèle à mon engagement à aller au bout de tout ce que j’entreprends, j’ai reçu le soutien inconditionnel de ma famille, mon époux et mes trois enfants Stacy, Vanessa et Mona qui m’ont exprimé toute leur fierté de me voir continuer à vouloir me former. Ne serait-ce qu’au nom de ce soutien je me devais de réussir brillamment pour leur donner l’exemple.

J’adresse également mes remerciements au groupe M1 PIF (2017-2018) ; dans les difficultés nous avons su garder un groupe uni. J’ai une pensée pour tous ces enseignants qui ont accepté de me consacrer un peu de leur temps et se soumettre aux entretiens, sans qui ce recueil de données n’aurait été possible, et qui tous les jours font de leur mieux pour la réussite des élèves qui leur sont confiés.

J’adresse mes remerciements à Monsieur Antoine Delcroix pour avoir accepté de me diriger dans le cadre de ce mémoire, pour sa disponibilité, ses conseils avisés, son soutien dans ce travail difficile. Mes remerciements vont également à madame Elisabeth Issaieva pour m’avoir insufflé l’idée d’entreprendre cette formation alors que je terminais la rédaction de mon mémoire pour le CAFFA.

*Le succès est un chemin que la patience
et la persévérance rendent accessible.*

Pierre-Simon Ballanche

Académie Française

Les fragments (1808)

SOMMAIRE

Sommaire	7
Avant-propos	11
1. Introduction.....	13
2. Cadre théorique	15
2.1 Le contenu des programmes	15
2.1.1 L'enseignement des mathématiques au primaire et au collège.....	15
2.1.2 L'enseignement des mathématiques au lycée	17
2.2 Acquisition du raisonnement	19
2.2.1 Trois systèmes pour un cerveau	19
2.2.2 Opérations mentales.....	21
2.2.3 Les recommandations des programmes	30
2.2.4 La place de l'écrit dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques	32
2.3 À propos de la terminologie et des concepts mathématiques	36
2.3.1 Proto et paramathématiques	36
2.3.2 Dessin ou figure ?	37
2.3.3 Preuve ou démonstration ?.....	41
2.3.4 La notion de généricité en mathématiques.....	45
2.3.5 Exemples de travaux d'élèves de première scientifique	47
2.3.6 L'implicite dans l'enseignement des mathématiques	52
2.4 Éléments de contexte chez l'enseignant et l'élève	53
2.4.1 Le modèle PCK.....	53
2.4.2 Le transfert chez l'élève.....	54
2.4.3 Des pratiques qui créent des obstacles cognitifs.....	56
3 Cadre de l'étude	59
3.1 Objet et contexte de l'étude : analyse exploratoire.....	59
3.2 Problématique et hypothèses	65
3.3 Méthodologie.....	67
3.3.1 Étude qualitative : entretiens semi-directifs.....	67
3.3.2 Étude quantitative : questionnaires et tests	74
4 Présentation et Analyse des résultats	77
4.1. Entretiens semi-directifs	77

4.1.1	Présentation des enseignants	77
4.1.2	Résultats autour des noyaux de sens	79
4.2	Questionnaires élèves	114
4.2.1	Présentation des participants	114
4.2.2	Résultats	116
4.3	Tests élèves	148
4.3.1	Présentation des participants	148
4.3.2	Résultats	148
5	Discussion	151
5.1	Discussion au regard des hypothèses.....	151
5.2	Éléments inattendus	154
6	Conclusion	157
7	Bibliographie.....	159
8	Annexes.....	169
	Annexe 1 : Normes ICOR	169
	Annexe 2 : Tableau des noyaux de sens	171
	Annexe 3 : Grille des entretiens semi-directifs avec les enseignants du primaire	175
	Annexe 4 : Verbatims des entretiens semi-directifs avec les enseignants du primaire	181
	Annexe 4.1 : Verbatim enseignant PP1	181
	Annexe 4.2 : Verbatim enseignant PP2	187
	Annexe 5 : Grille des entretiens semi-directifs avec les enseignants de collège et de Lycée	193
	Annexe 6 : Verbatims des entretiens semi-directifs avec les enseignants de collège	201
	Annexe 6.1 : Verbatim enseignant PC1	201
	Annexe 6.2 : Verbatim enseignant PC2	213
	Annexe 7 : Verbatims des entretiens semi-directifs avec les enseignants de lycée	221
	Annexe 7.1 : Verbatim Enseignant PL1	221
	Annexe 7.2 : Verbatim enseignant PL2	243
	Annexe 7.3 : Verbatim enseignant PL3	255
	Annexe 7.4 : Verbatim enseignant PL4	267
	Annexe 8 : Questionnaire élèves du niveau lycée	283
	Annexe 9 : Test élèves du niveau primaire.....	289
	Annexe 10 : Documents officiels	291

Annexe 10.1 Extraits du BO n°30 du 26 juillet 2018 en lien avec l'apprentissage des mathématiques au cycle 2	291
Annexe 10.2 Extraits du BO n°30 du 26 juillet 2018 en lien avec l'apprentissage des mathématiques au cycle 3	297
Annexe 10.3 Extraits du BO n°30 du 26 juillet 2018 en lien avec l'apprentissage des mathématiques au cycle 4	305
Annexe 10.4 Extraits du BO n°18 du 4 Mai 2017 en lien avec l'enseignement de la géométrie en classe de seconde.....	313
Annexe 10.5 Extraits du BO Spécial n°9 du 30 Septembre 2010 en lien avec l'enseignement de la géométrie en classe de première scientifique.....	319
Annexe 10.6 Extraits du BO Spécial n°8 du 13 Octobre 2011 en lien avec l'enseignement de la géométrie en classe de terminale scientifique	325

AVANT-PROPOS

Au moment où j'écris ces pages, j'aurai passé 31 ans à enseigner les mathématiques, d'abord cinq ans en collège puis 26 ans en lycée. Il y a trois ans, j'ai décidé de passer le CAFFA et j'ai été plus sensibilisée aux enjeux de l'enseignement et de l'apprentissage. Non que je ne m'y étais pas intéressée, mais au moment où j'ai passé le concours pour enseigner en 1988, les ESPE n'existaient pas et la formation était organisée par les rectorats dans l'hexagone ; en effet dès la réussite au concours il n'y avait qu'une seule route : la France métropolitaine, et on n'était pas formé à tous ces contenus.

Depuis 2011, j'ai commencé la formation d'adultes au sein de l'académie de la Guadeloupe pour la préparation à la certification complémentaire, puis pour une formation intitulée « Enseigner autrement : innover au collège et au lycée ». Chaque année la réussite des collègues de mathématique à l'examen de certification complémentaire m'encourageait à continuer. En 2017, j'ai préparé le CAFFA et je me suis plus penchée sur le fonctionnement de l'enseignement et celui de l'apprentissage. Pendant toutes ces années, les nombreuses fois où je parvenais à faire réussir mes élèves je ne savais pas à quelle technique l'attribuer et lorsque je ne réussissais pas, j'avais les mêmes interrogations : qu'ai-je raté ?

Nous sommes un peu comme l'élève ; lorsque qu'on réussit, on ne s'épanche pas longtemps sur cette réussite, mais lorsqu'on échoue, c'est l'incompréhension totale. Je ne sais pas si mon attitude récente est à mettre au crédit de cette sagesse vers laquelle je semble me diriger, mais depuis tantôt, j'ai appris à transformer mes échecs en tremplin pour quelque chose de meilleur. Je m'applique à faire comprendre à l'élève qu'il peut apprendre de ses erreurs et transformer l'essai et en comprenant les raisons afin de ne pas reproduire les mêmes erreurs ; comme le dit le Dalaï Lama, « les seules vraies erreurs sont celles que nous commettons à répétition. Les autres sont des occasions d'apprentissage » alors que risque-t-on à commettre chacune de nos erreurs qu'une fois ?

Le travail réalisé à la préparation du CAFFA a été un premier pied à l'étrier pour me plonger dans ce travail de recherche sur les méthodes d'enseignement et d'apprentissage. C'est tout naturellement que je me suis inscrite pour cette formation de Master MEEF dans le parcours PIDC à l'ESPE de l'Université des Antilles-Pôle Guadeloupe. La formation que j'y ai reçue a été très intense, mais surtout extrêmement riche.

J'ai constaté que des gestes qui nous paraissent anodins peuvent avoir une portée capitale sur l'activité de l'élève, et peuvent soit le propulser, soit le pénaliser. C'est à la fois un sentiment de fierté et de plénitude que d'être arrivée au bout de cette formation et espère que ce n'est qu'une porte qui s'ouvre sur plus de connaissances et d'opportunités.

Ce mémoire est l'occasion de me pencher de plus près sur les pratiques professionnelles et voir comment elles influencent l'activité de l'élève dans un domaine que souvent il n'aime pas, la géométrie ; en particulier j'ai souhaité voir si les changements de contexte (matériel ou linguistique) peuvent influencer sa production. L'élève arrive avec son déjà-là, mais quel déjà-là ? Comment l'enseignant prend-il en charge ce contexte intérieur et est-il toujours sensibilisé aux nombreuses opérations mises en jeu dans la résolution d'un problème ? Que dit le prescrit ? Agissons-nous toujours en conformité à ce qui est demandé ?

1. INTRODUCTION

Les mathématiques sont présentes dans la vie d'un enfant depuis son plus jeune âge (Houdé, 2015) pourtant elles posent problèmes parfois très tôt. Ce qui paraît une évidence pour certains enfants devient une tâche insurmontable pour d'autres. Certains enfants grandissent et perçoivent les mathématiques comme quelque chose qui n'est pas à leur portée. Des études récentes ont permis d'identifier des problèmes en particulier en collège. Malgré ces problèmes certains élèves choisissent de poursuivre leur scolarité en section scientifique où ils font de leur mieux. Je discutais avec une professeure des écoles qui me disait garder une bonne image de son cours de mathématiques en lycée car elle avait de bons professeurs. Le but de ce travail n'est pas de discuter sur la valeur professionnelle mais plutôt de s'interroger sur ce qui fait que l'élève puisse garder une bonne image des mathématiques.

La géométrie a toujours été un domaine redouté de la plupart des élèves. Il est vrai que même si, de l'avis des professeurs, l'élève n'aimait pas trop la géométrie, je n'ai plus ce sentiment qu'il traîne les pieds en sachant que la leçon du jour est de la géométrie. Cependant la démonstration reste un sujet délicat car le professeur se plaint souvent du niveau de l'élève lorsqu'il s'agit de faire une démonstration. Le contenu des programmes scolaires a beaucoup évolué et les différents types de raisonnement doivent être abordés avec l'élève en lycée même si aucun chapitre n'y est exclusivement dédié. J'ai constaté que, du côté de l'élève, il y avait une confusion entre les différents concepts liés à la démonstration, mais la question qu'il est légitime de se poser est : lui a-t-on exposé à un moment ou à un autre les différents éléments qui entrent en compte dans la démonstration ? Cette question a retenu notre attention.

L'élève manque souvent d'initiative lorsqu'il s'agit de résoudre un exercice de géométrie. Même si on sait qu'une figure n'est pas toujours indispensable, il faut reconnaître que cela aide beaucoup, même si « voir » n'est pas « démontrer ». Le problème qui se pose est de savoir si l'élève peut faire n'importe quelle figure ? Quel discours doit-on avoir pour qu'il produise la figure attendue ? Est-ce possible à l'élève de comprendre qu'en l'absence de spécificités, il doit prendre des cas génériques, alors que souvent, en cours, ce sont des exemples particuliers qui sont pris, comme par exemple choisir des entiers dans un calcul ? Les gestes professionnels sont-ils toujours adaptés et l'élève ne ferait-il pas que reproduire des gestes qu'il voit se répéter ?

L'objectif de ce mémoire est d'étudier certains aspects de l'enseignement et de l'apprentissage de la géométrie, décrit par Brousseau sous le nom de contrat didactique (1984) ; on reviendra plus en détail sur le contrat didactique. Les figures sont souvent prototypiques par mimétisme ou par facilité. L'un des objectifs est d'étudier cela du côté de l'enseignant ainsi que de l'élève.

Pour résoudre un problème de mathématiques, l'élève sollicite des opérations mentales depuis la lecture de l'énoncé jusqu'à la conclusion finale. Nous souhaitons savoir comment l'enseignant prend-t-il cela en charge ? L'élève identifie-t-il bien ces mécanismes, et dans quelles mesures s'estime-t-il capables de transférer des connaissances lorsque le contexte change ? Le rapport qui existe entre l'enseignant et l'élève au travers du contrat didactique, passe souvent par des non-dits puisque l'enseignant suppose que certaines consignes relèvent de l'évidence alors que parfois l'élève ne dispose pas des codes.

Ce sujet nous semble intéressant puisqu'il interroge les conceptions de l'enseignant et de l'élève sur des questions qui ne sont jamais abordées ouvertement et c'est pour cela que nous avons choisi de nous y pencher.

Dans ce travail, la seconde partie qui suit est consacrée au cadre théorique : les différents concepts utilisés y sont précisés tels que le contenu du prescrit qui se fait par la consultation des programmes officiels, l'acquisition du raisonnement ainsi que la terminologie propre aux mathématiques. Nous terminons cette revue de littérature par la précision des éléments du contexte de l'enseignant et le transfert chez l'élève. Dans la troisième partie, nous précisons la problématique, les hypothèses et la méthodologie qui permet de les instruire. La quatrième partie est dédiée à la présentation et l'analyse des résultats. La discussion suit à la cinquième partie. Les trois dernières parties sont consacrées respectivement à la conclusion, la bibliographie et les documents annexes qui contiennent le matériel issu de nos enquêtes.

2. CADRE THÉORIQUE

2.1 Le contenu des programmes

2.1.1 L'enseignement des mathématiques au primaire et au collège

L'enseignement des mathématiques, et plus particulièrement de la géométrie, se fait dans deux cycles :

- Le cycle 2 encore appelé cycle d'apprentissage des fondamentaux ;
- Le cycle 3 ou cycle de consolidation qui est à cheval sur le primaire et le collège.

2.1.1.1 Le cycle 2 : apprentissage des fondamentaux

Le cycle 2 couvre une période de trois ans allant du CP au CE2. L'objectif de ce cycle est l'apprentissage des savoirs fondamentaux pour lesquels l'apprentissage de la langue est central.

Dans ce cycle il s'agit de « donner du sens » aux savoirs :

« La compréhension est indispensable à l'élaboration de savoirs solides que les élèves pourront réinvestir et l'automatisation de certains savoir-faire est le moyen de libérer des ressources cognitives pour qu'ils puissent accéder à des opérations plus élaborées et à la compréhension »¹.

Les programmes indiquent qu'en mathématiques, en particulier, il est indispensable que l'élève puisse comprendre le sens des opérations. L'apprentissage est explicite et lui permet de comprendre le monde dans lequel il vit. L'élève est amené à manipuler le concret et l'abstrait :

« Au cycle 2, on articule le concret et l'abstrait. Observer et agir, manipuler, expérimenter, toutes ces activités mènent à la représentation, qu'elle soit analogique (dessins, images, schématisations) ou symbolique, abstraite (nombres, concepts) »².

De plus les programmes signalent que dans ce cycle, il existe un décalage important entre ce que l'élève sait et qu'il exprime oralement et ce qu'il est capable de produire à l'écrit ; l'intuition occupe une place importante car les connaissances qu'il a, peuvent provenir en grande partie de la sphère familiale, du jardin d'enfant, du club de sport... L'élève apprend à réaliser des tâches et à justifier sa manière de procéder ainsi que les raisons, ce qui développe son esprit critique non seulement sur sa production mais également sur celle des autres.

¹ Bulletin officiel n° 30 du 26-7-2018, cycle 2, p. 1.

² Ibid.

L'enseignement est articulé autour du socle commun de compétences sur cinq domaines³, à savoir :

Domaine 1 : les langages pour penser et communiquer ;

Domaine 2 : les méthodes et les outils pour apprendre ;

Domaine 3 : la formation de la personne et du citoyen ;

Domaine 4 : les systèmes naturels et les systèmes techniques ;

Domaine 5 : les représentations du monde et l'activité humaine.

Il est très souvent fait mention de découverte du monde ; l'enseignement des mathématiques se fait en prenant sens dans le monde qui entoure l'élève et la résolution de problèmes, dont les énoncés sont issus de la vie courante, est au cœur de l'enseignement. D'après les programmes, les figures géométriques sont très simples, cependant la terminologie est précise et l'élève commence à repérer des éléments particuliers tels que des situations de symétrie, des angles droits, des milieux.

2.1.1.2 Le cycle 3 : consolidation des savoirs et savoir-faire

Le cycle 3 couvre la période de trois ans allant du CM1 à la sixième. L'objectif des programmes en mathématiques est la consolidation des acquis du cycle 2. L'élève apprend à rechercher et trier les informations. L'élève utilise les logiciels pour calculer et s'initier à la programmation. Pour la première fois on voit apparaître l'idée de preuve : « Les mathématiques contribuent à construire chez l'élève l'idée de preuve et d'argumentation »⁴.

Les programmes précisent que dans les recherches, l'élève procède par tâtonnements, essais-erreurs. L'étude des figures géométriques prend son ancrage dans la vie réelle. Cependant, contrairement au cycle précédent où on était dans la reconnaissance des formes, les caractéristiques des figures sont établies par l'usage des outils numériques et de géométrie. L'élève est amené à élaborer progressivement une démarche, et il doit être capable de communiquer sur sa démarche.

Les programmes stipulent que l'élève a acquis suffisamment de connaissances pour que l'activité géométrique se développe de plus en plus : calcul de longueurs, d'angles, d'aires. De

³ Bulletin officiel n° 30 du 26-7-2018, cycle 2, p. 3-7.

⁴Bulletin officiel n° 30 du 26-7-2018, cycle 3.

plus, la validation est basée sur le raisonnement et l'argumentation⁵. On distingue pour la première fois la notion de dessin et de figure comme le montre le passage suivant : « Différentes caractérisations d'un même objet ou d'une même notion s'enrichissant mutuellement, permettent aux élèves de passer du regard ordinaire porté sur un dessin au regard géométrique porté sur une figure »⁶. Cette différence sera débattue un peu plus loin.

2.1.1.3 Le cycle 4 : approfondissement

Le travail fait pendant les cycles 2, 3 et 4 prépare le celui qui sera demandé en lycée. Les programmes préconisent que l'élève puisse mener des raisonnements, en substituant progressivement les heuristiques (Houdé, 2014, p.10) à une réponse réfléchie, construite, organisée. L'élève est confronté à des tâches complexes pour lesquelles il est amené à développer des automatismes, « (corpus de connaissances et de procédures automatisées immédiatement disponibles en mémoire)⁷ ». L'élève s'appuie sur les notes écrites et la distinction faite entre les termes définition, propriété (admise ou démontrée), conjecture, démonstration, pour bâtir son raisonnement. Les notions de modélisation et d'abstraction sont désormais bien présentes :

« L'abstraction et la modélisation sont bien plus présentes désormais, ce qui n'empêche pas de rechercher les chemins concrets qui permettent de les atteindre. Toutes les disciplines y concourent : il s'agit de former des élèves capables de dépasser le cas individuel, de savoir disposer d'outils efficaces de modélisation valables pour de multiples situations et d'en comprendre les limites »⁸.

En ce qui concerne le stockage de l'information, « la constitution d'un répertoire d'images mentales est un autre atout pour la mémorisation »⁹.

2.1.2 L'enseignement des mathématiques au lycée

L'enseignement au lycée se décompose en l'année de seconde et le cycle terminal qui comprend la première et la classe de terminale. Selon les programmes, le but de l'enseignement en mathématiques est de renforcer les acquis du collège tout en développant des compétences en

⁵Bulletin officiel n° 30 du 26-7-2018, cycle 3, volet 3 : les enseignements des mathématiques.

⁶ Ibid.

⁷ Bulletin officiel n° 30 du 26-7-2018, cycle 4, volet 3 : les enseignements des mathématiques.

⁸ Bulletin officiel n° 30 du 26-7-2018, cycle 4, p. 1.

⁹ Bulletin officiel n°30 du 26-7-2018, cycle 4, p. 33.

vue de la poursuite des études supérieures et des compétences transversales telles que l'autonomie et la prise d'initiative¹⁰.

2.1.2.1 En classe de seconde

L'objectif du programme est que les élèves puissent s'engager dans une démarche scientifique en sachant trier l'information, conduire un raisonnement et avoir un regard critique sur sa démarche et ses résultats.

Le programme de géométrie est l'occasion de revisiter les notions étudiées dans le cycle 4, sous un angle nouveau avec des outils plus performants¹¹. L'utilisation des logiciels commencée en collège se poursuit dans un but de conjecture, ce qui permet de donner à la démonstration toute sa place. La résolution des exercices peut désormais se faire au moyen de la géométrie plane repérée, en utilisant les propriétés des figures usuelles. La géométrie dans l'espace est l'occasion de représenter et d'avoir une vision dans l'espace.

2.1.2.2 En première scientifique

Le but de l'enseignement mathématique dans le cycle terminal est de préparer le futur étudiant aux études scientifiques dans l'enseignement supérieur. Les objectifs demeurent l'acquisition d'une culture mathématique, l'autonomie, l'esprit critique et la prise d'initiative.

Certaines démonstrations doivent être développées par l'enseignant et l'élève acquiert des outils mathématiques qui lui permettent de traiter des problèmes dans lesquels il devra modéliser des phénomènes continus ou discrets »¹².

Le programme de géométrie repose sur les calculs d'angles et de distance, les problèmes d'alignement, de parallélisme et d'orthogonalité. Le produit scalaire est un nouvel outil pour le calcul d'angles et de distances. Les situations-problèmes ne doivent pas se cantonner à la géométrie repérée.

¹⁰ Eduscol, 2013, Les compétences mathématiques au lycée, p.1.

¹¹ Eduscol, 2009, Les mathématiques en seconde, p. 8.

¹² Eduscol, 2010, Mathématiques, cycle terminal de la série scientifique, classe de première.

2.1.2.3 En terminale scientifique

L'enseignement en classe de terminale achève la préparation dans le secondaire en vue des études. Pendant l'année de terminale, les notions vues en première sont approfondies. Le programme de géométrie s'enrichit de l'étude des nombres complexes qui est un outil puissant pour la géométrie plane. La géométrie dans l'espace occupe une place importante et l'utilisation de logiciel 3D peut être d'une aide considérable. Les lois continues viennent compléter le programme de probabilités ; de même qu'en classe de première, certaines démonstrations sont exigibles¹³.

2.2 Acquisition du raisonnement

2.2.1 Trois systèmes pour un cerveau

Depuis les travaux de Golgi¹⁴ et Cajal¹⁵, récompensés en 1906 par le prix Nobel, d'Edelman¹⁶ et Porter¹⁷ au début des années 60 et prix Nobel en 1972, Goldman-Rakic¹⁸ puis plus tard Dehaene¹⁹, on comprend mieux le fonctionnement du cerveau humain. Le développement des neurosciences, l'imagerie médicale a permis de situer les différentes zones du cerveau qui sont sollicitées pendant une phase de réflexion ou dans une action cérébrale bien déterminée.

On distingue dans le processus de réflexion chez l'enfant deux types de stratégie (Houdé, 2014) distingue :

- L'heuristique : stratégie rapide donc « très économique pour l'enfant » (Houdé, 2014, p.10) ; elle marche bien mais ne conduit pas toujours à la bonne réponse ;
- L'algorithme : stratégie plus lente dans laquelle la réflexion est sollicitée, qui conduit à la bonne solution.

Trois systèmes ont été identifiés (Houdé, 2014, p.10) :

¹³ ROC : restitution organisée de connaissances.

¹⁴ Camillo Golgi, Prix Nobel de médecine (physiologie) 1906 pour ses travaux sur le système nerveux et en particulier les neurones.

¹⁵ Santiago Ramon y Cajal, prix Nobel de médecine (physiologie) en 1906 pour ses travaux conjoints avec Golgi.

¹⁶ Gérard Edelman, prix Nobel de médecine (physiologie) en 1972 pour ses travaux sur la structure moléculaire des anticorps.

¹⁷ Rodney Robert Porter, prix Nobel 1972 pour ses travaux avec Edelman.

¹⁸ Patricia Goldman-Rakic, professeur en neurologie, psychiatrie à l'université de Yale ; elle a mené des recherches sur les neurosciences et en particulier sur le cortex préfrontal.

¹⁹ Stanislas Dehaene, membre de l'académie des sciences (2005), membre de l'académie des sciences aux USA (2010), Prix Brain Prize (2014), partagé avec Giacomo Rizzolatti et Trevor W. Robbins.

- Le système 1 : il est rapide, automatique, intuitif. C'est lui qui est en action lorsqu'on se rend compte que l'enfant répond vite, sans réfléchir, tombe à côté pour peu qu'on ait changé un peu le contexte. Houdé relate une heuristique de nature perceptive : la longueur du nombre (Houdé, 2014, p.11). Sur deux rangées on dispose le même nombre de jetons, mais sur la seconde rangée on espace un peu plus les jetons de sorte que visuellement la seconde chaîne paraît plus longue, bien qu'ayant le même nombre de jetons que la première. Si on demande à un enfant ayant moins de six ou sept ans, quelle chaîne a le plus de jetons, il désignera la plus longue. En revanche si on remplace les jetons par des bonbons en mettant dans la chaîne qui paraît visuellement la plus courte, plus de bonbons, l'enfant dès deux ans choisira celle qui contient le plus de bonbons, même si elle est plus courte (Mehler, 1960). Dans ce cas, l'enfant a eu une motivation qui lui a permis de surmonter la réponse facile et erronée (Houdé, 2014, p.45) ;
- Le système 2 : il est plus lent, logique, réfléchi. C'est donc ce système qui est activé lorsque la réponse à apporter fait appel à la logique et à la réflexion ;
- Le système 3 : C'est en quelque sorte l'arbitre du cerveau ; il est activé et bloque les fonctionnements automatiques gérés par le système 1, quand un effort de réflexion est nécessaire par le système 2 : « l'amorçage négatif est le temps mis par l'enfant pour réactiver une stratégie inhibée » (Houdé, 2014, p.49). L'imagerie médicale a identifié les zones du cerveau qui sont concernées : la première zone concernée est le cortex préfrontal inférieur droit, ensuite c'est le cortex pariétal. L'activation de ces deux zones permet à l'enfant d'inhiber l'heuristique, puis de donner une réponse correcte par le second cortex. La résistance cognitive ou l'inhibition est le phénomène décrit précédemment. Une étude de Mellet et al (2014) menée sur un échantillon de 297 personnes²⁰ montre que la préférence manuelle n'est pas liée à la spécialisation hémisphérique²¹ (Pigenet, 2015), en particulier bon nombre de gauchers mobilisent les hémisphères de façon analogue aux droitiers.

Chez le jeune enfant, selon ces approches, les systèmes 1 et 2 se développent en même temps et le système 3 se développe seulement après. Devant une situation-problème, l'enfant ayant

²⁰ Ces personnes sont issues de la base de données BIL et GIN, « base de données unique au monde composée d'une population comportant autant de gauchers que de droitiers ». Le GIN est le Groupe d'imagerie neurofonctionnelle de Bordeaux (Unité CNRS/ CEA Bordeaux).

²¹ La spécialisation hémisphérique est le fait que certaines fonctions cognitives sont localisées dans un des deux hémisphères. Une raison serait de diminuer la distance des influx nerveux dans le traitement des informations (Tzourio-Mazoyer, N.).

plus de sept ans aura un fonctionnement plus flexible et ne se jettera pas sur la réponse facile ; plus il apprendra à faire fonctionner ces trois systèmes et plus il augmentera sa capacité à raisonner, ce qui selon Houdé est signe d'intelligence.

2.2.2 Opérations mentales

2.2.2.1 Première approche

Monti et Plourdeau (2003, p.41-43) listent les 19 opérations mentales décrites par Meirieu et al. (1989) : s'adapter, anticiper, appliquer, classer, constituer un répertoire d'actions, se décentrer, déduire, dialectiser, diverger-inventer-crée, émettre une hypothèse, évaluer, gérer le risque, induire, mobiliser une ou des connaissances, planifier, rapprocher-faire des analogies-comparer, stocker de l'information, transposer d'un langage codé à une autre, vérifier une hypothèse. Ces opérations sont ainsi définies :

- S'adapter consiste à ajuster son comportement en fonction de la situation ;
- Anticiper consiste à se projeter, c'est essayer de prévoir les conséquences ;
- Appliquer consiste à appliquer une méthode ;
- Classer, c'est ranger les éléments dans des classes ;
- Constituer un répertoire d'action : c'est ce que fait l'élève lorsqu'il résout les problèmes et classe les méthodes selon le type de problème ; c'est en quelque sorte sa « boîte à outils » ;
- Se décentrer : c'est prendre de la hauteur pour analyser ce qu'on a produit ; c'est une opération mentale qui peut être sollicitée plusieurs fois pendant une évaluation ;
- Déduire : on procède par déduction logique en fonction des éléments présents ;
- Dialectiser : « mettre en relation des notions ou des variables en les confrontant pour accéder à la compréhension d'un ensemble » (Monti et Plourdeau, 2003, p. 41-43) ;
- Diverger : « explorer le réel et le possible pour le dépasser » (Monti et Plourdeau, 2003, p. 41-43) ;
- Émettre une hypothèse : faire une supposition qu'on se chargera de confirmer ou d'infirmer par expérimentation ou démonstration ; en mathématique, elle prend le nom de conjecture ;
- Évaluer : évaluer l'écart entre la production et l'attendu ;
- Gérer le risque : évaluer la situation en fonction de ce dont on dispose comme potentialités ;

- Induire : l'induction procède du cas particulier au cas général ; c'est à partir d'un cas particulier, voir comment obtenir une loi générale ;
- Mobiliser une ou des connaissances : c'est faire appel à ce que l'on sait et voir quelles informations sont pertinentes en fonction de la situation présente ;
- Planifier : c'est choisir un plan d'action, une stratégie en fonction de la situation et de ce que l'on sait ;
- Rapprocher, faire des analogies, comparer : c'est ce qui permet de se décider dans une situation donnée. On essaie de voir les ressemblances avec une situation déjà rencontrée ;
- Stocker de l'information : consigner sur le papier ou en mémoire l'information utile ; le brouillon peut être un moyen très utile pour cela ;
- Transposer d'un langage codé à un autre : c'est ce que fait l'élève lorsqu'il modélise par une formule mathématique, une information écrite dans la langue courante ; cette opération mentale est source de problèmes ;
- Vérifier une hypothèse²² : en mathématique c'est mettre en place une démonstration qui confirme une conjecture ou une assertion.

Dans la pratique le raisonnement n'est pas décortiqué car les opérations mentales s'imbriquent souvent les unes dans les autres ; la paroi est parfois très mince entre elles. Dans chacune des compétences mathématiques²³, ces opérations mentales sont à l'œuvre, en principe, comme on le verra dans ce qui suit. Elles sont faites de manière inconsciente pour amener l'élève à se faire une représentation mentale du problème à résoudre.

Il est important que l'élève ait bien conscience de la tâche qu'il est en train d'accomplir ; cela lui permet « d'apprendre, de formaliser, de conceptualiser ou d'explicitier » Bossez (2013, p.52). Lorsque l'apprentissage est réalisé, cette tâche qu'il exécutait en pleine conscience laissera place à un automatisme. Dès qu'il aura à réaliser la même tâche, les opérations se dérouleront de manière automatique. Rappelons que dans le cas des élèves en difficulté, on a

²² En mathématiques, on dira vérifier une conjecture ; une hypothèse étant une donnée, n'est pas appelée à être vérifiée.

²³ Eduscol, 2013, Les compétences mathématiques au lycée. Les compétences en mathématiques y sont décrites comme étant nombre de six : chercher, modéliser, représenter, calculer, raisonner, communiquer. Leur contenu varie en fonction du niveau.

besoin de passer par une phase de verbalisation, non pas du professeur mais de l'élève lui-même (Piquée, 2010).

2.2.2.2 Représentations mentales

Lorsque l'élève se trouve en situation de résolution de problème, il va fouiller dans son corpus de savoirs et savoir-faire pour se faire une représentation mentale du problème à résoudre. Selon Denis (1989), la cognition inclut des processus verbaux et non-verbaux et les représentations mentales font partie des processus non-verbaux. Il a en particulier remarqué que le cerveau humain était capable de créer des images mentales d'objets pourtant absents (Gyselinck et Pazzaglia, 2012).

Meyer (2001, p.10) s'est interrogé sur la nature des représentations mentales en comparant ses travaux concernant la représentation de l'ordinateur chez l'enfant (Meyer, 1985) avec ceux de Frau-Meigs et Jehel (1997) sur la représentation de la violence à la télévision. Selon lui, « représenter ou se représenter correspond à un acte de pensée par lequel le sujet se rapporte à un objet qui peut être une personne, une chose, un événement extérieur ou intérieur, une idée [...] Connaître une chose, c'est donc l'intérioriser, se l'approprier, la rendre présente au système cognitif tout en la considérant comme distante, extérieure à ce système ».

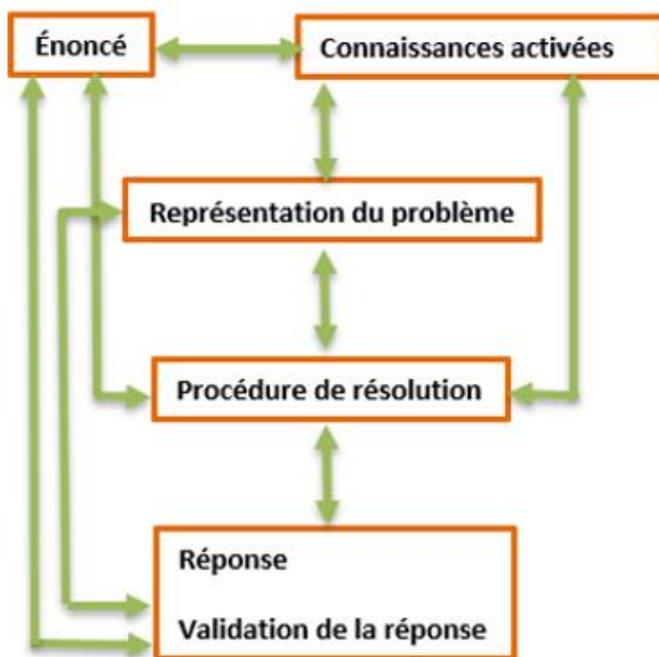


Figure 2.1 : Organisation des représentations mentales dans la résolution de problèmes (D'après Monti et Plourdeau, 2003, p. 35)

Le rôle des représentations mentales dans le processus de résolution de problème est schématisé (Figure 2.1) : lorsque l'élève a l'énoncé, il active ses connaissances et se fait une représentation mentale de la situation. Il met en place une procédure qui produira un résultat. Il évalue son résultat. Si ce dernier est concluant il a résolu son problème sinon il revient à l'énoncé pour se refaire une autre représentation mentale. On voit qu'il existe des connexions entre la procédure et la validation ; en effet, si le résultat n'est pas celui attendu, il peut revoir sa

procédure de résolution pour corriger d'éventuelles erreurs. De même, lorsqu'il met en place sa procédure, il peut revenir à la représentation du problème pour vérifier que la procédure est bien en accord avec sa représentation. Les connaissances activées peuvent l'amener directement à la procédure lorsqu'il s'agit de simplement appliquer une situation rencontrée (dans les mêmes conditions) et qui correspond à une procédure faisant partie de son corpus.

Selon Meyer (2001, p.10-11), « Les représentations s'étalent sur une sorte de spectre qui va de la perception à la culture » et les représentations mentales sont d'abord le fruit des perceptions visuelles car « savoir c'est d'abord voir [...] et elles représentent un double simplifié et partiel de l'objet réel, une réélaboration mentale ». À partir de cette définition, on peut comprendre que deux élèves aient une interprétation différente de la réalité car la lecture faite n'a pas été la même, de ce fait comme l'affirme Meyer, « les représentations mentales sont le produit de notre entendement ».

Les représentations mentales peuvent être des images mentales qui sont élaborées (Piaget, 1946) et elles permettent de reconstruire l'environnement (fonction référentielle) ou de mettre en relation des contenus (fonction élaboratrice) (Meyer, 2001, p.12) et c'est cette dernière fonction que les élèves utilisent lorsqu'il s'agit de faire appel aux connaissances antérieures. L'auteur range les concepts dans la catégorie des images mentales ; pour lui, un concept est une « représentation générale et abstraite d'un objet en tous points (forme, couleur et taille) ou des propriétés fonctionnelles communes ». Pour lui le concept est un objet stable selon ses caractéristiques et les objets auxquels il se rapporte (Meyer, 2001, p.12).

Pendant sa scolarité, l'élève apprend des méthodes de résolution qu'il sera amené à reproduire dans d'autres situations et pour cela il faudra qu'il ait mémorisé ces procédures sous forme de représentations procédurales. Selon Richard (1990), les opérations mentales dépendent des actions à partir desquelles elles ont été sollicitées ainsi que celles pour lesquelles elles doivent opérer. Ce qui, selon lui, est caractéristique des opérations mentales, c'est qu'elles opèrent sur les mêmes représentations mentales qu'elles construisent.

2.2.2.3 Opérations mentales et compétences en mathématiques selon les documents d'accompagnement

Dans les programmes, on recense six compétences en mathématiques : chercher, modéliser, représenter, calculer, raisonner et communiquer²⁴, qu'on retrouve du cycle 2 au lycée.

2.2.2.3.1 Chercher

La définition qui figure dans le document d'accompagnement du cycle 4, concernant la compétence « chercher » est : « tester, essayer plusieurs pistes de résolution dans la résolution des problèmes relevant des grandeurs et mesures. Chercher, par exemple, un découpage permettant de comparer les aires de deux figures de formes différentes »²⁵. Dans le document relatif au lycée²⁶, on trouve : « Analyser un problème. Extraire, organiser et traiter l'information utile. Observer, s'engager dans une démarche, expérimenter en utilisant éventuellement des outils logiciels, chercher des exemples ou des contre-exemples, simplifier ou particulariser une situation, reformuler un problème, émettre une conjecture. Valider, corriger une démarche, ou en adopter une nouvelle.

C'est l'activité de l'élève lorsqu'on vient de lui confier un problème qu'il doit résoudre ; certains élèves sont aguerris à cette compétences et voient tout de suite la marche à suivre alors que d'autre restent bloqués et nécessitent un accompagnement de l'enseignant ou des pairs. On sait que les élèves ne cherchent pas tous au même rythme, ne savent pas toujours comment entamer une phase de recherche et que beaucoup ont peur de se tromper. La phase de recherche repose donc sur deux conditions importantes : le temps et la peur de se tromper (Adihou, 2011). « Cette phase de recherche et de tâtonnement (« je cherche... », dit l'élève en cachant son cahier) est pourtant essentielle en mathématiques et la réussite de tous les élèves passe par le fait d'explicitier au mieux ce qui s'y joue ».²⁷

En règle générale, l'élève ne va pas directement à la solution mais va faire des essais. Il s'agit de valoriser les tentatives pour redonner à l'erreur sa place dans la phase de recherche. La notion d'essai-erreur est très présente dans les théories behaviouristes (Thorndike), cognitivistes (Piaget, Vygotsky), le social-cognitivism (Bandura, 1989) ; l'élève apprend par interactions

²⁴ Eduscol 2013, Les compétences mathématiques au lycée, p.1.

²⁵ Eduscol, 2016, Mathématiques au cycle 2, Grandeurs et mesures, p.7.

²⁶ Eduscol, 2013, Les compétences mathématiques au lycée, p.1.

²⁷ Eduscol, 2016, Mathématiques, cycle 4, compétences travaillées, Chercher, p. 2.

sociales et ce sont ses erreurs qui lui permettent de s'améliorer. La qualité de l'étayage de l'enseignant (Bruner, 1983) et de rétroaction (Crahay, 2007) vont avoir un effet sur les actions futures de l'élève. Très souvent la recherche « ne laisse pas de traces sur le résultat final »²⁸, pourtant il est important que l'élève puisse se rendre compte du chemin parcouru mais surtout qu'il puisse verbaliser sur celui qui l'a mené à la solution et qu'il inscrira dans son « corpus de connaissances et de procédures automatisées immédiatement disponibles en mémoire »²⁹.

2.2.2.3.2 Modéliser

La modélisation n'est pas chose aisée. Dans le document d'accompagnement du cycle 4³⁰, on distingue trois étapes : la mise au point du modèle (se fait en tenant compte du monde réel et de ce qui est faisable du point de vue mathématique), le traitement du modèle (se fait totalement à l'intérieur des mathématiques) et la confrontation des résultats avec le monde réel (c'est un retour au réel). Au lycée, modéliser c'est : « Traduire en langage mathématique une situation réelle (à l'aide d'équations, de suites, de fonctions, de configurations géométriques, de graphes, de lois de probabilité, d'outils statistiques ...). Utiliser, comprendre, élaborer une simulation numérique ou géométrique prenant appui sur la modélisation et utilisant un logiciel. Valider ou invalider un modèle »³¹.

Selon Chevallard (1989), le concept de modélisation est omniprésent. Nombre d'objets que nous manipulons quotidiennement sont le fruit d'une modélisation. Selon lui, la modélisation permet « une certaine visibilité culturelle de la prégnance et du fonctionnement social des mathématiques ». Les modèles ne manquent pas dans la vie de tous les jours : impression 3D, modèle de la trajectoire des cyclones (National Hurricane Center³²), robotique... Selon Rumelhard (2003), la modélisation ne se limite pas à la description des phénomènes, mais cherche à les expliquer.

2.2.2.3.3 Représenter

Par la représentation, l'élève se fait une image mentale du concept. Plus particulièrement, par la représentation graphique, il permet aux autres d'avoir une idée de sa pensée, ainsi,

²⁸ Ibid.

²⁹ Bulletin officiel n° 30 du 26-7-2018.

³⁰ Eduscol, 2016, Mathématiques, cycle 4, compétences travaillées, Modéliser, p. 1.

³¹ Eduscol, 2013, Les compétences mathématiques au lycée, p. 1.

³² <https://www.nhc.noaa.gov/>

« Représenter, c'est donner à voir, ou au moins rendre perceptible à la vue et à l'esprit »³³. On peut représenter des objets ou mettre en évidence des relations entre plusieurs objets³⁴. Certains objets tels que les fonctions, les fractions... n'ont d'autre façon d'exister que par leur représentation. Cela permet également d'appréhender des objets qu'on ne peut totalement appréhender, comme la terre et « accompagner la maîtrise de l'abstraction ». Dans les programmes de lycée, représenter c'est : « Choisir un cadre (numérique, algébrique, géométrique...) adapté pour traiter un problème ou pour représenter un objet mathématique. Passer d'un mode de représentation à un autre, changer de registre », ce qui semble faire référence aux travaux de Duval (1992). Dans certains cas, la représentation a valeur de preuve, comme c'est le cas en probabilité : « On représente une situation à l'aide d'un arbre pondéré ou d'un tableau. On énonce et on justifie les règles de construction et d'utilisation des arbres pondérés. Un arbre pondéré correctement construit constitue une preuve »³⁵. Dans la représentation, le codage est important. Comme il est précisé dans le document d'accompagnement, « un triangle isocèle peut être représenté par une figure représentant un triangle isocèle ou un triangle quelconque bien codé, par l'expression Soit ABC un triangle isocèle ». En géométrie, la force de la représentation réside en le fait que par un codage adapté la figure comporte tous les éléments utiles dans la démonstration ; un soin particulier doit donc être apporté à cette représentation.

L'utilisation des outils numériques (calculatrices, ordinateurs) a profondément changé la donne puisqu'ils ouvrent à l'infini le champ de l'expérimentation. L'emploi de logiciels tels que GEOGEBRA, très utiles pour la conjecture ou la simulation numérique, occulte les méthodes de construction dans la mesure où une simple icône permet d'obtenir l'effet souhaité. Le numérique a complètement transformé la manière d'enseigner (Bousquet, 1967). Etchecopar et Saint-Pierre (2007) pensent que le maniement de l'outil passe par quatre phases : les manipulations pour acquérir une certaine maîtrise, les procédures pour résoudre des problèmes-types, l'exploration permettant de comprendre la matière enseignée et les applications qui relèvent de problèmes que l'on peut traiter en faisant appel à la modélisation.

³³ Eduscol, 2016, Mathématiques, cycle 4, compétences travaillées, Représenter, p. 1.

³⁴ Dialectiser : « mettre en relation des notions ou des variables en les confrontant pour accéder à la compréhension d'un ensemble » (Monti et Plourdeau, 2003, p. 41-43).

³⁵ Eduscol, Bulletin officiel spécial n° 8 du 13 octobre 2011, p.12.

2.2.2.3.4 Calculer

Pendant cette phase, l'élève organise librement ses calculs en suivant une méthodologie apprise ; il organise les différentes étapes en appliquant les propriétés opératoires (respect des règles de priorité, associativité, commutativité...) et est à même de juger d'une simplification éventuelle. Les recommandations des programmes sont d'éviter tout excès de technicité et dans le cas d'un calcul compliqué ou trop long, le calcul peut être instrumenté (calculatrice, ordinateur), surtout lorsque l'objectif de la tâche confiée n'est pas le calcul lui-même ; cela évite tout blocage qui empêcherait l'élève à aller jusqu'au bout de sa démarche. Il est attendu de l'élève qu'il ait un regard critique sur son résultat en termes d'ordre de grandeur, signe.

L'usage du calcul instrumenté doit être raisonnable ; l'élève doit d'abord acquérir les techniques opératoires. Le calcul mental et les questions flash instaurées récemment dans les programmes de collège ont pour but de permettre cette acquisition.

2.2.2.3.5 Raisonner

Le raisonnement en mathématique est la compétence qui semble poser le plus de problèmes. La compréhension de l'énoncé va conditionner cette étape. « L'élève doit être en mesure de différencier le statut des différents énoncés mis en jeu »³⁶ ; pour cela l'enseignant, lors de la phase d'institutionnalisation, doit bien faire la distinction entre ces différents statuts et les énoncer clairement : ainsi lorsqu'un théorème est admis, cela doit être dit et écrit. Pendant cette phase, l'élève peut utiliser les différents types de raisonnement (induction, déduction, implication, équivalence, par l'absurde, contraposée, récurrence) et il utilise les connecteurs logiques qui sont introduits de manière raisonnée dans le cours. Ces différents modes de raisonnement seront mis en œuvre pendant toute la scolarité dans le secondaire et c'est l'enseignant qui jugera de l'opportunité de leur mise en œuvre.

Cette phase est délicate car trop souvent les élèves s'y engagent sans avoir un plan d'action, une vue globale sur leur stratégie. Par exemple dans une démonstration par récurrence, le fait d'écrire sur un brouillon la relation à laquelle on souhaite aboutir peut aider et guider dans les calculs. Dans le cas de problème ouvert en lycée, l'écriture des grandes lignes de la démarche en identifiant les définitions et propriétés à utiliser, peut être utile avant de se lancer dans le

³⁶ Eduscol, 2003, Les compétences mathématiques au lycée.

détail, en veillant à toujours, à chaque étape bien constituer les îlots déductifs³⁷ dans le raisonnement déductif ou en faisant des déductogrammes³⁸ qui permettent d'avoir une vision de la « structure ternaire » d'une démonstration (Denis, 2003, p.216).

Maintenant, certains logiciels peuvent apporter une aide dans la démonstration (Sesamath, 2009 ; Appel et Haken, 1976). Le théorème des quatre couleurs³⁹ a été démontré en 1976 par Appel et Haken ; il stipule qu'on peut colorier n'importe quelle région découpée en zones connexes de sorte que deux régions limitrophes (non réduite à un point) soient de deux couleurs distinctes. On peut colorier toute la région en n'utilisant que quatre couleurs. Ce théorème fut le premier à être démontré à l'aide d'une intelligence artificielle. Plus récemment, en 2013, Heule, Kullmann, et Marek⁴⁰ ont démontré le théorème des triplet Pythagoriciens à l'aide de l'intelligence artificielle⁴¹.

2.2.2.3.6 Communiquer

C'est la dernière étape dans un processus de démonstration. Communiquer consiste à écrire ou développer (à l'oral) le contenu d'une démonstration. À l'écrit, cela implique de pouvoir équilibrer le texte entre formules mathématiques et expression linguistique et trouver une articulation entre le langage courant et la structure mathématique (Magiante, 2004) ; cela signifie le passage d'un langage codé à un langage naturel. C'est une étape qui pose problème aux élèves car même s'ils ont parfois bien en tête la démonstration, l'articulation logique des propriétés et des assertions n'est pas toujours aisée. Il importe de connaître les expressions qui vont introduire une hypothèse, une conséquence, une conclusion ; Des ouvrages sont disponibles pour les scolaires et collégiens afin de se familiariser avec la terminologie (Baruk, 1995).

³⁷ Pour une initiation progressive au raisonnement déductif en géométrie au collège. Repéré sur http://mathematiques.ac-bordeaux.fr/pedacgl/dosped/raisonnement/brochure_init_raison/1c-init_raison_clg.pdf

³⁸ Déductogrammes. Repéré sur http://mathematiques.ac-bordeaux.fr/college2010/ressources/par_theme/12_Deductogramme.pdf

³⁹ Le théorème a été conjecturé en 1852 par Francis Guthrie. En 1879 et en 1880 respectivement, Alfred Kempe et Peter Guthrie Tait proposent deux démonstrations qui sont invalidées en 1890 et 1891 respectivement par Percy Heawood et Julius Petersen. Dès 1960 Heinrich Heesch s'intéresse à la démonstration de ce théorème par l'ordinateur, mais finalement ce sont les américains Kenneth Appel et Wolfgang Haken qui y parviendront en 1976. Cette preuve avait nécessité 1200 heures de calculs.

⁴⁰ CNRS le Journal, repéré sur <https://lejournal.cnrs.fr/articles/la-plus-grosse-preuve-de-lhistoire-des-mathematiques>

⁴¹ Partant de l'équation $a^2 + b^2 = c^2$, le problème consiste à mettre en couleurs le triplet (a, b, c) solution tel que les trois nombres ne soient pas de la même couleur et en utilisant seulement deux couleurs ; par exemple a et b ne peuvent pas être de la même couleur. Ils ont montré que jusqu'à 7824, il est possible de le faire, même de plusieurs façons différentes, mais à partir 7825, ce n'est plus possible. Ce problème aussi connu sous le nom de « bi coloration des triplets de Pythagore. La démonstration a nécessité deux jours de calculs par le supercalculateur Stampede de l'université du Texas pour prouver le résultat.

Les opérations mentales interviennent à tout moment dans l'activité mathématique de l'élève, que ce soit à l'écrit ou à l'oral, en s'imbriquant les unes aux autres. Ainsi lorsqu'il doit réaliser une figure géométrique, il doit s'adapter en repérant les éléments anciens et les nouveaux, en mobilisant des connaissances mais également en transposant d'un langage naturel à un langage codé lorsque nécessaire, il va classer les éléments en faisant éventuellement des analogies, il va dialectiser et diverger⁴² ce qui lui permettra d'établir des connexions entre les différents éléments et se faire une représentation générale du problème ; par la suite il formulera des hypothèses et appliquera un algorithme de démonstration et, à chaque étape, il pourra se décentrer⁴³ et évaluer⁴⁴ sa production ; une relecture axée sur la langue naturelle permettra de mettre en évidence des incohérences syntaxiques ou grammaticales.

2.2.3 Les recommandations des programmes

Le raisonnement inductif, ou pensée intuitive, se base sur l'observation pour aboutir ensuite à un principe général ; il est acquis chez les jeunes enfants vers trois ans. Le raisonnement déductif ou hypothétique s'acquiert à l'adolescence, cependant le développement n'est pas linéaire et il peut intervenir plus tard chez certains enfants. Dans les démonstrations, les élèves vont souvent s'appuyer sur des figures.

Selon le CNRTL⁴⁵ le terme « prototypique » désigne ce qui appartient à un prototype, qui en a le caractère. Nous donnons donc la définition suivante :

Figure prototypique : c'est une figure géométrique qui représente un objet, dans une position bien précise.

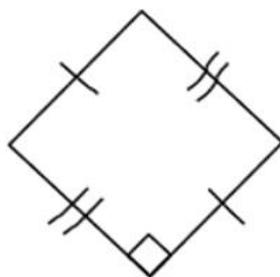
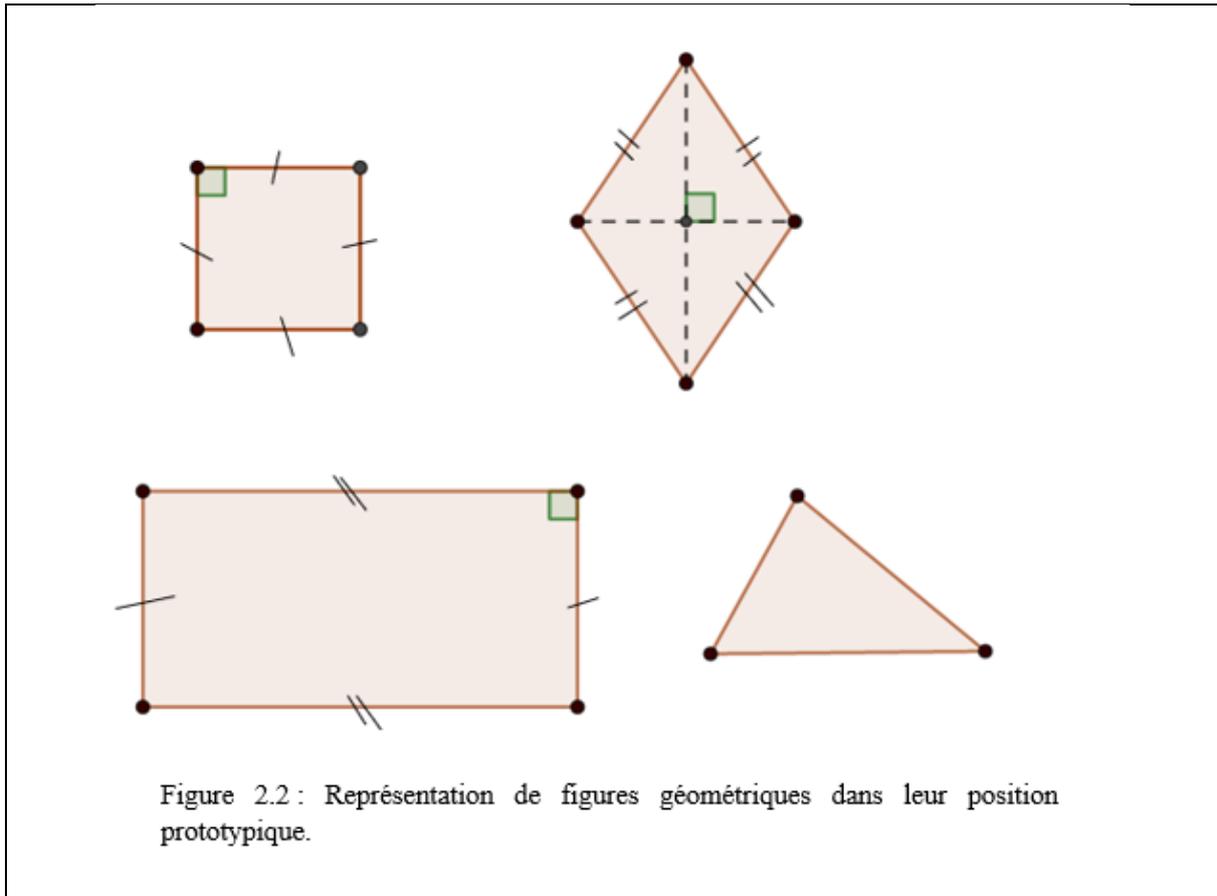
La Figure 2.2 montre les figures prototypiques de différentes figures géométriques. Par exemple, comme on peut le voir sur la Figure 2.2, la position prototypique du carré est un carré qui repose sur un côté, pour le losange, est un losange qui repose sur un sommet.

⁴² Diverger : « explorer le réel et le possible pour le dépasser » (Monti et Plourdeau, 2003, p. 41-43).

⁴³ Se décentrer : c'est prendre de la hauteur pour analyser ce qu'on a produit.

⁴⁴ Évaluer : évaluer l'écart entre la production et l'attendu.

⁴⁵ Centre National des Ressources Textuelles et Lexicales. Repéré sur <https://www.cnrtl.fr/definition/prototypique>, consulté le 18/2/2019.



C'est un losange

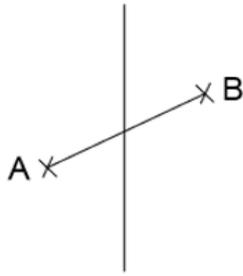
Figure 2.3 : Croquis d'un rectangle dans la position prototypique du losange

Les programmes préconisent que les enseignants puissent veiller à ne pas représenter ces figures dans des positions « prototypiques ». Si l'élève n'est pas habitué à voir ces figures géométriques dans d'autres positions, il peut ne pas être capable de les reconnaître dans un autre contexte⁴⁶. Dans la figure 2.3, relevée sur Eduscol⁴⁷ le rectangle a été dessiné reposant sur un sommet ; la réponse de l'élève est que c'est un losange car il a été très fréquemment exposé à voir le losange représenté de cette manière.

⁴⁶ C'est-à-dire lorsqu'elles ne sont pas dans leur position prototypique.

⁴⁷ Eduscol, 2016, Mathématiques, espace et géométrie, cycle 3, p. 7.

De même, dans la figure 2.4 relevée sur Eduscol⁴⁸ où on propose de dessiner la médiatrice d'un segment $[AB]$. Dans sa position prototypique, le segment est représenté horizontalement et donc sa médiatrice est verticale ; l'élève se trompe en plaçant la médiatrice verticalement, par



La médiatrice du segment $[AB]$

Figure 2.4 : Erreur dans la représentation de la médiatrice d'un segment

habitude, alors que la direction du segment n'est pas horizontale. Ces représentations prototypiques peuvent conduire à des conceptions fausses.

De même nous définissons ce que nous entendons par figure particulière.

Figure particulière : c'est une figure qui représente un objet ayant des propriétés particulières, comme par exemple un triangle isocèle, équilatéral ou rectangle, un losange.

Un autre problème soulevé par les programmes est que les définitions pour un même objet changent en fonction du niveau. Cela peut entraîner des difficultés. Ainsi, pour la définition d'un rectangle, en début de cycle 2, on donnera l'image correspondant à un rectangle. À la fin du cycle 2 on y ajoute les quatre angles droits et en cycle 3 : « un rectangle est un quadrilatère qui a 4 angles droits ». Vers la fin du cycle 3 le verbe « être » est employé ; il induit une réciprocity et n'a pas le même sens que le « est » qui est employé en SVT par exemple. L'argumentation change donc certains élèves peuvent être perdus. Cependant, les programmes conseillent de garder une certaine cohérence à l'intérieur d'un cycle.

En cycle 4, la démonstration est introduite de manière diversifiée, déductive et par l'absurde ; les élèves ont à disposition une « somme » de connaissances pour leur permettre de mener des démonstrations courtes, mais l'accent est mis sur la communication, c'est-à-dire la manière de rédiger la démonstration⁴⁹.

2.2.4 La place de l'écrit dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques

2.2.4.1 L'écrit est omniprésent en mathématiques

L'écrit intervient à plusieurs niveaux dans le processus d'enseignement et d'apprentissage et leur place est centrale dans la transmission des savoirs (Roux et Olivier, 2001, p.1). Ce que

⁴⁸ Eduscol, 2016, Mathématiques, espace et géométrie, cycle 3, p. 7.

⁴⁹ Ibid.

souligne le rapport Roux et Olivier est que la réflexion ne doit pas se limiter à ce simple rapport, mais qu'elle soit engagée et se poursuivre avec « l'évolution des moyens de reprographie », l'émergence des TICE. L'étude a porté sur l'observation d'enseignants et plus précisément sur l'organisation de l'écrit et les supports utilisés (Roux et Olivier, 2001, p.5).

Selon ce rapport, les supports diffèrent au collège et au lycée : en effet, au collège, les élèves privilégient le cahier alors qu'au lycée c'est le classeur ; de plus au collège, une séparation des parties algébriques et géométriques est observée. Par ailleurs on a observé le nombre de pages écrites par mois qui est d'environ de 10 pages au collège contre 100 pages dans des cas extrêmes en première scientifique. Toujours selon ce rapport la gestion du cahier se fait par des consignes orales au collège alors qu'elle est libre au lycée, parce que l'élève a subi un « dressage silencieux » (Mercier, 2011).

Selon Alcorta (2001, p.95), « tenir un discours oral, faire une conférence, parler à la radio ou à la télévision relèvent rarement, malgré les apparences, de compétences construites à l'aide du seul langage oral mais s'appuient toujours sur l'utilisation de l'écrit, [...] ». Norman (2003) souligne le fait que la cognition est maintenant distribuée avec l'instrumentation des tâches. Selon Goody (1979), c'est tout le fonctionnement cognitif qui est modifié par la pratique de l'écrit. En effet, les capacités humaines ne sont pas illimitées en matière de mémorisation, de calcul (Norman, 2003), le brouillon vient en quelque sorte décharger le cerveau, qui peut désormais classifier autrement (Goody, 1979). De plus, selon Goody (1979), le travail écrit permet une certaine souplesse qui n'est pas permise à l'oral : ainsi sur un brouillon, on peut se tromper, reprendre, réagencer ses idées et permet une accession à un mode de pensée critique (Lahire, 2008). Alcorta (2001) déplore que le brouillon ne soit pas plus exploité ; le brouillon permet un retour sur ce qui a déjà été dit et permet la construction de la pensée.

2.2.4.2 Différentes types d'écrits en mathématiques

Les écrits sont de natures diverses et de formats divers selon la matière et le type de travail concerné. La dissertation en philosophie ne ressemble pas aux notes de cours, ni au compte-rendu en SVT ou en physique qui comportera des schémas, ni même la démonstration en mathématique qui comportera des formules.

On distingue :

- Les résumés de cours : les élèves en général apportent beaucoup de soin dans la manière de prendre le cours (Roux et Olivier, 2001, p. 5), contrairement à ce qui est fait pour le cahier d'exercice. Le cahier de cours présente peu ou pas de trace de recherche. Parfois le cours est donné sous forme de feuille photocopiees qui sont collées dans le cahier de cours ; le cours peut se présenter sous forme de textes à trous que l'on complète en classe et que l'on retrouve plus souvent dans les sections de techniciens supérieurs. Selon le rapport Roux et Olivier (2001), les élèves notent tout ce qui est écrit au tableau d'où la nécessité de bien gérer le tableau et de faire attention aux informations que l'on y inscrit. En revanche, les élèves n'apprécient pas beaucoup les dictées de notes et, en général, ils ne notent pas ce qui est dit oralement. Très peu d'élèves notent ce qui leur paraît important dans ce que dit l'enseignant et qui n'est pas noté au tableau ;
- Les recherches d'exercices : ce sont des notes manuscrites que l'on retrouve dans le cahier d'exercice. Le rapport Roux et Olivier (2001) a mis en évidence le fait que les élèves utilisent beaucoup de crayon pour la rédaction des exercices au lieu du stylo car c'est plus facile à effacer en cas d'erreurs. Cependant, de tels procédés posent des problèmes que l'on verra un peu plus loin ; de plus, les élèves effectuent les recherches sur le cahier d'exercice, au lieu de le faire sur un cahier de brouillon et lors des phases de correction en cours, ils utilisent du fluide correcteur ;
- Les textes mêlant langage naturel et formules mathématiques : ce sont des textes manuscrits qui sont produits lors des devoirs faits à la maison ou des évaluations sur table.

Concernant l'archivage et la consultation de ces écrits, les élèves conservent en moyenne les cahiers des années précédentes pendant deux ans, dans de rares cas plus longtemps, mais ils les consultent rarement dans les séries générales et technologiques ; c'est plus souvent le cas en lycée professionnel (Roux et Olivier, 2001, p. 8). Ils consultent de façon plus intensive les notes au moment des devoirs. De même, les corrigés qui sont notés par les élèves ne sont pas systématiquement revus ; ils le sont à l'occasion des devoirs

2.2.4.3 Le fonctionnement des élèves

Le brouillon devrait occuper une place importante dans la production de l'élève, cependant on se rend compte qu'il n'en est pas ainsi, comme le souligne le rapport Roux et Olivier (2001, p.5) : « Le cahier de brouillon n'existe pas, sauf dans de rares cas où seulement une feuille de brouillon est sortie. »

Par ailleurs, ce rapport souligne le fait que les élèves effectuent les recherches au crayon et lorsque les exercices sont corrigés, ils effacent ce qui est erroné pour écrire la correction. Ceci empêche de distinguer la partie relative aux tentatives de résolution propres à l'élève et en particulier les « essai-erreurs », de la partie corrigée ; par conséquent, ils ne peuvent pas revenir sur ce qu'ils ont écrit pour en faire une analyse. De plus, lors de la phase de recherche dans un exercice, les élèves affirment « lire le cours, puis le comparer au cours et rédiger directement sur le cahier » (Roux et Olivier, 2001, p.7) ; les élèves fonctionnent avec des exercices modèles ce qui limite la « recherche pure ».

2.2.4.4 L'usage et le rôle du brouillon

Une étude a été menée auprès d'élèves du primaire, du secondaire, ainsi que d'étudiants de l'université et d'adultes.

Alcorta (2001, p.98) distingue deux types de brouillons :

- Le brouillon linéaire : il est proche de la production finale ; il comporte des phrases et des corrections localisées et est organisé en paragraphes ;
- Le brouillon instrumental : il ne comporte pas de phrases, seulement des mots ou groupes de mots. Il comporte des symboles (flèches, numéros...), des tableaux qui peuvent être bi-dimensionnels.

L'étude menée a montré que :

- Le recours au brouillon instrumental « augmente avec le niveau scolaire » et la maîtrise de l'écrit ;
- L'âge a un effet sur l'abandon du brouillon linéaire au profit du brouillon instrumental ;
- Le brouillon linéaire était plus souvent produit en primaire et en seconde, alors que le brouillon instrumental à visée informative est plus pratiqué par les élèves de quatrième.

Le brouillon instrumental n'a pas un rôle de communication immédiate (Alcorta, 2001, p.100) ; il permet au scripteur d'organiser ses idées sous forme de mots ou groupes de mots afin de ne rien oublier ; il a pour but de « construire, contrôler, planifier ». Il est un outil « d'auto-contrôle que le scripteur se donne à lui-même ».

Alcorta (2001, p.102) soutient l'idée que « L'école survalorise les produits finis, au détriment d'espaces de construction, privés et intermédiaires, qui comme le brouillon, pourraient offrir à

l'élève, la possibilité de se fabriquer ses propres outils de pensée. » ; c'est la même idée que l'on retrouve dans le rapport Roux et Olivier (2001) sur le manque d'espace de recherche pure.

2.3 À propos de la terminologie et des concepts mathématiques

2.3.1 Proto et paramathématiques

Dans le contenu didactique, les objets de savoir sont, en mathématiques, de natures diverses :

- Les objets mathématiques ;
- Les objets paramathématiques ;
- Les objets protomathématiques.

Les objets mathématiques sont ceux autour desquels l'enseignement est organisé ; ce sont ceux pour lesquels on établit des définitions, propriétés, théorèmes. Ce sont en quelque sorte les objets à enseigner.

Les objets paramathématiques sont des notions qui servent d'outil dans l'activité mathématiques, comme paramètres, équations, démonstrations, calculs (Mercier, 2002). Ce sont des notions qui ne font pas l'objet d'un enseignement, mais ils sont indispensables pour l'activité du mathématicien (Chevallard et Johsua, 1982 ; Brousseau, 1986). Ce sont des notions « préconstruites » et Chevallard (1985) précise que ces notions ne sont pas l'objet d'évaluation directe.

Les très jeunes enfants ont très tôt le sens des nombres (Houdé, 2014). Ainsi les nombres constituent des objets protomathématiques que Brousseau (1989) définissait ainsi :

« Les objets protomathématiques se construisent dans la pratique et ne peuvent vivre que comme pratiques, dans des situations où elles peuvent être analysées comme des comportements attendus qui vont de soi parce qu'ils sont appelés par la situation (reconnaître une expression de degré deux relevant d'une factorisation simple, savoir qu'un calcul n'est pas terminé).

Ces objets et leur mise en œuvre appartiennent au milieu de l'action des élèves » (Brousseau, 1999).

Avant de poursuivre, nous donnerons deux définitions utiles pour la suite :

- Le temps didactique : Il correspond au temps nécessaire à l'acquisition du savoir. Il est mesuré par le temps de l'horloge (Mercier, 2001 ; Chopin, 2007). Il est rythmé par les interactions entre professeur et élève ;
- Le milieu en didactique : Ce terme définit le lieu de l'action didactique. Il est pensé par le pédagogue, à partir d'une analyse à priori, afin de garantir que les tâches prescrites produiront bien les effets attendus et le savoir visé. Il a été étudié par Brousseau (1990) et Amade-Escot en didactique de l'EPS (2005).

La TACD⁵⁰ (Sensevy, 2001 ; Sensevy et Mercier, 2007) s'est d'abord intéressée aux savoirs, à l'action des enseignants puis celle de l'élève, pour finalement se tourner vers une action conjointe dans laquelle le travail sur les concepts est omniprésent. Elle se donne pour objectif d'étudier ce qui se passe pendant une action d'enseignement-apprentissage, en particulier l'organisation du milieu et le déroulement du temps didactique. L'enseignant est responsable de la chronogénèse, c'est-à-dire l'avancement du temps didactique (Chevallard, 1985 ; Sensevy, 2001). Dans le cours de mathématiques, l'acquisition des objets paramathématiques et protomathématiques relève de l'activité de l'élève et l'enseignant doit organiser le temps didactique en programmant l'enseignement de manière à permettre à chaque élève l'appropriation de ces objets de savoir ; l'enseignant ne peut pas se substituer à l'élève qui est lié par le contrat didactique fixant les attentes de l'enseignant ; en particulier il doit veiller à ne pas céder aux effets de contrat dans des négociations de type Topaze ou Jourdain, ni vouloir accélérer le rythme (élève chronogène) auquel cas, l'acquisition serait perdue pour certains. Margolinas (1994, 1999) précise que « la production du milieu implique au plus près l'activité de l'élève ».

2.3.2 Dessin ou figure ?

Dans le langage courant, on voit les mots « dessin », « figure », schéma » ; le mathématicien parle souvent de « configurations planes » ou « configurations géométriques »⁵¹ pour désigner une représentation d'un objet géométrique. À ce niveau, l'élève ne s'y perd pas car si on lui demande de faire une figure, il sait qu'il doit produire un dessin ; les choses se compliquent lorsqu'il doit exploiter cette figure. Dans les démonstrations, certains élèves disent « on voit que... » ou « d'après la figure », pour appuyer leur propos, alors que bien souvent, certaines

⁵⁰ Théorie de l'Action Conjointe en Didactique.

⁵¹ Programme de mathématiques de seconde générale, applicable à la rentrée 2019, p. 8.

informations contenues dans le texte ne sont pas prises en charge par la figure ; c'est le cas par exemple dans la définition d'une fonction croissante : lorsqu'elle est illustrée, on voit souvent un graphique comme celui de la figure 2.5.

f est une fonction et I un intervalle contenu dans son ensemble de définition. Dire que f est croissante sur l'intervalle I revient à dire que pour tous a et b de l'intervalle I , si $a < b$ alors $f(a) \leq f(b)$.

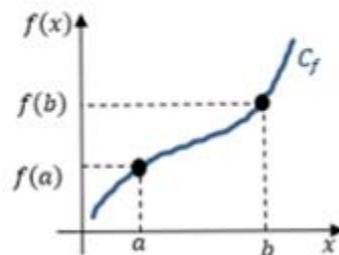


Figure 2.5 : Définition d'une fonction croissante

Le quantificateur universel n'est pas pris en compte et cela peut générer des erreurs. En effet lorsqu'on demande à des élèves de montrer qu'une fonction est croissante, certains ont tendance à se dire « puisque $f(a)$ est plus petit que $f(b)$ alors la fonction est croissante sur l'intervalle $[a; b]$. Un autre exemple flagrant est l'utilisation du tableau de variation : lorsqu'on demande à l'élève de dessiner une courbe susceptible de représenter une fonction dont on connaît le tableau de variation, ils sont toujours surpris de voir que, s'ils sont 30 dans une classe, on peut avoir 30 courbes différentes qui seront toutes acceptables dès lors que les contraintes figurant dans le tableau sont remplies. En fait lorsque l'élève dresse le tableau de variation d'une fonction, il y a une perte d'information sur la manière dont la fonction varie entre deux valeurs. On voit bien que le tableau ne contient pas plus d'information que le texte lui-même.

Dans la plupart des recherches, les termes « dessin » et « figure » ne représentent pas la même chose en géométrie. Selon Parzysz (1989, p.13), « la figure est l'objet géométrique décrit par le texte qui la définit, une idée, une création de l'esprit tandis que le dessin en est une

représentation ». Selon le CNRTL⁵² on trouve plusieurs sens au mot « dessin » ; la définition qu'il a retenue est la suivante : « Représentation linéaire de la forme des objets, qui s'exécute à des fins scientifiques, techniques ou industrielles ». Quand on regarde de plus près les autres définitions, on voit qu'il est souvent fait allusion au domaine artistique (ombre, sensations, idées...), à l'architecture (apprentissage, technologie, atelier...), et il est souvent associé au papier, à la table à dessin, aux crayons, au fusain. Cela donne l'idée que le terme « dessin » est plus utilisé dans les matières où il sert de support visuel dans des projets : « Le dessin est donc le principe générateur de l'architecture ; il en est l'essence »⁵³. Concernant le mot « figure », le CNRTL⁵⁴ donne une définition liée aux mathématiques qui est celle reprise par Balacheff : « ensemble de points, droites, plans, représenté en vraie grandeur ou en perspective, objets d'études mathématiques ou support graphique d'un raisonnement en mathématiques ou dans d'autres sciences ».

Comme le soulignait Balacheff, Parzysz (1989, p.14) propose d'utiliser le mot « dessin » pour une des nombreuses représentations d'un objet géométrique, « figure » pour « l'être géométrique » auquel il se rapporte. C'est pourquoi on peut considérer qu'il existe une seule figure géométrique pour chaque texte décrivant un objet géométrique mais qu'on a plusieurs dessins possibles, comme dans « une classe d'équivalence » (Balacheff, 2014) où tous les représentants se valent. Cependant, Parzysz dit que le meilleur représentant est le texte qui sert à définir l'objet, en particulier « le dessin, même soigné, ne peut prétendre à lui seul se substituer à l'énoncé définissant la situation géométrique » (Parzysz, 1989, p.31). Il propose d'accompagner la figure d'une légende pour compenser la perte d'information lors du codage.

Concernant le rôle de la figure en mathématiques, Parzysz (1989, p.12) reprend la classification établie par Artigue (1989) qui s'établit comme suit :

- Illustrer : l'image vient en soutien visuel d'une définition, propriété ; c'est ce qui est fait pour montrer ce à quoi peut ressembler la représentation graphique d'une fonction croissante ;
- Résumer : l'image vient condenser une somme d'informations contenues dans un texte ; c'est le cas pour les arbres en probabilité ;
- Structurer la pensée : cela peut être fait à l'occasion de divers digrammes ;

⁵² CNRTL, repéré sur <https://www.cnrtl.fr/definition/academie9/dessin>, consulté le 6/2/2019.

⁵³ Ch. BLANC, *Gramm. des arts du dessin*, 1876, p. 21.

⁵⁴ CNRTL, repéré sur <https://www.cnrtl.fr/definition/academie9/Figure>, consulté le 6/2/2019.

- Conjecturer : pour voir ce qu'il est envisageable de démontrer ; aujourd'hui on sait qu'avec les progrès faits dans le domaine de l'informatique, une représentation numérique augmente les potentialités par le caractère dynamique des logiciels ;
- Aider à prouver : pour confirmer ou infirmer une hypothèse.

En particulier, les dessins aident à la construction d'image mentale. C'est d'autant plus vrai dans le cycle 2 où la première « définition » que les élèves ont d'un rectangle est une image qu'ils mémorisent. Ce n'est pas seulement valable pour les mathématiques, c'est aussi valable pour l'apprentissage de l'alphabet où les jeunes enfants reconnaissent les lettres qu'ils ont mémorisé en voyant leur dessin⁵⁵.

Bachelard (1993, p.13) définit l'obstacle épistémologique comme étant des « lenteurs et des troubles », un phénomène interne qui survient en phase d'apprentissage. Il considère que « l'esprit n'est jamais jeune. Il est même très vieux, car il a l'âge de ses préjugés [...] ». Un obstacle épistémologique s'incruste sur une connaissance non questionnée. ». Parzysz (1989, Tableau 2) précise le lien entre la représentation mentale et le dessin et soulève le problème posé par le dessin en géométrie par le fait que cela constitue un obstacle épistémologique (Bachelard, 1993). Il s'agit pour l'élève de dépasser la vision pour aller vers la démonstration. Lebaud (n. c., p. 2) estime qu'une réflexion doit être menée sur la figure, mais aussi sur ce dont on est certain et ce qui ne l'est pas. Cela pose la discussion du statut de ce que l'on considère comme étant des hypothèses, sur ce qui doit être démontré ; on discutera de cela au paragraphe suivant. Ainsi, certains élèves intègrent dans leur démonstration des éléments à démontrer ou bien ils font des lectures graphiques de longueur ou des propriétés visibles sur le dessin, comme si le dessin tracé représentait exactement l'objet géométrique. Selon Lebaud, cette réflexion peut permettre aux élèves de dissocier le dessin (concret) du véritable objet géométrique (abstrait). Par ailleurs, pour faire en sorte que les élèves puissent utiliser les propriétés géométriques (de l'objet géométrique d'étude) au lieu des propriétés spatiales (du dessin), Lebaud (n. c.) suggère, comme cela a été observé par Laborde et Capponi (1994) dans l'analyse d'exercices de géométrie proposés à des élèves de collège, d'imposer des contraintes, sur le matériel utilisé, afin que l'objectif soit atteint pour tous ; lors de l'utilisation des logiciels de géométrie dynamique, l'élève doit réfléchir aux propriétés à utiliser faute de quoi la figure

⁵⁵ Dans ce cas on peut utiliser différents dessins étant donné qu'on peut représenter des lettres droites ou cursives mais les différents tracés représentent tous la même lettre.

réalisée peut être complètement déformée en bougeant un point, comme l'a fait remarquer Lebaud (n. c., p. 2). Le texte apparaît donc comme un signifiant pour l'objet géométrique, mais ne se confond pas avec lui (Balacheff, 2014).

Dans le paragraphe qui suit, nous aborderons la différence qui est faite entre les termes « preuve » et « démonstration », mais nous discuterons également le statut des éléments d'une démonstration.

2.3.3 Preuve ou démonstration ?

Nous abordons une particularité des mathématiques qui est la démonstration, ce qui distingue, d'après Andler (2004), les mathématiques des autres sciences.

Dans les classes du primaire, ainsi que les deux premières années de collège, les élèves sont entraînés à observer des situations, reconnaître des figures en géométrie, apprendre à les nommer. Le classe de quatrième a souvent été présentée comme une classe charnière, car c'est là que l'élève est confronté à ses premières démonstrations, quoi que courtes, mais suffisantes pour le déstabiliser. Jusqu'à la fin de sa scolarité, l'élève sera amené à démontrer en faisant des raisonnements de plus en plus élaborés.

Dans les programmes nous voyons utilisé le mot « preuve » et parfois « démonstration »⁵⁶ ; dans les discussions ordinaires, le professeur de mathématiques utilise souvent les termes preuve, démonstration, argumentation sans les distinguer, mais est-ce la même chose ?

D'après le CNRTL⁵⁷, démontrer c'est « fournir la preuve de quelque chose ; c'est établir la vérité d'une chose (proposition affirmation, fait) d'une manière évidente, rigoureuse, par des faits ou par le raisonnement ». Ceci nous amène à regarder du côté du raisonnement. Toujours selon le CNRTL⁵⁸, un raisonnement est une « opération qui consiste à lier deux propositions pour former une troisième (ou conclusion), au moyen de règles logiques ». Concernant la preuve, on a la définition suivante : « calcul permettant de vérifier l'exactitude du résultat d'une opération en faisant l'opération inverse. La preuve de la soustraction se fait par l'addition » (Chezel, et Rougeaux, 1949).

⁵⁶ Eduscol, 2009, Document ressource pour les classes de 6^e, 5^e, 4^e, 3^e raisonnement et démonstration.

⁵⁷ CNRTL, Repéré sur <https://www.cnrtl.fr/lexicographie/d%C3%A9montrer>, consulté le 6/2/2019.

⁵⁸ CNRTL, repéré sur <https://www.cnrtl.fr/definition/raisonnement>, consulté le 6/2/2019.

Balacheff (2017, p. 148) appelle preuve « une explication acceptée par une communauté donnée à un moment donné », en précisant qu'une preuve a un format particulier incluant des énoncés et des règles. Il appelle ces preuves des démonstrations. Selon lui la démonstration se différencie de la preuve par sa dimension sociale. À regarder de plus près la définition du CNRTL⁵⁹, dans l'acte de démontrer on retrouve la dimension sociale : lorsqu'on démontre, on marque son intention de convaincre. En situation d'apprentissage, l'élève réalise une démonstration qu'il confronte avec celle de ses camarades ou qu'il soumet à l'enseignant, donc l'interaction entre pairs ou avec l'enseignant est bien présente.

Grise et Piérault (1983) d'une part, et Duval (1992) d'autre part, différencient la démonstration de l'argumentation. Selon eux l'argumentation a pour but l'efficacité tandis que la démonstration a pour but la recherche de la vérité ; pour Balacheff « l'argumentation est à la conjecture ce que la démonstration est au théorème » (Hitt, n. c., p. 2) et il considère que l'argumentation est un obstacle épistémologique à la démonstration.

À la lumière de tout ce qui précède on peut comprendre (et le débat n'est probablement pas clos) qu'une argumentation est constituée d'éléments qui permettent de justifier la position choisie dans l'établissement d'une propriété, qu'on se propose de démontrer. L'argumentation, comme il a été dit précédemment, se base sur des constatations qui peuvent être visuelles (par exemple lorsqu'un élève conjecture une propriété à l'aide de géogebra, il dit ce qu'il voit). Donc l'argumentation repose sur l'expérience du sujet par rapport à la question posée. Si comme il a été dit plus haut, que l'argumentation a un but d'efficacité, alors celui qui argumente présentera des arguments qui lui semblent solides dans le but de convaincre.

S'il est relativement simple de comprendre ce qu'est une argumentation, la frontière est plus mince, entre la preuve et la démonstration, car lorsqu'on fait une preuve ou qu'on démontre on cherche à établir la vérité sur une propriété ou un théorème au moyen d'un raisonnement. Il semble toutefois qu'il faille distinguer la preuve sociale qui est considérée comme vraie lorsqu'admise par un ensemble de personnes, à un moment donné. En mathématiques, on parle plus de démonstration pour désigner le fait d'associer des propositions et d'en obtenir une troisième par l'emploi de règles. Dans la démonstration, on articule des éléments de logique

⁵⁹ CNRTL, repéré sur <https://www.cnrtl.fr/lexicographie/d%C3%A9montrer>, consulté le 6/2/2019.

avec des éléments du langage naturel, ce qui permet de penser que « la démonstration est un texte » (Lebaud, n. c.).

Concernant l'obstacle épistémologique soulevé par Balacheff (2017, p. 148) au sujet de l'argumentation, il semble réel pour beaucoup d'élèves. La notion d'obstacle épistémologique a été introduite par Bachelard en 1938 est liée à des contraintes culturelles et psychologiques (Sagaut, 2008, p. 172). Dans la théorie de Khun et Bachelard, ces obstacles ont été nécessaires pour le développement de la science ; en effet ils soutiennent que ce dernier s'est fait grâce aux révolutions scientifiques (Khun, 1962) dont la révolution copernicienne en est un exemple.

Comme tout texte, une démonstration mathématique doit satisfaire des règles de cohérence et de cohésion ; toutes les parties doivent être logiquement liées les unes aux autres et l'ensemble formé doit être cohérent. Pour cela l'élève doit bien discerner les prémisses constituées par des hypothèses, des propriétés utilisées et de la conclusion. On se rend compte qu'un obstacle en cache un autre puisque le mot hypothèse a une signification bien spéciale en mathématique. Dans les sciences expérimentales, l'hypothèse est appelée à être confirmée ou réfutée ; en mathématique, elle constitue une « proposition fournie comme donnée d'un problème, ou qui sans avoir besoin d'être démontrée, sert de base à la démonstration d'un théorème par voie logique »⁶⁰.

Dans la démonstration, l'élève se trouve confronté à un vocabulaire spécifique qui n'est pas toujours très compréhensible pour lui :

« [...] pour faire une démonstration en géométrie, on articule différents pas ternaires, hypothèse-règle-conclusion, l'hypothèse étant introduite par « on sait que », la conclusion par « donc », la règle justifiant le passage de la première à la seconde étant éventuellement introduite par « or » » (Gandit, 2004, p.38).

La démonstration présente encore une erreur qui est fréquemment faite par les élèves, le fait de considérer ce qu'on doit montrer comme une vérité, puisque si on doit le montrer c'est que c'est vrai et comme une hypothèse en mathématique est aussi vraie alors l'élève attribue le même statut à ces deux éléments (Gandit, 2004). Gandit précise, entre autres, qu'il ne faut pas donner

⁶⁰ CNRTL, repéré sur <https://www.cnrtl.fr/definition/hypoth%C3%A8se>, consulté le 6/2/2019.

de modèle de démonstration (Duval, 1991). Bossez (2013) avait aussi identifié de nombreuses difficultés rencontrées par les élèves de collège sur la résolution de problèmes.

Dans les classes de collège, souvent les problèmes de géométrie sont accompagnés d'une figure. Au lycée, l'élève doit autant que possible faire un dessin pour se représenter la situation. Certains auteurs par exemple, voient le dessin comme le moyen de mémoriser un théorème (en faisant une succession de schémas montrant au début les hypothèses et à la fin la conclusion ; ils insistent sur le fait que les dessins doivent être réalisés par les élèves et non par le professeur, afin de mieux mémoriser (Bellard et Lewillion, 2001). Par ailleurs, la qualité du dessin réalisé va conditionner « en grande partie la réussite » (Roditi, 2009).

L'élève va raisonner en s'appuyant sur le dessin réalisé. Lorsque l'élève fait une figure sur papier non quadrillé, il ne se pose pas les mêmes questions que lorsqu'il le fait sur une feuille quadrillée ; en effet, sur la feuille quadrillée, il place des points souvent aux nœuds entre les lignes et n'exploite pas les propriétés du dessin ; les constructions se font souvent à moindre coût. On sait que lorsque le dessin réalisé n'est pas un exemple générique, cela peut le conduire à des résultats valables uniquement dans le cas particulier qu'il a choisi.

La validation de la preuve est évoquée par plusieurs chercheurs. Bossez (2003, p. 8) précise que l'acceptation d'une preuve est liée à son rapport à l'institution. Selon Bossez (2003), une preuve reposant sur une notion ne figurant pas au programme ne sera pas acceptée. Ainsi un élève de seconde qui, dans ses écrits, résoudrait une équation de degré deux en utilisant le discriminant ne verrait pas ses écrits validés car la résolution des équations du second degré en utilisant le discriminant ne figure qu'à partir du programme de première. Il précise que c'est « le professeur, encadré par les programmes scolaires, qui en est juge ». Ceci pose une question : cela voudrait donc dire qu'un élève n'a pas le droit d'approfondir ses recherches, de faire preuve de curiosité en allant sur Internet pour pouvoir découvrir par lui-même comment résoudre une équation de degré deux ? Ceci n'encourage-t-il pas les élèves à ne faire que ce qui leur est demandé ? Que prévoit-on alors pour ceux qui veulent aller plus loin ?

Nous terminerons sur ce concept en précisant quelques éléments relatifs à la démonstration car leur méconnaissance peut être source d'erreur.

Hypothèse : nous reprenons la définition donnée par le CNRTL⁶¹. Une hypothèse est « une proposition fournie comme donnée d'un problème, ou qui, sans avoir besoin d'être démontrée, sert de base à la démonstration d'un théorème par voie logique ». Ainsi dans un énoncé on considère comme hypothèse les différentes données. Les hypothèses fixent donc le cadre de travail, comme le rappelle Hadamard (1898, p.2) : « [...] hypothèse indique l'ensemble des conditions dans lesquelles on se place ».

Conclusion : toujours selon le CNRTL⁶², en logique, elle constitue la « troisième proposition d'un syllogisme dont la vérité est établie si les prémisses sont vraies. » La conclusion est l'aboutissement d'un raisonnement déductif où dans un cadre fixé par les hypothèses, on est amené à appliquer des règles (théorèmes), dès lors que les données entrent dans le domaine d'application de ces théorèmes.

2.3.4 La notion de généricité en mathématiques

En mathématiques, une propriété est dite générique si elle est vraie presque partout ; dans le contexte d'un espace mesuré, c'est lorsqu'elle est vraie partout sauf sur un ensemble de mesure nulle. Le terme « générique » s'oppose au terme « singulier ». Dans un contexte de généricité, l'ensemble des éléments qui ne vérifie pas la propriété est un lieu singulier (André, n. c.) et donc est une exception. Comme cet auteur le souligne, « au sens mathématique strict, une singularité est donc un « défaut de lissité », une « aspérité » ou une « crise », dans un contexte génériquement lisse.

Concernant l'exemple générique, Balacheff (1987 p. 164-165) affirme :

« L'exemple générique consiste en l'explicitation des raisons de la validité d'une assertion par la réalisation d'opérations ou de transformations sur un objet présent non pour lui-même, mais en tant que représentant caractéristique d'une classe d'individus. La formulation dégage les propriétés caractéristiques et les structures d'une famille en restant attachée au nom propre et l'exhibition de l'un de ses représentants ».

Les programmes du lycée préconisent que les élèves soient être entraînés à utiliser les connecteurs logiques « et » et « ou », et à distinguer leur signification du sens usuel qu'ils ont

⁶¹ CNRTL, repéré sur <https://www.cnrtl.fr/definition/hypoth%C3%A8se>, consulté le 6/2/2019.

⁶² CNRTL, repéré sur <https://www.cnrtl.fr/definition/conclusion>, consulté le 6/2/2019.

dans le langage naturel. De même ils doivent être entraînés à utiliser les quantificateurs existentiel et universel sans que ces derniers ne soient explicitement introduits.

Lorsqu'on demande à un élève de dessiner un triangle, certains élèves dessinent un triangle isocèle ou rectangle. Le problème de ces figures particulières est que ces triangles possèdent des propriétés qui ne sont pas transférables au cas général. Lorsque la consigne est « soit un nombre x », sachant qu'ils doivent faire le calcul à la main, les élèves choisissent souvent des nombres entiers ; inversement, lorsque le professeur propose des exemples, il fait souvent intervenir des nombres entiers. De même, en classe de terminale scientifique, les matrices proposées ont souvent des coefficients entiers. Les triangles rectangles ou isocèles sont bien des triangles mais ils ne sont pas des exemples génériques ; il en est de même des nombres entiers, dans l'ensemble des nombres réels.

Les programmes précisent qu'une preuve apportée sur un exemple générique est une forme de raisonnement déductif car la démonstration est faite sur un exemple et est transférable au cas général. Dans ce cadre, il faut faire identifier aux élèves en quoi l'exemple est générique⁶³.

On constate donc que l'institution a tendance à s'accorder avec le contexte dans lequel évoluent les élèves, à savoir, choisir des exemples qui facilitent les calculs même si ces exemples ne sont pas génériques et c'est ce qui est souvent montré alors on aboutit à des effets de contextes (Delcroix, Forissier et Anciaux, 2013) lorsqu'on leur dit que l'exemple qu'ils ont choisi n'est pas générique.

Expliquer à l'élève en quoi son exemple n'est pas générique lui permettrait peut-être de comprendre pourquoi dans une démonstration par exemple, on ne peut pas remplacer x par un nombre.

On peut distinguer trois niveaux de raisonnement selon Balacheff (1988), repris par Bossez (2013, p. 10) :

- L'empirisme naïf : vérification d'une propriété sur plusieurs cas ;
- L'expérience cruciale : vérification de la propriété sur un cas pour lequel « on ne se fait pas de cadeau » ; l'élève considère alors que la propriété valable pour ce cas peut être généralisée ;

⁶³ Eduscol, 2009, Document ressource pour les classes de 6^e, 5^e, 4^e, 3^e, raisonnement et démonstration.

- La preuve intellectuelle : elle repose sur la manipulation d'énoncés. Balacheff distingue trois types :
 - L'expérience mentale : il y a absence d'action effective sur un objet particulier ; « l'élève imagine l'action et ses conséquences sur l'objet sans recourir à un exemple » ;
 - Le calcul sur les énoncés : c'est une preuve qui procède de l'expérience mentale mais qu'on ne peut accepter comme démonstration parce qu'incomplète. Comme on l'a dit précédemment, l'acceptation est décidée sur la structure de la preuve fournie par l'élève, c'est-à-dire l'enchaînement d'assertions déduites logiquement par l'utilisation de règles ;
 - La démonstration : correspond à un raisonnement fait en respectant les règles de déduction.

2.3.5 Exemples de travaux d'élèves de première scientifique

L'exercice dont l'énoncé est reproduit dans la Figure 2.6, a été proposé aux élèves. Nous avons conservé la production de cinq élèves.

ABC est un triangle quelconque.
 Le point P est le symétrique de A par rapport à B .
 Le point Q est le symétrique de B par rapport à C .
 Le point R est le symétrique de C par rapport à A .
 I est le milieu de $[BC]$ et K le milieu de $[PQ]$.
 G et H sont les centres de gravité des triangles ABC et PQR .
 On choisit le repère $(A; \overrightarrow{AB}; \overrightarrow{AD})$.

Figure 2.6 : énoncé de l'exercice 4

Production 1 : Figure 2.7

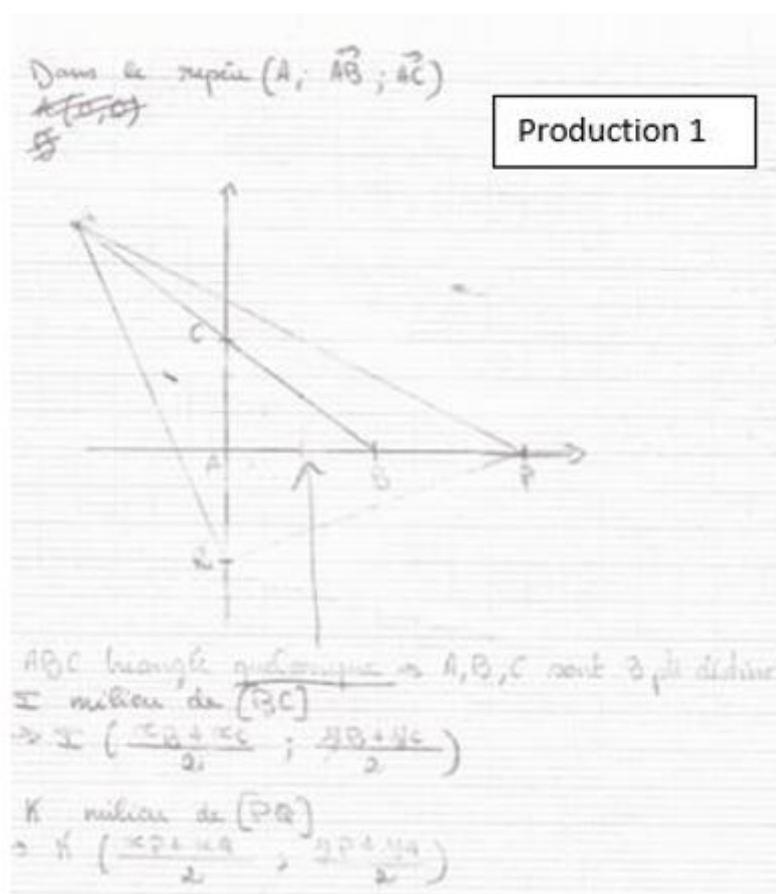


Figure 2.7 : Production 1

L'élève sais ce qu'est un repère et a identifié le type de calcul à faire car il rappelle les formules des coordonnées du milieu d'un segment. Toutefois la Figure 2.7 produite ne correspond pas à ce qui est attendu car il a été demandé un triangle quelconque (l'élève sur sa copie a bien marqué « quelconque », mais en fin de compte il produit un triangle rectangle dont la base est bien horizontale, ce qui permet pour lui une lecture plus aisée des coordonnées. Le repère est bien attaché à la figure mais dans la chronologie il a dû faire d'abord le repère et ensuite le triangle, donc il a d'abord répondu à la consigne « On choisit le repère $(A; \overrightarrow{AB}; \overrightarrow{AC})$ ».

Production 2 : Figure 2.8

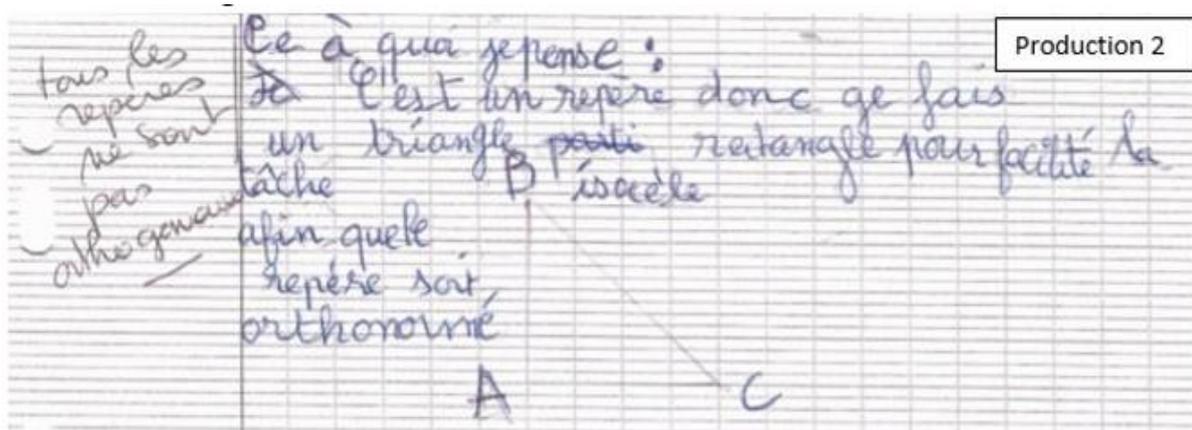


Figure 2.8 : Production 2

Pour cet élève, la consigne « repère $(A; \overrightarrow{AB}; \overrightarrow{AC})$ » a précédé la consigne « ABC est un triangle quelconque » (Figure 2.8). De plus il identifie tous les repères à des repères orthonormés, et donc cela explique le fait qu'il fasse un triangle rectangle. Les intentions de l'élève sont clairement annoncées, la figure est un triangle rectangle isocèle pour lui « faciliter la tâche ».

Production 3 : (Figure 2.9)

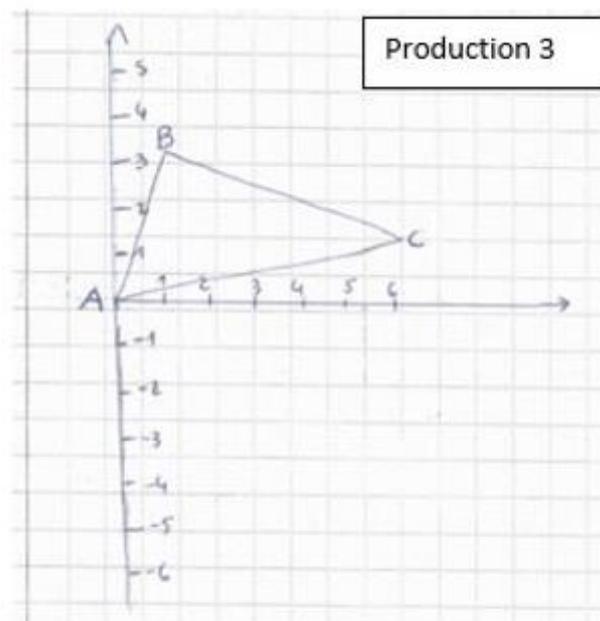


Figure 2.9 : Production 3

Sur cette copie (Figure 2.9), l'élève a dessiné un repère orthonormé, puis fait un triangle ABC qui est bien quelconque (d'ailleurs il a été fait à la main). Le point A est bien l'origine du repère. Mais le repère dessiné ne correspond pas à la demande car \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{AC} ne dirigent pas les axes des abscisses et ordonnées. Même si le triangle tracé correspond à ce qui est demandé, le repère dessiné n'est pas attaché à la figure.

Production 4 : (Figure 2.10)

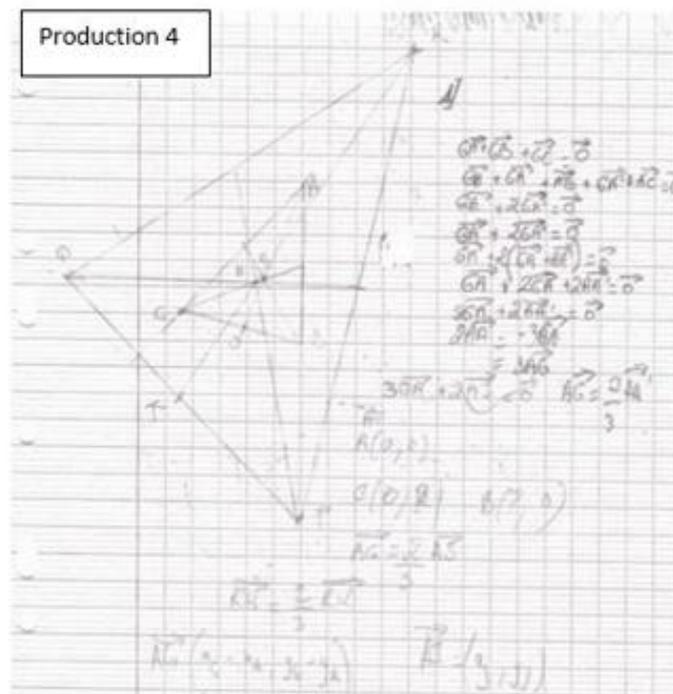


Figure 2.10 : Production 4

La figure est mal construite car les points G et H n'y paraissent pas confondus (Figure 2.10). Le triangle est bien quelconque.

L'élève a lu les coordonnées des points A, B et C . Il donne $A(0; 0)$, $B(2; 0)$ et $C(0; 2)$.

Les coordonnées du point A sont correctes par rapport au repère choisi, en revanche celles de B et C ne le sont pas. Dans sa construction, il a placé les milieux des segments $[AB]$ et $[AC]$ et il a probablement lu les coordonnées en faisant comme si ce sont les milieux qui servaient d'unité sur chaque axe.

Production 5 : (Figure 2.11)

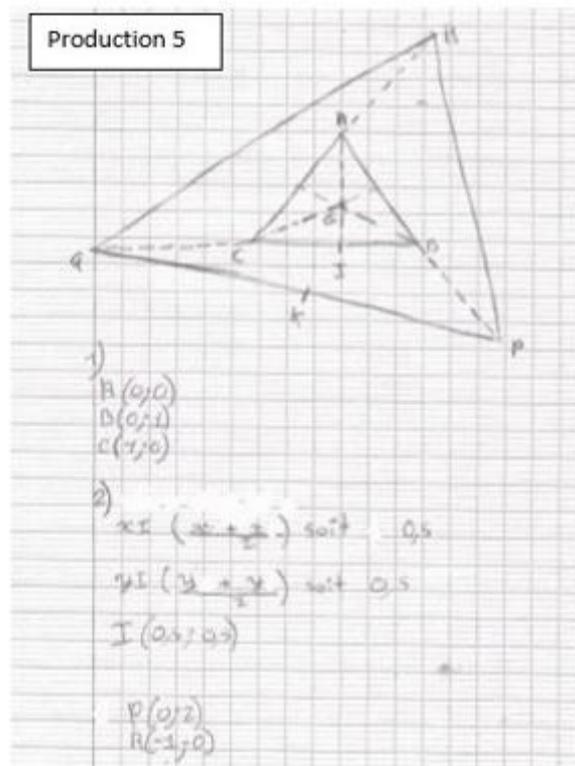


Figure 2.11 : Production 5

Pour cette production le triangle a été visiblement fait à main levée (Figure 2.11). Les consignes de l'énoncé ont bien été respectées. La lecture des coordonnées des points A, B et C est correcte, de même que le calcul des coordonnées du point I.

Pour cet exercice, l'élève doit inhiber l'automatisme qui consiste à faire un repère orthonormé d'une part, et un triangle particulier d'autre part. Dans les trois premières productions on voit bien que dessiner un repère orthonormé est la consigne que l'élève concerné juge plus importante alors qu'en fait à aucun moment le mot « orthonormé » (Figures 2.7 et 2.8), ni même « orthogonal » (Figure 2.9) ne figure dans l'énoncé. D'autre part dans les productions 3 et 5 (Figure 2.9 et 2.11), le tracé est fait à la main. Les tracés à la main permettent de rechercher des conditions nécessaires dans des problèmes mais ils permettent également de conduire des raisonnements. Cela nous amène à clarifier la terminologie employée.

2.3.6 L'implicite dans l'enseignement des mathématiques

Pour une définition nous donnerons celle du CNRLT⁶⁴ qui est la suivante :

« Est implicite ce qui, sans être énoncé expressément, est virtuellement contenu dans un raisonnement ou une conduite ». Crahay (2002) pense que le comportement des enseignants dépend de leurs conceptions sur l'éducation et fait l'hypothèse que « chez tout individu, les représentations relatives au développement et à l'éducation s'organisent de façon cohérente au point de constituer une théorie qualifiée d'implicite ». Pourtant, Desmet et Nimal (2004) soulignent le fait « qu'il y a un caractère implicite permanent, essentiel de l'éducation ». Martinand⁶⁵ (Cohen-Azaria et Sayac, 2009, p. 13-34) affirme que l'implicite peut revêtir un caractère péjoratif, obscur.

La première rencontre entre l'implicite et l'élève se fait à travers le contrat didactique (Brousseau, 1984) où chacun accepte de manière tacite les attentes de l'autre. Dans le contrat didactique, l'enseignant ne dit pas tout, sinon il n'y aurait pas d'apprentissage. Le paradoxe de la relation didactique fait que l'élève accepte de se retrouver dans une situation adidactique où il va vers des choses qu'il ne connaît pas encore ; dans ce même contrat, l'enseignant se doit de faire réussir l'élève en acceptant le fait de le mettre dans une situation de déséquilibre. On voit donc que dans l'enseignement, il y a une part d'implicite programmée puisque l'élève a une part du chemin à faire et une part d'implicite non programmée ; c'est ce que Schubauer-Leoni *et* Leutenegger, repris par Cohen-Azaria et Sayac (2009) appellent les impensés. Dans une bonne analyse à priori de la situation didactique, les implicites devraient être programmés, mais dans la pratique, il y a des choses qui échappent à la vigilance de l'enseignant.

Les situations d'implicite ou de non-dit sont nombreuses en mathématiques :

- Lorsqu'un enseignant met les élèves en îlots, il ne dit pas toujours ce qui est attendu d'eux ; pourquoi les met-il en îlots ? Les élèves obéissent au contrat didactique et travaillent chacun de leur côté sans qu'il y ait d'interaction positive. Dans d'autres cas les élèves peuvent considérer cela comme une formidable occasion de parler avec les camarades sur tout autre sujet ne concernant pas la raison pour laquelle, implicitement l'enseignant les a mis en îlots ;

⁶⁴ CNRTL, repéré sur <https://www.cnrtl.fr/definition/implicite>, consulté le 6/2/2019.

⁶⁵ Risques et vertus de l'implicite, 2004.

- Dans une phase de dévolution, l'enseignant peut omettre de donner une consigne ; une rupture du contrat fera qu'un élève posera une question ce qui permettra à l'enseignant de réaliser qu'il a omis de donner une information qui est peut-être capitale pour le travail demandé ;
- Dans les programmes, au nom de la liberté pédagogique, l'implicite est au détour de chaque contenu. Schubauer-Leoni et Leutenegger (2009) affirment : « si les phénomènes de transposition didactique ont un caractère générique (il n'y a pas de processus d'enseignement/apprentissage hors contrainte transpositive) » ;
- L'implicite est encore présent lorsqu'un élève se voit confié une tâche avec des prérequis que l'enseignant pense possédés par les élèves qu'il a en face de lui, alors que ce n'est pas le cas ;
- Lors d'une étude menée en ZEP, Bautier, Charlot et Rochex (2001) ont constaté que « Les enseignants n'ont pas l'habitude d'expliquer aux élèves ce qui est attendu d'eux. », ce qui est la base de nombreuses incompréhensions.

L'implicite « impensé » est souvent à la base d'une rupture de contrat et peut entraîner des glissements dans les objectifs visés.

2.4 Éléments de contexte chez l'enseignant et l'élève

2.4.1 Le modèle PCK

La notion de PCK, Pedagogical Content Knowledge, a été introduite pour la première fois par Shulman (1986) qu'il considère comme étant « la connaissance à usage pédagogique du contenu de l'enseignement ». Pour Ma (1999), le PCK regroupe l'ensemble des savoirs utilisés par l'enseignant et il correspond à ce que Brousseau appelle l'épistémologie pratique des enseignants.

À l'origine de ce concept figure une étude faite aux USA sur l'éducation et la formation des enseignants au débuts des années 1980⁶⁶. Ce texte majeur a été suivi par plusieurs travaux qui préconisent une professionnalisation du métier d'enseignant. Le projet était de créer « une base de connaissances propres au métier d'enseignant » (Raymond, 1998, p. 2). Selon Shulman, le PCK est une caractéristique des enseignants, « un type de savoir qui leur est propre ». Shulman a analysé le rôle de ces connaissances dans le travail de planification de l'enseignement ; pour

⁶⁶ Rapport « A Nation at Risk » fait par la National Commission on Excellence in Education (NCEE)

cela il a observé des enseignants débutants et des enseignants expérimentés. Toutefois, cette étude de Shulman n'était pas la première expérience d'observation de pratiques chez les enseignants. Ainsi, En effet, Smith et Geoffrey⁶⁷ (1968), ont mené une série d'observation en milieu urbain pendant une année. Smith innove en faisant de Geoffrey, l'enseignant observé, le co-auteur des travaux. L'anonymat de l'enseignant était assuré par ce pseudonyme. Smith a observé une classe pendant tout un semestre. L'objectif de cette étude était d'observer la communication non verbale. Shulman (1991) évoque également le fait que l'œil de celui qui observe n'est pas neutre ; deux observateurs pourraient décrire des faits différemment et il en est de même de la personne observée.

Selon De Jong (1998), qui a étudié la manière de penser des enseignants et leurs pratiques en sciences physiques, pense qu'elles sont étroitement liées et influent l'une sur l'autre tout au long du processus d'enseignement.

2.4.2 Le transfert chez l'élève

Le terme de transfert a été introduit par le psychanalyste Freud⁶⁸ en 1900. Il désigne le processus consistant à reporter sur une autre personne les désirs refoulés que quelqu'un porte en lui et qui sont souvent liés aux parents. Ce terme désigne un déplacement de quelque chose d'immatériel.

Il est évident qu'un enseignant ne fait pas qu'enseigner, il transfère, même inconsciemment un système de valeurs à ses élèves. La notion de transfert didactique a été développée par Blanchard-Laville (1997), puis Chaussecourte (2003) lors d'observation clinique d'enseignants de mathématiques ; cette notion de transfert concerne « l'espace d'enseignement structuré au niveau psychique par un scénario projeté par l'enseignant » (Blanchard-Laville, 1997). La notion de transfert qui nous intéresse ici est le transfert des connaissances, de cette capacité que peut avoir un élève de réinvestir dans un autre contexte une connaissance vue dans un contexte particulier.

Selon Tardif et Meirieu (1996), le transfert de connaissance existe à l'intérieur d'une même matière : « les élèves passent de la leçon à la pratique ou encore d'une pratique à une autre. » ;

⁶⁷ Pseudonyme d'un enseignant observé par Louis Smith.

⁶⁸ Sigmund Freud : psychanaliste autrichien à qui on doit la naissance de la psychanalyse ; né en 1856 et décédé en 1939 en Grande-Bretagne. Il introduit le transfert dans son livre intitulé « L'interprétation du rêve » en 1899.

C'est le cas lorsque les élèves utilisent une notion vue en mathématiques et qu'ils sont incapables de l'utiliser dans une autre matière ; un exemple flagrant est la notion de dérivée vue en mathématiques et de sa relation avec la notion de vitesse en sciences physiques.

Sur la notion de transfert, Tardif et Meirieu (1962, p. 2) affirment :

« Le transfert d'une connaissance est essentiellement une forme de recontextualisation de cette dernière, une sorte de « transport » de la connaissance en question d'une situation A à une situation B et, idéalement, à $N + 1$ situations. Le transfert se produit lorsqu'une connaissance acquise dans un contexte particulier peut être reprise d'une façon judicieuse et fonctionnelle dans un nouveau contexte, lorsqu'elle peut être recontextualisée. Cependant, il importe de signaler que, pour pouvoir recontextualiser une connaissance, l'élève doit y avoir accès en mémoire. C'est là une condition incontournable pour que le transfert soit possible ».

Pour y parvenir les auteurs conseillent de repérer les éléments de structure des éléments de surface et de varier au maximum les éléments de surface, caractérisant une contextualisation faible (Delcroix, Forissier et Anciaux, 2013) ; dans une utilisation des pourcentages où les éléments de surface concerneraient le calcul de taxe, varier les éléments de surface reviendrait à utiliser les pourcentages dans la baisse du volume d'un bassin. Les contextes argent et volume sont très différents. Les situations variées de recontextualisation permettent une meilleure décontextualisation des éléments de structure.

Concernant les méthodes pour y arriver, Tardif et Meirieu (1996) distinguent les connaissances générales (qui peuvent être communes à plusieurs domaines) des connaissances particulières. À ce sujet, Detterman (1993) pense que « si vous souhaitez qu'un élève apprenne quelque chose, il faut lui enseigner ce quelque chose ». Selon lui, « il est totalement inutile d'enseigner un contenu x en espérant que l'élève apprendra y », propos repris par Brossard (1999, p. 28).

La notion de transfert intervient dans l'enseignement stratégique (Tardif, 1992) consistant à faire l'élève prendre conscience des moyens qu'il met en jeu lors de l'apprentissage dans le but de pouvoir transférer. C'est un enseignement explicite où les connaissances procédurales concernant la manière de faire, les connaissances conditionnelles concernant le contexte et les raisons justifiant la manière de procéder, les connaissances déclaratives sur le contenu sont pleinement discutées avec l'élève.

2.4.3 Des pratiques qui créent des obstacles cognitifs

2.4.3.1 Les automatismes à outrance

Selon Houdé (2014), l'heuristique « longueur égal nombre » est créée par la manière dont on apprend les nombres aux enfants : on représente les nombres par des alignements d'objets identiques ; un objet pour le nombre un, deux objets pour le nombre deux, etc. Visuellement, le nombre dix dont la chaîne comporte dix objets paraît plus longue que celle correspondant au nombre cinq donc l'enfant apprend que plus la chaîne est longue, plus le nombre est grand.

D'autre part, le fait qui consiste à insister « lourdement » sur un automatisme peut créer des blocages cognitifs et empêcher la résistance cognitive : « À l'école ce sont les automatismes de pensée surappris qui créent les blocages cognitifs et les erreurs » (Houdé, 2014, p.52).

2.4.3.2 Une vigilance nécessaire sur la réalisation des figures

Concernant la géométrie, on a insisté précédemment sur la différence entre dessin, figure mais, selon Balacheff (2014, p. 1), on a tendance à oublier que :

« L'élève raisonne sur ce qu'il voit tracé sur sa feuille comme s'il s'agissait de l'objet géométrique lui-même, aussi lui attribue-t-il souvent des propriétés anecdotiques liées au tracé particulier qu'il a sous les yeux, ou des propriétés de stéréotypes forgés dans les habitudes de représentation silencieusement établies dans la classe ».

Les figures prototypiques dont on a parlé plus haut sont concernées par ces propos, lorsque les enseignants représentent toujours un type d'objet de la même façon.

Ce sont des gestes professionnels qui sont bien souvent inconscients, et qui à la longue se gravent dans la mémoire visuelle des élèves et cela a une incidence parfois sur sa capacité à reconnaître ces figures dans un autre cadre comme les logos ou les panneaux qui utilisent ces figures géométriques, comme nous le verrons au chapitre 4. Comme le précisent Robert et Roditi (2014), les enseignants expérimentés sont plus vigilants sur les gestes professionnels, mais cela ne donne pas lieu forcément à une remise en question.

2.4.3.3 L'absence de références

Le rapport Roux et Olivier (2001, p. 6) souligne le fait que souvent les élèves ne marquent pas les références (numéros des exercices, notion, bilan de la méthode utilisée) et insiste sur l'absence d'une partie brouillon où l'élève pourrait chercher ; les auteurs regrettent que trop souvent les activités se limitent à des textes à trous à remplir dans les petites classes, les élèves

n'étant pas encore en mesure de rédiger des phrases, mais dans les grandes classes à partir du collège, les textes à trous permettent de gagner du temps.

2.4.3.4 La prise de note

Souvent les élèves se contentent de recopier le tableau et ils ne sont pas armés pour avoir un avis critique sur ce qui est écrit ; certains peuvent se rendre compte d'erreurs qui relèveraient plus de la langue que des mathématiques. Comme l'a rappelé le rapport Roux et Olivier (2001) il a été observé que les progressions sont souvent très proches de celles du livre utilisé. De plus les activités des élèves, que ce soit dans l'introduction d'une notion nouvelle ou dans les exercices, sont très dirigées et il n'y a pas de synthèse leur permettant de faire un retour sur l'objectif de l'exercice ou l'activité (Roux et Olivier, 2001).

2.4.3.5 Un manque d'interdisciplinarité

Dans les conversations ordinaires, les professeurs affirment que les élèves ne voient pas le lien fait entre les mathématiques et les autres disciplines, pourtant les programmes indiquent des passerelles possibles (Programmes de première et terminale scientifique) ; de plus ils trouvent les activités trop longues (Roux et Olivier, 2001). Certaines notions vues en mathématiques et en physique peuvent être comprises dans l'une des deux matières et pas dans l'autre, parce que les variables utilisées ne sont pas les mêmes et les élèves ne font même pas le rapprochement entre les deux.

3 CADRE DE L'ÉTUDE

3.1 Objet et contexte de l'étude : analyse exploratoire

Une analyse exploratoire a été faite dans une classe de première Scientifique. L'effectif de la classe est de 31 élèves. J'ai constaté que lorsque je propose un exercice de géométrie où il est question de tracer un triangle, plusieurs élèves ont tendance à dessiner des triangles particuliers et cela m'a intriguée. J'ai donc proposé des exercices dans lesquels il était question de tracer un triangle. Ces exercices portent sur les vecteurs et l'utilisation des relations vectorielles. J'ai constaté que des élèves utilisent les lignes de la page pour faire le triangle, voire ils font des triangles particuliers. Je me suis posé la question de l'importance des mots (Johnson, 2010) et du matériel utilisé (feuille quadrillée ou feuille sans quadrillage). Mon objectif a été de croiser deux critères, un lié à la consigne et l'autre lié au matériel utilisé. Pour que tout cela soit fait de manière spontanée, j'ai varié les énoncés selon ces deux critères, comme le montre le tableau 3.1

Tableau 3.1 : Croisement des deux critères « matériel » et « consigne »

Matériel \ Consigne	« Soit ABC un triangle »	« Soit ABC un triangle quelconque »
Feuille quadrillée	Exercice 1	Exercice 4
Feuille non quadrillée	Exercice 5	Exercice 6

Dans la consigne « Soit ABC un triangle », il n'est pas précisé le mot « quelconque », ni « même isocèle, équilatéral ou rectangle » donc je m'attends à ce que les élèves fassent un triangle quelconque, d'autant plus que ce type de triangle ne requiert pas de contraintes en termes de longueurs ou d'angles, contrairement aux trois autres. Ensuite j'ai proposé la seconde consigne « Soit ABC un triangle quelconque ». Dans un premier temps, je n'ai pas précisé s'il fallait faire la figure sur feuille sans quadrillage ou sur le cahier. Comme je m'y attendais un peu, personne n'a évoqué la question du matériel et tous ont réalisé la figure sur leur page de cahier quadrillée.

Les exercices ont été posés à différents moments du cours pendant les premier et second trimestres. Les élèves n'ont pas été avertis de cette expérimentation pour que cela n'ait pas d'influence sur le résultat à observer.

Dans cette analyse exploratoire, l'effet qui a été mesuré est la variation d'une consigne (dont l'importance des mots) en rapport avec le matériel utilisé.

Exercice 1 :

31 élèves étaient présents. L'énoncé de l'exercice est reproduit dans la Figure 3.1.

Énoncé de l'exercice 1 : (Physique et maths-soutien scolaire et cours particuliers)

ABC est un triangle.

- Placer les points D, E et F tels que :
$$\overrightarrow{AD} = \frac{3}{2}\overrightarrow{AB} + \frac{3}{2}\overrightarrow{AC}, \overrightarrow{BE} = -\frac{1}{2}\overrightarrow{CB}.$$
- Placer F milieu de $[AC]$.
- Exprimer, en justifiant, le vecteur \overrightarrow{AB} en fonction de \overrightarrow{FE} .
- En déduire l'expression de \overrightarrow{AE} en fonction de \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{AC} .
- Trouver un réel k tel que $\overrightarrow{AD} = k\overrightarrow{AE}$.
Que peut-on alors conclure ?
- Placer le point M tel que $\overrightarrow{MA} - 3\overrightarrow{MB} = \vec{0}$.
- Placer le point G symétrique de F par rapport à C .
Montrer que $\overrightarrow{GA} = \frac{3}{2}\overrightarrow{CA}$ puis que $\overrightarrow{GD} = \frac{3}{2}\overrightarrow{AB}$.
- En déduire la nature du quadrilatère $AMDG$.

Figure 3.1 : Énoncé de l'exercice 1

Les résultats sont reproduits dans le Tableau 3.2. J'ai observé les figures réalisées (en termes de nature du triangle construit) lors de cet exercice et un tableau a été dressé selon les catégories de triangles observés ; les catégories observées sont : triangle quelconque, triangle isocèle, triangle rectangle, triangle équilatéral.

Tableau 3.2 : Résultat selon le type de triangle tracé (en pourcentage)

Nature du triangle	Nombre de cas	Pourcentage
Quelconque	17	54,84 %
Isocèle	14	45,16 %
Équilatéral	0	0,00 %
Rectangle	0	0,00 %

Dans le Tableau 3.2, la catégorie « Isocèle » correspond aux élèves ayant tracé un triangle isocèle qui ne soit pas équilatéral, et « Rectangle » correspond à ceux qui ont dessiné un triangle rectangle non isocèle.

On constate que 54,84% des élèves ont fait un triangle quelconque alors que 45,16% ont fait un triangle isocèle ; aucun n'a fait de triangle équilatéral ou rectangle.

Exercice 2 :

31 élèves étaient présents. L'énoncé de l'exercice est reproduit dans la Figure 3.2.

Énoncé de l'exercice 2 : (Transmath 1^{ière} S – Nathan, n°6 p. 172)
 ABC est un triangle.

1. Construisez le point D tel que :

$$5\overrightarrow{AD} = 3\overrightarrow{AB} + 2\overrightarrow{AC}.$$
2. a) À l'aide de la relation de Chasles, démontrer que $3\overrightarrow{BD} = \frac{2}{5}(\overrightarrow{AC} - \overrightarrow{AB}).$
 b) Déduisez-en que les points B, C, D sont alignés

Figure 3.2 : Énoncé de l'exercice 2

Les résultats sont reproduits dans le Tableau 3.3.

Tableau 3.3 : Résultat selon le type de triangle tracé (en pourcentage)

Nature du triangle	Nombre de cas	Pourcentage
Quelconque	19	61,29 %
Isocèle	11	35,48 %
Équilatéral	0	0,00 %
Rectangle	1	3,23 %

Lors du second exercice, 61,29% ont fait un triangle quelconque, 35,48% ont fait un triangle isocèle et 3,23% ont fait un triangle rectangle (Tableau 3.3). Alors que j'avais observé qu'un nombre important d'élèves avaient réalisé un triangle isocèle au premier exercice, entre les deux exercices j'ai précisé que les triangles isocèle, rectangle et équilatéral étaient des triangles particuliers et qu'en l'absence de la précision « isocèle », « rectangle » ou « équilatéral », on s'attend à voir un triangle quelconque. L'effet a été immédiat puisque 61,29% des élèves ont fait un triangle quelconque.

Exercice 3 :

31 élèves étaient présents. L'énoncé de l'exercice est reproduit dans la Figure 3.3.

<p><u>Énoncé de l'exercice 3 :</u> (Transmath 1^{ière} S – Nathan, n°66 p. 183)</p> <p>ABC est un triangle. Le point M est milieu du segment $[MC]$. Le point K est tel que $3\overrightarrow{CK} = \overrightarrow{CB}$. On veut démontrer que les points A, I et K sont alignés.</p> <ol style="list-style-type: none">1. Choisissez un repère et calculez les coordonnées de M, I et K dans ce repère.2. Concluez.

Figure 3.3 : Énoncé de l'exercice 3

Les résultats sont reproduits dans le Tableau 3.4.

Tableau 3.4 : Résultat selon le type de triangle tracé (en pourcentage)

Nature du triangle	Nombre de cas	Pourcentage
Quelconque	12	38,71 %
Isocèle	16	51,61 %
Équilatéral	0	0,00 %
Rectangle	3	9,68 %

On constate que tous ont encore fait la figure sur la page quadrillée et il y avait 38,71% qui ont fait un triangle quelconque, 51,61% qui ont fait un triangle isocèle et 9,68% qui ont fait un triangle rectangle (Tableau 3.4). Pour le troisième exercice, en plus de noter la nature du triangle construit, j'ai observé comment était disposé ce triangle sur la feuille et j'ai constaté que 74,19% des élèves ont scrupuleusement suivi une ligne du cahier pour y faire coïncider l'un des côtés de leur triangle.

On peut constater que sur trois premiers exercices, le pourcentage de cas où les élèves font des triangles particuliers est 48,39% contre 51,61% de triangles quelconques. De plus on a constaté sur le dernier exercice que 74,19% des élèves ont suivi les lignes du cahier en faisant le triangle sur une feuille quadrillée. Lorsque le mot « quelconque » n'apparaît pas dans l'énoncé, un nombre non négligeable d'élèves font des triangles particuliers (isocèles pour un bon nombre ou rectangle).

Pour l'exercice qui suit, on a varié la consigne qui devient « Soit ABC un triangle quelconque ».

Exercice 4 :

29 élèves étaient présents. L'énoncé de l'exercice est reproduit dans la Figure 3.4.

Énoncé de l'exercice 4 : ABC est un triangle quelconque. Le point P est le symétrique de A par rapport à B . Le point Q est le symétrique de B par rapport à C . Le point R est le symétrique de C par rapport à A . I est le milieu de $[BC]$ et K le milieu de $[PQ]$. G et H sont les centres de gravité des triangles ABC et PQR . On choisit le repère $(A; \overrightarrow{AB}; \overrightarrow{AD})$. <ol style="list-style-type: none">1. Déterminer les coordonnées des points A, B et C.2. Calculer les coordonnées du point I puis celles de G.3. Calculer les coordonnées des points R, P, Q et K.4. Démontrer que les points G et H sont confondus.

Figure 3.4 : Énoncé de l'exercice 4

Les résultats observés sont reproduits dans le Tableau 3.5.

Tableau 3.5 : Résultat selon le type de triangle tracé (en pourcentage)

Nature du triangle	Nombre de cas	Pourcentage
Quelconque	27	93,10 %
Isocèle	2*	6,89 %
Équilatéral	0	0,00 %
Rectangle	2*	6,89 %

Légende : * Deux élèves ont construit un triangle rectangle isocèle.

Dans cet exercice la consigne sur le type de triangle attendu a été modifiée en ajoutant le terme « quelconque » ; cela a eu pour effet que majoritairement les élèves ont construit un triangle quelconque comme demandé (Tableau 3.5). Deux parmi eux ont fait un triangle rectangle par rapport au fait qu'il y avait un repère attaché à la figure construite ; ils ont assimilé le repère demandé à un repère orthonormé et ont construit un triangle rectangle isocèle. Une élève a d'abord placé le repère puis fait un triangle quelconque en ne répondant que partiellement à la consigne.

Exercice 5 :

31 élèves étaient présents. L'énoncé est le même que dans l'exercice 2, auquel on a ajouté la consigne suivante :

On fera une figure sur feuille non quadrillée.

Les résultats sont reproduits dans le Tableau 3.6 :

Tableau 3.6 : Résultat selon le type de triangle tracé (en pourcentage)

Nature du triangle	Nombre de cas	Pourcentage
Quelconque	28*	90,32 %
Isocèle	2**	6,45 %
Équilatéral	0	0,00 %
Rectangle	1***	3,26 %

Légende :

* Un élève n'a pas respecté la consigne sur le matériel et a fait la figure sur papier quadrillé mais le triangle tracé est bien quelconque.

** Les deux élèves qui ont fait des triangles isocèles n'ont pas respecté la consigne sur le type de papier à utiliser ; ils ont fait la figure sur feuille quadrillée.

*** Une élève a fait un triangle rectangle et a utilisé une feuille non quadrillée.

Comme dans l'exercice 2, le mot « quelconque » n'est pas précisé. Il n'y a eu que le matériel utilisé qui est différent : les élèves réalisent la figure sur papier non quadrillé. On constate que le pourcentage d'élèves dessinant un triangle quelconque est élevé (Tableau 3.6).

Exercice 6 :

31 élèves étaient présents. L'énoncé est le même que dans l'exercice 3, auquel on a ajouté le terme « quelconque » ainsi que la consigne suivante :

On fera une figure sur feuille non quadrillée.

Les résultats sont reportés dans le Tableau 3.7.

Tableau 3.7 : Résultat selon le type de triangle tracé (en pourcentage)

Nature du triangle	Nombre de cas	Pourcentage
Quelconque	30	96,77 %
Isocèle	1	3,23 %
Équilatéral	0	0,00 %
Rectangle	0	0,00 %

On constate que, lorsque le mot « quelconque » est présent et lorsque la figure est réalisée sur une feuille non quadrillée, le pourcentage d'élèves réalisant un triangle quelconque est, comparé aux résultats obtenus aux exercices précédents, le plus élevé (Tableau 3.7).

3.2 Problématique et hypothèses

Dès le cycle 2, les élèves apprennent à tracer et reconnaître les figures géométriques qu'ils retrouveront à travers des problèmes en cycle 4 et au lycée. Le développement des neurosciences avec l'imagerie médicale, ainsi que des travaux récents (Deheane ; Houdé, 2014) ont permis de lever un peu le voile sur le fonctionnement du cerveau et plus précisément sur les zones sollicitées. Toutefois, tout cela n'empêche pas de très nombreux élèves à continuer à éprouver des difficultés sur l'apprentissage des mathématiques. Plusieurs travaux en didactique des mathématiques apportent des éclaircissements sur ces difficultés dans les classes de collège (Monti et Plourdeau, 2003 ; Bossez, 2013), et quelques-uns en lycée. Cependant, il n'existe pas d'étude sur le contexte particulier de la Guadeloupe.

Des travaux ont prouvé que les enseignants viennent chacun avec leur contexte, leur vécu et ce vécu influe sur leur manière de transmettre le savoir (Shulman, 1986). Les pratiques d'enseignement varient donc d'un enseignant à l'autre, que ce soit dans le contrat didactique qui les lie à leurs élèves, que des situations d'enseignement et de tout ce qui touche à l'implicite.

Élèves et professeurs se retrouvent donc à construire des savoirs dans une action conjointe où chacun s'exprime et reçoit selon son contexte personnel. Notre préoccupation est donc de comprendre le rapport des enseignants et des élèves aux mathématiques, sous l'angle particulier de la géométrie. D'où la question générale de recherche :

(P) : Quel est le rapport des enseignants et des élèves à la géométrie ?

Le rapport Roux et Olivier (2001) examine l'activité de l'élève mais aussi précise l'importance de l'activité enseignante, en particulier sur les consignes transmises aux élèves. Le document espace et géométrie concernant le cycle 3⁶⁹ rappelle la vigilance à observer concernant la représentation des figures géométriques au tableau car selon le rapport Roux et Olivier, les

⁶⁹ Eduscol, 2016, Mathématiques, espace et géométrie, cycle 3, p.7

élèves reproduisent ce qui est écrit au tableau. La construction de figures géométriques étant à la base de l'activité dans ce domaine, nous sommes amenés à formuler l'hypothèse suivante :

(HP1) : Les enseignants font des figures prototypiques.

Dans notre démarche, nous avons souhaité interroger les paramètres pouvant influencer sur la construction de ces figures, en particulier sur les supports utilisés pour la construction de ces figures, d'où l'hypothèse :

(HP2) : Le support utilisé influe sur la réalisation de la figure tracée.

Nous avons également souhaité savoir quelle place est accordée à la géométrie dans la pratique de l'enseignant, en particulier comment cet enseignement est organisé. Notre troisième hypothèse est donc la suivante :

(HP3) : Les enseignants ne font pas de la géométrie une priorité dans leur enseignement.

S'il s'avère que l'enseignant lui-même fait des figures prototypiques, quel peut être l'impact sur l'apprentissage de l'élève ? Lorsque l'élève utilise des feuilles quadrillées pour son cours de géométrie, quel impact cela peut-il avoir sur les figures qu'il est amené à produire ? C'est pour cela que nous faisons l'hypothèse suivante :

(HE4) : Les élèves font des figures particulières.

Si l'élève fait des figures particulières est-il en mesure de reconnaître des figures géométriques même simples dans un contexte autre que prototypique ? D'où l'hypothèse :

(HE5) : Les élèves n'arrivent pas à repérer les figures géométriques dès lors qu'elles ne sont pas dans leur position prototypique.

De par mon expérience professionnelle, j'ai constaté que les élèves réussissent en général mieux en algèbre qu'en géométrie. Pouvoir construire un raisonnement cohérent pose problème à certains élèves. On peut se demander s'ils comprennent le mécanisme de la démonstration, s'ils arrivent à identifier ses différentes composantes. Nous formulons donc l'hypothèse :

(HE6) : Les élèves ne maîtrisent pas le processus de la démonstration.

3.3 Méthodologie

L'étude réalisée a eu pour but de tester nos hypothèses. Elle s'est réalisée en plusieurs temps :

- Dans un premier temps, il y a eu pendant deux trimestres une observation sur six exercices auprès d'élèves de première scientifique. Il s'agissait de mettre en évidence ce que j'avais déjà constaté dans le cadre de mon activité professionnelle, à savoir que les élèves ont tendance à suivre les lignes des feuilles quadrillées de leur cahier lorsqu'ils réalisent les figures sur le cahier ; d'autre part, très souvent les figures réalisées sont des figures particulières ;
- Dans un second temps, j'ai interrogé huit enseignants dans le cadre d'entretiens semi-directifs afin de recueillir leurs conceptions sur l'enseignement de la géométrie et sur l'action de l'élève ;
- Dans un troisième temps, un questionnaire a été soumis à des élèves de lycées afin de recueillir leurs conceptions sur ce qui leur est demandé en mathématiques, plus particulièrement en géométrie ;
- Finalement, un test sur des figures géométriques a été soumis à des élèves de cycle 3 (CM2) en primaire.

3.3.1 Étude qualitative : entretiens semi-directifs

3.3.1.1 Présentation des grilles

L'entretien a pour but de mieux comprendre les pratiques des enseignants en ce qui concerne l'organisation du cours en géométrie, mais aussi d'observer des gestes professionnels comme par exemple, lorsqu'il leur est demandé de dessiner des figures. Il s'agit aussi de connaître les attentes de ces enseignants lorsqu'ils conçoivent un exercice de géométrie. Sur la notion de triangle, nous essayons de comprendre quelle est la part d'implicite dans les énoncés proposés aux élèves. On a pu voir au cours de l'analyse exploratoire que la présence ou non du mot « quelconque » pouvait entraîner la production de figures particulières là où on ne les attendait pas. Il a donc été intéressant de savoir quel contrat a été établi avec l'élève au niveau de cette consigne. En particulier l'étude d'énoncés proposés par les enseignants permet de voir quels verbes d'action sont utilisés, s'agissant de demander à l'élève de faire un calcul ou de démontrer une assertion. Une partie est consacrée à la vision générale de l'enseignant sur l'apprentissage des élèves ; nous souhaitons savoir comment l'enseignant comprend les difficultés que l'élève peut rencontrer et comment cela est pris en charge dans son enseignement. Le problème du support utilisé est posé car là encore les pratiques diffèrent. Le profil de l'enseignant permet de comprendre son vécu par rapport aux mathématiques ; le manque d'aisance pourrait expliquer

que la matière soit faite un peu furtivement ou placée en fin d'année après tout ce qui lui plait davantage.

Le lecteur trouvera dans les grilles figurant au niveau des documents annexes, pour chaque question, le renseignement cherché et l'hypothèse à laquelle se rapporte la question.

Les entretiens semi-directifs ont été menés selon deux grilles :

- Une première grille établie pour le primaire comportant 25 questions. Ce guide d'entretien figure en Annexe 3 ;
- Une grille pour le collège et le lycée comportant 35 questions. Ce guide d'entretien figure en Annexe 5.

Dans le questionnaire sur le primaire les questions sont plus axées sur le tracé et la reconnaissance de figures. Ne figurent pas de questions sur la démonstration car cela est abordé en cycle 4. La question concernant les activités mentales sont présentes dans les deux questionnaires car ces activités sont présentes dès le plus jeune âge.

Le questionnaire est organisé selon quatre rubriques :

- Les conceptions des enseignants sur la géométrie et les pratiques déclarées sur son enseignement : il s'agit de recueillir les avis des enseignants sur leur façon de procéder, mais également de dévoiler une partie de l'implicite concernant les figures particulières ;
- Les consignes déclarées du professeur : dans cette rubrique sont abordées les consignes données par le professeur en particulier pour la construction des figures géométriques. L'analyse d'un travail proposé à sa classe par l'enseignant permet de mieux comprendre les habitudes de travail qui se sont installées dans la classe ;
- Points forts et points faibles des élèves en géométrie : il s'agit de comprendre les difficultés que rencontrent, selon l'enseignant, les élèves, mais également ce qu'ils réussissent le mieux ;
- Ce que pensent les enseignants des pratiques des élèves : dans cette rubrique les enseignants sont invités à faire part de leur observation sur la façon dont les élèves opèrent en géométrie ;
- Profil de l'enseignant : cette rubrique renseigne sur son âge, son expérience dans l'enseignement, mais également fait un retour sur la manière dont il a vécu le cours de géométrie lorsqu'il était élève ou étudiant.

3.3.1.2 Profil des participants

Nous avons interrogé huit enseignants : deux enseignants de primaire, deux enseignants de collège et quatre enseignants de lycée. Les Tableaux 3.8, 3.9 et 3.10 donnent le profil de ces enseignants.

Tableau 3.8 : Profil des enseignants du primaire

	Âge (Ans)	Sexe (F ou M)	Ancienneté à l'Éducation Nationale (Années)	Durée d'enseignement				
				CM2	CM1	Cycle2	Cycle 1	Maternelle
Primaire								
Enseignant PP1	57	F	Plus de 30	13	13	12	12	5
Enseignant PP2	40	F	8	3	2	1	2	2

Tableau 3.9 : Profil des enseignants du collège

	Âge (Ans)	Sexe (F ou M)	Ancienneté à l'Éducation Nationale (Années)	Durée d'enseignement				
				6 ^{ième}	5 ^{ième}	4 ^{ième}	3 ^{ième}	Lycée
Collège								
Enseignant PC1	50	M	26					
Enseignant PC2	36	F	7	1	5		5	1

Tableau 3.10 : Profil des enseignants du Lycée

	Âge (Ans)	Sexe (F ou M)	Ancienneté à l'Éducation Nationale (Années)	Durée d'enseignement			
				Lycée	1 ^{ère} S	Tle S	Autre
Lycée							
Enseignant PL1*	50	M	23	13	7	6	10 Collège
Enseignant PL2	54	F	33	29	29	29	1 Maternelle 3 Collège
Enseignant PL3	40	M	20	20	20	20	0
Enseignant PL4**	49	F	25	23	3	4	2 Primaire 23 Collège

Légende :

* et ** : ces professeurs enseignent dans un établissement comportant des classes de la sixième à la terminale.

Les raisons qui nous ont poussés à choisir une telle population tiennent au fait que les élèves commencent la géométrie au primaire ; c'est au primaire que sont mis en place les fondements en mathématiques et plus particulièrement en géométrie ; nous avons souhaité savoir comment cela se passait dans ces classes, comprendre le rapport à la géométrie, de ces professeurs habitués à enseigner des matières diverses. Nous avons également voulu tester des élèves sur les figures de base qu'ils dessinent habituellement en classe et voir comment ils transféraient leurs connaissances des figures géométriques, à des exemples tirés de la vie de tous les jours, dans la mesure où l'un des buts de l'enseignement est de décrire le monde qui les entoure.

Comme on peut le constater, six des enseignants interrogés sont des enseignants expérimentés qui justifient d'une grande expérience à l'éducation nationale ; deux des enseignants interrogés ont travaillé dans les premier et second degrés.

3.3.1.3 Organisation des entretiens

Les enseignants ont été sollicités par téléphone ; lors de l'appel, les conditions de la passation ont été dévoilées, en particulier sur la préservation de l'anonymat du participant, le but de l'entretien (ces deux éléments ont été rappelés le jour de la passation). Concernant les figures particulières, l'enseignant n'a pas été informé qu'il pouvait s'agir de figures prototypiques car nous avons voulu compter sur la spontanéité des réponses. Au total c'est 05h 01min 36s, d'entretiens, soit environ 5 heures qui ont été retranscrits.

Afin de conserver l'anonymat, nous ne donnons pas le nom des établissements, cependant nous pouvons préciser que les lieux d'exercice des participants sont : un collège situé en zone urbaine qui n'est cependant pas dans une zone favorisée, un lycée situé dans une zone périurbaine plutôt favorisée, un lycée en zone urbaine favorisée et un établissement qui regroupe des classes de collège et de lycée en zone favorisée. Concernant l'école primaire, elle est située en zone rurale.

Le Tableau 3.11 donne les informations sur le lieu de l'entretien ainsi que sa durée :

Tableau 3.11 : Conditions de la passation

	Lieu de l'entretien	Durée de l'entretien
Enseignant PM1	École primaire de PM1	00 :25 :21
Enseignant PM2	École primaire de PM2	00 :19 :12
Enseignant PC1	Rectorat	00 :38 :11
Enseignant PC2	Collège de PC2	00 :25 :43
Enseignant PL1	Lycée (mon lieu de travail)	01 :09 :38
Enseignant PL2	Domicile de l'enseignant PL2	00 :41 :47
Enseignant PL3	Lycée (mon lieu de travail)	00 :31 :09
Enseignant PL4	Lycée (mon lieu de travail)	00 :50 :35

3.3.1.4 Méthode d'analyse

Tous les entretiens ont été intégralement enregistrés, puis retranscrits. La transcription des entretiens a été faite en accord avec les normes ICOR (Annexe 1) où l'on précise les onomatopées utilisées ainsi que les principaux signes figurant dans les verbatims.

De très rares passages n'ont pas été retranscrits ; il s'agit en particulier de moments où nous avons été dérangés (par un tiers ou la sonnerie). Ces passages n'apportent rien de significatif en relation avec le sujet qui nous intéresse.

3.3.1.3 Méthode d'analyse des entretiens

Nous précisons que l'échantillon que nous avons choisi, au regard de sa taille n'est pas significatif de la population constituée des enseignants en général ; en conséquence, les résultats constatés ne sont pas appelés à être généralisés et ne concerne que la population étudiée.

Nous avons adopté, pour débiter l'étude, la méthode d'analyse proposée par Bardin (2013, p.133) et qui est faite en trois étapes. Elle comprend :

- Préanalyse : pendant cette phase on fait une lecture « flottante » pour prendre connaissance du contenu. Selon l'auteure, c'est une « période d'intuition » pendant laquelle on laisse venir à soi les impressions. C'est aussi dans cette phase que se définit le programme d'analyse. Cette phase permet de dégager les thèmes d'analyse ;
- Règle d'énumération : les unités d'enregistrement sont repérées (éventuellement par une lettre) ; on regarde la présence ou l'absence des unités d'enregistrement dans les fragments. Selon Bardin (2013), une absence d'une unité d'enregistrement peut être significative d'un blocage ou d'un refoulement et une fréquence élevée pour une unité signifie son importance pour le locuteur. En principe, toutes les unités ont le même poids mais Bardin propose de pondérer certaines unités en fonction de ce que l'on veut observer ; « la pondération de la fréquence traduit un caractère quantitatif ». La représentation des unités d'enregistrement sur l'échelle d'Osgood (1959) permet d'avoir un profil⁷⁰ ;

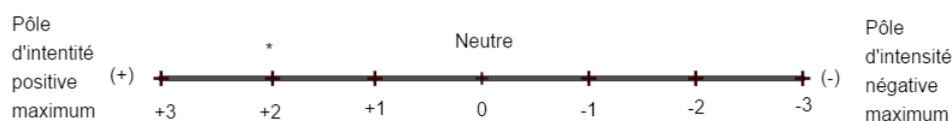


Figure 3.5 : Échelle bipolaire à sept points ou degrés (Bardin, 2013, p.143).

- La catégorisation : elle consiste en un regroupement des éléments constitutifs par genre. Les catégories permettent de comprendre les réalités sous-jacentes aux messages contenus dans les verbatims.

Nous précisons le vocabulaire employé (Bardin, 2013) :

⁷⁰ Nous n'avons pas utilisé cette échelle.

Unité d'enregistrement : ou noyau de sens, unité de base en vue du comptage fréquentiel. Cela peut être un mot ou groupe de mots. Il s'agira de repérer ces unités dans le discours de la personne interrogée car leur fréquence peut être significative de quelque chose ;

Fragment d'enregistrement : morceau de texte qui peut contenir plusieurs unités d'enregistrement.

Nous avons donc appliqué la méthode de Bardin pour catégoriser les unités d'enregistrements qui faisaient sens pour nous. Lors de la lecture flottante, nous avons observé qu'en plus des noyaux que nous avons définis, il y avait une dimension sociale prise en compte par les enseignants ; cette dimension sociale est justifiée d'après les enseignants par les difficultés que les élèves rencontrent dans l'apprentissage de la géométrie.

Une fois la phase d'intuition passée, nous devons nous appuyer sur des méthodes rigoureuses d'analyse faite par l'ordinateur, vu l'importance quantitative du contenu de nos verbatims. Pour l'analyse des contenus, nous nous sommes référés à Robet et Bouillaguet (2007) et nous avons utilisé le logiciel sonal⁷¹.

Nous avons découpé le texte en plusieurs fragments d'enregistrement et avons paramétré les différents noyaux de sens (un noyau de sens correspond à une couleur) ; nous avons procédé ainsi pour les huit verbatims. Vu l'importance des verbatims (91 pages), le choix de sonal, à mon sens, nous a permis de ne pas passer à côté des détails. Nous avons découpé le texte selon les 64 noyaux de sens et avons pour chaque noyau examiné ce que disent les enseignants afin d'en faire une synthèse par noyau en prenant soin de retenir quelques citations significatives.

Le logiciel Sonal permet de traiter des contenus en laissant l'utilisateur attribuer à chaque noyau de sens une couleur. Chaque fragment d'enregistrement est ainsi colorié, ce qui donne dans la fenêtre de travail du logiciel une apparence comme celle donnée par la Figure 3.6. L'utilisateur peut ainsi activer chaque noyau de sens pour pouvoir compter le nombre d'occurrences⁷². En cliquant sur chaque zone coloriée, une fenêtre permet d'avoir accès au contenu du fragment sélectionné.

⁷¹ Logiciel téléchargeable sur <http://www.sonal-info.com/fr/documentation/tutoriels>

⁷² Encore appelé comptage fréquentiel selon Bardin (2013).

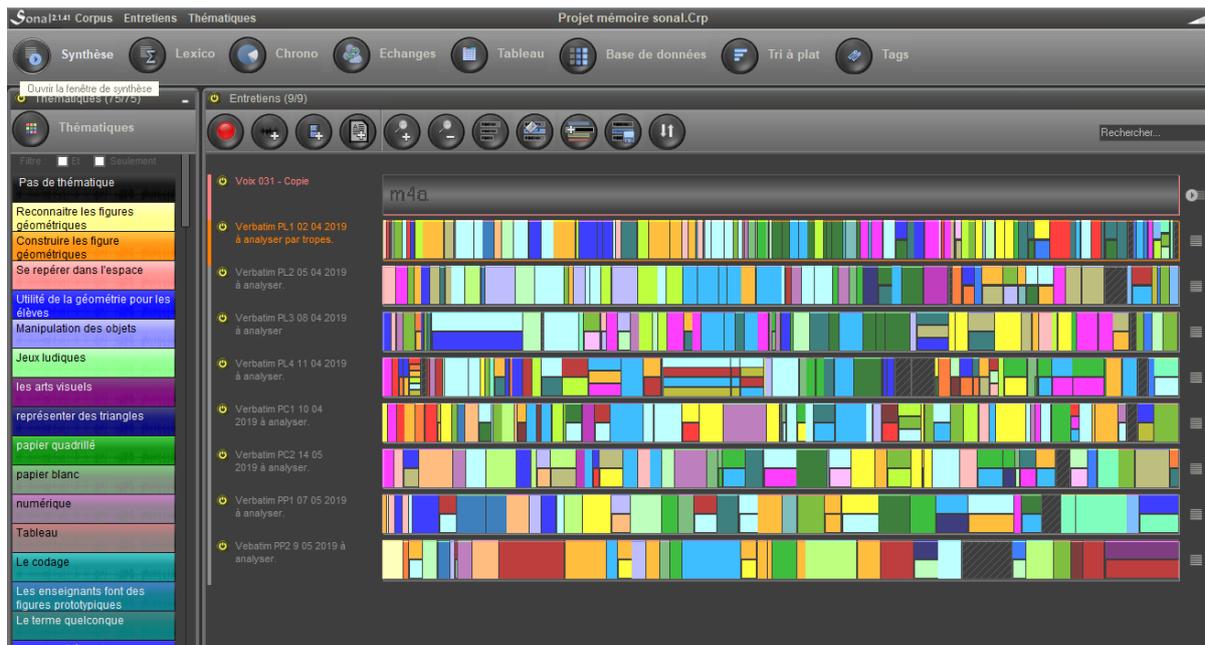


Figure 3.6 : Découpage du corpus dans sonal en fonction des noyaux de sens

L'étude a été faite en fonction des noyaux de sens, mais dans le traitement, certains noyaux ont été regroupés, en particulier lorsque deux noyaux décrivent l'aspect positif et négatif d'une même unité. À la fin de l'étude qualitative, nous donnons une table d'occurrence des différents noyaux que nous avons retrouvés à travers les discours.

3.3.2 Étude quantitative : questionnaires et tests

3.3.2.1 Questionnaire élèves (lycée)

Ce questionnaire a été établi sur la base de celui proposé par Monti et Plourdeau (2003, p.184) ; il est donné en Annexe 8.

Il comporte quatre rubriques :

- Mieux te situer : bien que le questionnaire soit anonyme, les renseignements sur la personne qui le renseigne permettront de faire un traitement statistique ; conçu à priori pour des élèves de plusieurs sections, nous nous sommes limités aux élèves de première scientifique ;
- Ce que tu aimes et ce qui te déplaît en mathématiques : il s'agit de recueillir les informations sur ce qu'il dit aimer et la manière dont il dit aimer travailler, mais également sur ce qu'il n'aime pas et comment il surmonte certaines difficultés.
- Comment procèdes-tu : l'élève est invité à décrire sa méthode de travail ;
- Tes conceptions à propos des mathématiques : à la fin de cette rubrique, on teste l'élève sur les figures prototypiques, mais également sur la notion d'implicite concernant la construction d'un triangle.

Il n'a pas été procédé à une phase de prétest avant que le questionnaire ne soit distribué. Quarante-vingts questionnaires ont été distribués dans le lycée et l'établissement collège-lycée. Trente-huit questionnaires ont été effectivement remis pour être traités.

3.3.2.2 Test élèves (primaire)

Le test destiné aux élèves du primaire est un document de deux pages comportant onze situations où sont représentés des panneaux de signalisation ou des logos publicitaires, et où les élèves doivent reconnaître la figure géométrique sous-jacente ; le document intégral figure en Annexe 9.

Les deux enseignants interrogés (PP1 et PP2) m'ont autorisée à faire leurs élèves répondre à ce test d'une durée de 10 minutes, cependant, tous les élèves de CM2 de l'école primaire où travaillent PP1 et PP2 ont passé le test. Le niveau du cycle 3 a été choisi car les élèves ont déjà rencontré les figures qui sont représentées.

Dans ce test, l'octogone ne présentait pas un intérêt capital, sinon de tester l'étendue des connaissances des élèves. En revanche, le carré est représenté dans sa position prototypique et dans la position prototypique du losange ; dans ce second cas, si l'élève ne fait pas attention, il peut penser à tort qu'il s'agit d'un losange.

Les enseignantes étaient ravies qu'on s'intéresse à leur quotidien au sein de la classe et finalement j'ai pu tester tous les élèves de CM2 de cette école, soit un total de 69 tests.

Dans le détail (voir l'Annexe 9), le test présente en :

Figure 1 : un panneau de signalisation en forme de carré dans sa position prototypique, indiquant une jonction ;

Figure 2 : un panneau de signalisation de forme circulaire indiquant une limitation de vitesse ;

Figure 3 : Un panneau de signalisation indiquant une route prioritaire, de forme carrée reposant sur un sommet ;

Figure 4 : Un panneau de forme rectangulaire dans sa position prototypique, indiquant une circulation alternée dans une zone de travaux ;

Figure 5 : Le logo de la marque automobile Renault, derrière lequel se cache un losange ;

Figure 6 : Le logo de l'enseigne Leader Price, représenté par un carré reposant sur un sommet ;

Figure 7 : Un panneau de signalisation de forme triangulaire signifiant un « céder le passage » ;

Figure 8 : Un panneau de signalisation de forme octogonale, indiquant l'arrêt obligatoire à une intersection ;

Figure 9 : Un panneau de forme carrée, reposant sur un sommet, représentant un virage à gauche ;

Figure 10 : Un panneau de forme carrée dans sa position prototypique, indiquant un début de route prioritaire ;

Figure 11 : Un panneau de forme circulaire indiquant une voie interdite aux cyclistes.

Pour l'analyse du questionnaire lycée et du test primaire nous ferons un tri à plat, qui sera complété par une analyse qualitative plus fine dans le cas du lycée car les élèves ont eu à s'exprimer sur chaque question ; cela est fait dans le but de faire ressortir les éléments significatifs.

4 PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS

4.1. Entretiens semi-directifs

4.1.1 Présentation des enseignants

4.1.1.1 Profil des enseignants dans le primaire

Nous avons interrogé deux enseignantes du primaire.

- L'enseignante PP1 est une femme âgée de cinquante-sept ans, qui enseigne depuis plus de 30 ans. Elle affirme avoir fait tous les cycles depuis la maternelle où elle a enseigné pendant cinq ans, jusqu'au cycle 3 où elle enseigne depuis au moins 13 ans. Elle est dans cette école depuis, pratiquement, autant d'années. Elle a pratiqué la classe de cours préparatoire pendant douze ans et en tire une belle expérience en raison de l'enjeu de cette classe et la transformation qu'elle a observé chez les élèves de CP, du début de l'année jusqu'à la fin. Elle dit expérimenter depuis deux ans une classe à double niveau CM1-CM2 et est très satisfaite des situations d'apprentissages que permet ce double niveau ; en effet les élèves de CM2 aident les élèves de CM1 lorsqu'ils n'ont pas compris une notion et cela leur permet dans le même temps de revoir les notions de CM1. Les élèves de CM1 bénéficient de l'enseignement fait au niveau CM2 et cela leur permet de se projeter vers cette classe ;
- L'enseignante PP2 est une femme âgée de quarante ans, qui enseigne depuis plus de huit ans. Elle a enseigné deux ans en maternelle en faisant des remplacements en PS et TPS. Elle a par ailleurs enseigné en GS en CP et CM1. Depuis trois ans, elle enseigne en CM2. Elle présente sa classe comme étant très hétérogène avec un petit groupe d'élèves qui s'en sortent, un groupe de niveau moyen et un troisième en grande difficulté. Ce troisième groupe comprend trois élèves dont l'un bénéficie de la présence d'une AESH.

PP1 décrit sa classe comme étant une classe dont le niveau est assez bon. L'effectif est réduit donc confortable ; le jour de l'entretien seuls quinze élèves étaient présents. Les deux enseignantes ont donc une expérience professionnelle sur la quasi-totalité des cycles 1, 2 et 3.

4.1.1.2 Profil des enseignants du collège

Nous nous sommes entretenus avec deux enseignants de mathématiques du collège.

- L'enseignant PC1 est un homme de quarante-sept ans qui enseigne depuis vingt-six ans. Il enseigne actuellement au collège depuis plusieurs années. Dans sa carrière, il a alterné

le collège et le lycée pour finalement se fixer en collège. Il est également formateur donc il est très sensibilisé aux gestes professionnels. Il est actuellement en charge de classes de troisième ;

- L'enseignant PC2 est une femme de trente-six ans qui enseigne depuis dix ans. Dans sa carrière, elle a enseigné en lycée pendant un an ; elle a passé la plupart du temps en cycle 4 et cette année elle enseigne en troisième et cinquième. Elle enrichit actuellement son cursus par la préparation du certificat d'aptitude aux fonctions de formateur académique. Elle décrit sa classe comme étant hétérogène. Cela l'oblige à pratiquer la différenciation pédagogique.

4.1.1.3 Profil des enseignants du lycée

Nous avons interrogé quatre enseignants de lycée :

- L'enseignant PL1 est un homme de cinquante ans qui enseigne depuis vingt-trois ans. Il a enseigné en collège et en lycée pour finalement se fixer dans un établissement qui regroupe des classes de la sixième à la terminale. Il est formateur et est également très sensibilisé aux gestes professionnels. Il est en charge d'une classe de terminale scientifique et d'une classe de première économique. Il décrit sa classe comme étant hétérogène mais avec un groupe qui réussit assez bien. Il a eu à intervenir plusieurs années au DNB mais depuis ces dernières années son activité est focalisée en lycée ;
- L'enseignant PL2 est une enseignante de cinquante-quatre ans qui enseigne depuis trente-trois ans. Elle a commencé sa carrière dans le premier degré en maternelle pendant deux ans ; ensuite, elle a enseigné en collège puis en lycée où elle a eu en charge des classes de STS⁷³. Elle a donc un regard sur l'ensemble du système. Lors de l'entretien elle regrettait qu'il n'y ait pas de géométrie dans certaines sections. Elle enseigne actuellement dans un lycée de zone urbaine ;
- L'enseignant PL3 est un homme d'un peu plus de quarante ans qui enseigne depuis une vingtaine d'années. Il a enseigné au lycée pratiquement depuis le début de sa carrière. Il enseigne actuellement en première scientifique ;
- L'enseignant PL4 est une enseignante âgée de quarante-neuf ans. Comme PL2, elle a commencé sa carrière en maternelle et a eu l'occasion d'enseigner également à l'université. Elle enseigne depuis vingt-cinq ans. Elle est actuellement en charge d'une classe de première scientifique.

⁷³ Section de Technicien Supérieur.

4.1.2 Résultats autour des noyaux de sens

4.1.2.1 Présentation des noyaux de sens.

L'analyse des verbatims à l'aide de la méthode vue précédemment, a permis de dégager 64 noyaux de sens. Nous les présentons dans le Tableau 4.1.

Tableau 4.1 : Nombre d'occurrences des noyaux de sens

1.1.1 Finalité de la géométrie	Occurrences
1.1.1.1 Se repérer dans l'espace	9
1.1.1.2 Apprendre à raisonner	10
1.1.1.3 Faire des figures	2
1.1.1.4 Reconnaître des figures géométriques	2
1.1.1.5 Développer d'autres compétences	7
1.1.1.6 Un domaine pour travailler d'autres notions	4
1.1.2 À quoi cela sert-il ?	Occurrences
1.1.2.1 Utilité de la géométrie	12
1.1.3 Introduction de la notion en classe	Occurrences
1.1.3.1 Faire manipuler	12
1.1.3.2 En construisant des objets	4
1.1.3.3 Par des jeux ludiques	4
1.1.3.4 À partir de situations concrètes	11
1.1.3.5 Par les arts visuels	2
1.1.4 Ce que pense l'enseignant de la géométrie	Occurrences
1.1.4.1 Sa place dans les programmes	25
1.1.4.2 La place que leur donne les enseignants dans leur programmation	4
1.1.4.3 À propos de la terminologie ⁷⁴	6
1.1.4.4 Les théorèmes illustrés	6
1.1.4.5 Géométrie non repérée versus géométrie repérée	9
1.1.4.5 Les points délicats du programme	15
1.2.1 Introduction de la notion	Occurrences
1.2.1.1 Les arts visuels	2
1.2.1.2 Par les problèmes	2
1.2.1.3 Par des jeux	2
1.2.1.4 Les élèves construisent les figures eux-mêmes	7
1.2.2 Supports utilisés	Occurrences
1.2.2.1 L'usage du papier quadrillé	23
1.2.2.2 L'usage du papier non quadrillé	11
1.2.2.3 Usage du numérique	14
1.2.2.4 Usage du tableau	5
1.2.2.5 Usage du brouillon	12

⁷⁴ C'est celle qui est employée en géométrie.

1.2.3 Activité mentale attendue de l'élève	Occurrences
1.2.3.1 En général (lire, faire des associations, comprendre l'énoncé...)	16
1.2.3.2 Transposer d'un langage codé à un autre	3
1.2.3.3 Diverger	5
1.2.3.4 Mobiliser une ou des connaissances	8
1.2.3.5 Planifier	4
1.2.4 Exigence sur la figure répondant à la consigne	Occurrences
1.2.4.1 A propos du terme quelconque	11
1.2.4.2 L'implicite	13
1.3.1 Sur les figures	Occurrences
1.3.1.1 Les figures prototypiques	6
1.3.1.2 Le codage	2
1.3.2 Les consignes	Occurrences
1.3.2.1 Le terme « déterminer »	5
1.4.1 Son vécu en tant qu'élève ou étudiant	Occurrences
1.4.1.1 L'enseignant aimait la géométrie	7
1.4.1.2 L'enseignant n'aimait pas la géométrie	1
1.4.1.3 L'enseignant a de bons souvenirs de son cours de géométrie	7
1.4.1.4 L'enseignant rencontrait quelques difficultés avec la géométrie	2
1.4.2 Son vécu en tant qu'enseignant	Occurrences
1.4.2.1 L'enseignant prend plaisir à enseigner la géométrie	9
1.4.2.2 L'enseignant pense que la géométrie est difficile à enseigner	8
1.4.2.3 L'enseignant pense qu'il ne dispose pas d'assez de temps	12
2.1.1 Sur la réalisation des figures	Occurrences
2.1.1.1 Côté puis sommet	4
2.1.1.2 Sommet puis côté	4
2.1.1.3 Suivre les lignes	6
2.1.1.4 Faire des figures particulières	14
2.1.1.5 Faire des croquis	13
2.1.2 Leur niveau	Occurrences
2.1.2.1 Ceux qui ont de bons résultats	3
2.1.2.2 Ceux qui sont en difficulté	9
2.1.3 Leurs réussites	Occurrences
2.1.3.1 Ils parviennent à faire les figures	7
2.1.3.2 Ils se repèrent bien dans l'espace	3
2.1.3.3 Ils réussissent les démonstrations	18

2.1.4 Leurs échecs	Occurrences
2.1.3.1 Il n'arrivent pas à faire les figures	5
2.1.3.2 Ils ont du mal à se repérer dans l'espace	8
2.1.3.3 Ils ne réussissent pas les démonstrations	17
2.1.3.4 Les différents types de démonstration	9
2.1.3.5 Les aides apportées	6
2.2.1 La crainte des mathématiques	Occurrences
2.2.1.1 Certains élèves éprouvent un sentiment de crainte	5
2.2.1.2 Ceux qui travaillent plus par crainte	3
2.2.1.3 Ceux qui ne s'investissent pas	9
2.2.2 Ceux qui sont en plein désarroi	
2.2.2.1 Méthodes innovantes	18

Nous présentons les résultats en liaison avec ces noyaux de sens selon deux axes :

- L'enseignant et la géométrie : dans cet axe, nous relatons ce que dit l'enseignant de la finalité de la géométrie, telle qu'il la perçoit ; les programmes fixent les objectifs mais l'enseignant dispose de la liberté pédagogique. Il s'agira de comprendre quel sont les buts poursuivis, à quoi la géométrie peut-elle servir ? Nous exposerons le point de vue de l'enseignant sur la manière dont les élèves perçoivent la géométrie, ainsi que des expériences relatées par l'enseignant sur la manière dont il s'y prend pour intéresser ses élèves. Il est aussi intéressant de voir ce qu'il pense de la place de la géométrie dans les programmes, ainsi que celle qu'il lui accorde dans sa programmation annuelle. Concernant le triangle, nous nous intéressons, en particulier, à ses conceptions sur le non-dit dans la consigne, sur les préférences au niveau du matériel utilisé et l'impact que cela peut avoir. Son image de la géométrie en tant qu'élève ou étudiant peut apporter des pistes d'analyse.
- L'élève et la géométrie : nous essayons de comprendre comment il conçoit la géométrie à travers ce que dit l'enseignant, quel intérêt est manifesté par l'élève, quelles sont les difficultés qu'il rencontre et comment l'enseignant y remédie.

4.1.2.2 L'enseignant et la géométrie

4.1.2.2.1 Les conceptions sur la géométrie

4.1.2.2.1.1 Finalité de la géométrie

Les finalités de la géométrie diffèrent selon le niveau. Nous avons constaté que pour l'enseignant du primaire, la finalité est d'abord de reconnaître des figures géométriques. En effet on sait que dans le cycle 2 et 3 l'élève découvre les différentes figures géométriques et

l'enseignant l'entraîne à en dessiner et à en reconnaître afin de préparer le travail qui sera fait en cycle 4. « La finalité ? Eh c'est déjà de, d'identifier des formes géométriques plus simples, mais en utilisant les instruments, en étant précis quoi ; ce n'est pas juste une reconnaissance visuelle » (PP2). Selon l'enseignant, c'est également pouvoir en reproduire. « Ah ! Mon Dieu ! La finalité de la géométrie, pouvoir reproduire des figures déjà » (PP1).

Pour la plupart des enseignants interrogés (sept sur les huit), l'une des finalités de la géométrie est de pouvoir se repérer dans l'espace. Certains élèves ont beaucoup de difficultés à décrire le monde qui les entoure alors que c'est un objectif affiché des programmes des cycles 2, 3 et 4 :

« Les enseignements « Questionner le monde », mathématiques et éducation physique et sportive mettent en place les notions d'espace et de temps. Se repérer dans son environnement proche, s'orienter, se déplacer, le représenter, identifier les grands repères terrestres, construire des figures géométriques simples, situer des œuvres d'art d'époques différentes [...] »⁷⁵.

Pour PL1, l'appropriation de l'espace se fait par la connaissance de ses propriétés, ce qui permet de se rendre compte des différences lors du passage du plan à l'espace. Houdé (2014) soulignait les dangers de l'automatisation à l'excès. L'élève a du mal à concevoir que dans l'espace deux droites puisse être orthogonales et non sécantes puisqu'on lui a sans cesse répété (et ce qui n'est pas faux) que dans un plan deux droites qui ne sont pas parallèles sont sécantes. Cette appropriation se fait dans la continuité de ce qu'il a fait dans le plan :

« Écoute, elle s'installe dans la continuité de l'exploration de l'environnement de l'élève qui se situe dans l'espace. Oui parce qu'il a fallu qu'il se repère et puis ça lui permet d'avoir un contact avec la réalité. Je pense que la géométrie c'est un peu le contact » (PL3).

La difficulté de s'orienter dans l'espace est présente à tous les niveaux, mais encore plus au lycée où l'élève doit « voir » dans l'espace. L'enseignant estime qu'il est bien de « s'appuyer sur la géométrie plane » pour développer « le sens visuel des élèves » (PL3) et la représentation en trois dimensions pose problème (PC2). Les difficultés d'orientation existent dès le primaire lorsqu'il s'agit de tracer les droites : « [...] ils ont beaucoup de mal concernant la reproduction et aussi, eh, l'orientation lorsqu'il faut tracer des parallèles, des perpendiculaires [...] » (PP1).

⁷⁵ BO n°30 du 26-7-2018, Cycle 2, domaine 5.

La troisième finalité de la géométrie est d'apprendre à raisonner ; cette compétence mathématique clairement identifiée dans les programmes de collège et lycée a été soulignée par tous les enseignants exerçant en collège et en lycée, qui ont été interrogés :

« Mais c'est aussi beaucoup de raisonnements, c'est surtout dans ce cadre-là que les premiers théorèmes, que les élèves apprennent, c'est cela et, eh, leur faire comprendre qu'il faut ça pour pouvoir produire ça, du raisonnement. Le cadre est tout à fait propice aussi » (PL2).

Pour PC2, la géométrie est un « cheminement pour structurer la pensée », et selon PC1 cela peut aider l'élève en difficulté à avoir une pensée logique.

Quatre des enseignants interrogés ont souligné le fait que la géométrie permet de développer d'autres compétences. « Ce chapitre effectivement, cette notion, c'est quelque chose de, qui développe toutes les compétences, vraiment toutes les compétences : raisonner, conjecturer, démontrer, communiquer » (PL1).

L'enseignant PC1, voit des compétences plus élargies dans la vie professionnelle ; exerçant dans une zone urbaine peu favorisée, il précisait lors de l'entretien qu'une bonne partie de ses élèves vont dans le domaine professionnel. Il voit la géométrie comme quelque chose qui peut leur apporter une certaine maturité sur la résolution de problèmes professionnels plus tard même s'il n'est pas en mesure de résoudre les problèmes mathématiques. Pour lui, il est, dans le cas de ces élèves, plus important de pouvoir identifier un problème :

« Et ça, ben on les outille en quelque sorte, là c'est ce qu'on disait tout à l'heure, pour la vie plus tard d'un élève qui ira certainement en professionnel, si plus tard il est capable d'identifier un problème, et quel type de solution y apporter mais que lui n'est pas capable de la faire, puisque c'est un système électrique, mais il sait que c'est là le problème et que c'est un problème de ce type-là, alors il va le dire au patron qui enverra la bonne personne pour corriger le problème. On a gagné énormément de temps et ça fait quand même malgré le fait que cet élève-là ne sera pas forcément compétent jusqu'au bout pour résoudre un problème, mais l'identification d'un problème est quelque chose d'important » (PC1).

En effet, dans une situation donnée, ce qui est important c'est que l'élève sache quel type de savoir-faire mobiliser pour ensuite dérouler un « algorithme de résolution » (PC1).

En raison de l'imbrication des domaines mathématiques les uns dans les autres, la géométrie permet de travailler d'autres notions ; par exemple la recherche d'une aire maximale peut être

réalisée par une étude de fonctions, ainsi l'analyse vient au secours de la géométrie, ou plutôt la géométrie est un prétexte pour faire fonctionner des notions d'analyse ! C'est un sujet qui permet d'aborder pratiquement toutes les autres notions du cours (PL1) et à partir du moment où les élèves ont compris que la géométrie est un tremplin pour aborder des champs entiers de problèmes, ils se prennent au jeu et certains sont mêmes demandeurs (PC1).

Les enseignants, sont comme on l'a vu précédemment, unanimes à reconnaître que la géométrie pose problème à différents niveaux ; dans le paragraphe suivant nous voyons comment ils s'expliquent cette difficulté et comment ils abordent ce champ avec l'élève.

4.1.2.2.1.2 Perception du domaine par les élèves

Cinq des huit enseignants interrogés ont soulevé la perception d'utilité de la géométrie qui est mal comprise par l'élève. PP1 explique que l'élève éprouve des difficultés au début car il ne perçoit pas l'utilité de la géométrie car tout cela reste abstrait pour lui : « Au départ ils ne comprennent pas ce que c'est que la géométrie, ils n'en voient pas l'utilité » (PP1).

Elle s'emploie donc à intéresser les élèves à la matière en les mettant dans des situations où ils ont recours aux mathématiques. Dans son école, un travail a été mené sur les agrandissements et les réductions et les élèves ont eu du mal mais ils ont compris que les notions étudiées en cours étaient utilisées pour résoudre des problèmes de la vie courante. Selon elle, si les objets mathématiques sont étudiés en tant que simples objets et si les élèves ne sont pas dans une dynamique de résolution, ils n'en voient pas l'utilité :

« [...] les élèves n'en voient pas l'utilité parce que finalement, on ne résout pas ; mais l'année dernière en tous cas, ils ont, et, quand on a commencé à faire des agrandissements, c'est là qu'ils ont vu la difficulté. Ils ont vu finalement que la géométrie ce n'est pas que la géométrie, qu'ils ont besoin d'autres notions de calcul aussi, qui s'appliquent à la géométrie. Parce que comme je leur dis, si vous voulez être un bon architecte, un bon dessinateur industriel, il faut savoir dessiner, et la géométrie donc est la base. Voilà » (PP1).

PL3 a noté une évolution dans la manière de concevoir la géométrie par les élèves de lycée. Selon lui, les élèves avaient auparavant une certaine expérience de la géométrie qui a tendance à se perdre. Il pense que « les élèves abordent la géométrie exactement comme les autres domaines du programme désormais ». L'objectif des enseignants interrogés est d'intéresser les élèves à la géométrie ; aussi ils l'abordent de façons variées selon les niveaux.

4.1.2.2.1.3 Comment la géométrie est-elle introduite par ces enseignants ?

Une première manière d'introduire la géométrie est la manipulation d'objets familiers, comme les emballages, des formes en plastique, des tubes... C'est souvent comme cela que les enseignants procèdent dans les petites classes. On sait que la capacité d'abstraction est acquise vers l'adolescence (Rosca, 1961), mais de manière inégale d'un individu à l'autre et cela peut expliquer le fait que la manipulation soit moins usitée en lycée. Ainsi, dans les petites classes, l'enseignant demande à l'élève de ramener des objets de son entourage, qu'il va manipuler puis décrire afin qu'il se rende compte que la géométrie est omniprésente dans sa vie quotidienne : « Alors pour réactiver certaines notions, oui on utilise, je leur demande d'ailleurs d'essayer de ramener des objets de chez eux ou de me montrer autour d'eux. Je fais ça oui » (PC2).

Peut-être en raison de leur expérience dans le premier degré, PL2 et PL4 soulignent l'intérêt de faire l'élève manipuler en construisant même des solides. PL2 relate une expérience faite en classe de première scientifique il y a quatre ans où elle a fait construire des solides de Platon⁷⁶ (Figure 4.1) :

« Des fois il m'est arrivé de faire aussi avec eux de petits exposés, faire la construction. J'ai eu l'occasion, avec une première S, il y a de cela quatre ou cinq ans, l'année où Villani est venu en Guadeloupe, j'ai fait des constructions de solides de Platon ; on les avait construits, eh, pour ensuite après étudier un petit peu le repérage dans l'espace et après aussi, et ensuite on l'avait utilisé pour parler des propriétés des figures, des faces. On en avait utilisé aussi, eh, pour faire un petit peu de dénombrement, le nombre de côtés, faire un petit peu de la récurrence, mais enfin voir si on pouvait trouver des formules. On avait fait ça, un peu ça » (PL2).

⁷⁶ Polyèdre régulier et convexe.

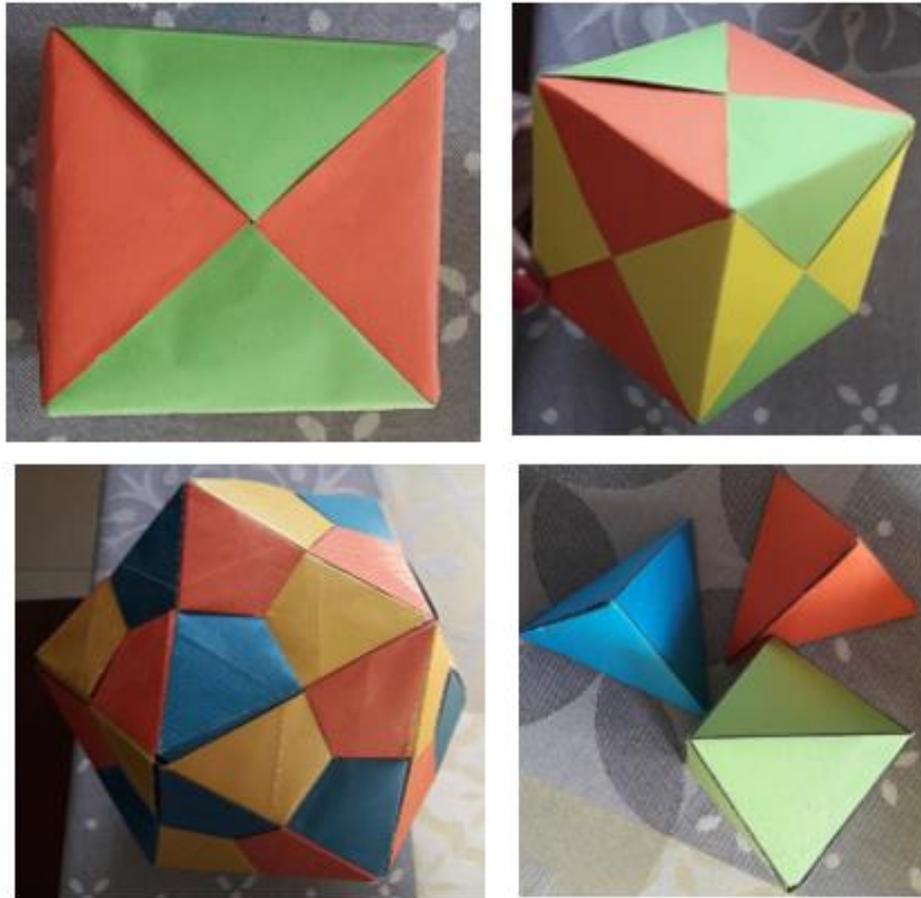


Figure 4.1 Solides de Platon réalisés par PL2

Tous ces enseignants innovent pour permettre à l'élève de mieux appréhender la géométrie. L'enseignante PL4 fait réaliser différents patrons pour construire des solides afin que l'élève puisse les « tenir dans la main » ; c'est sa manière de les faire s'habituer à l'espace. On a l'impression que l'enseignant se sent parfois démunis face aux difficultés que rencontre l'élève : « [...] peut-être je ne peux pas dire d'ici dix ans que je pourrai évaluer ce travail mais pour l'instant, c'est ce que je peux faire » (PL4).

Quatre enseignants ont souligné l'aspect ludique qu'on peut considérer pour permettre à l'élève de mieux appréhender la géométrie. PL4 avoue avoir cherché « toutes sortes de remèdes », pour arriver à la conclusion que c'est dans la géométrie, c'est la dimension spatiale elle-même qui pose problème. Elle n'hésite pas à « faire autre chose » pour que l'élève puisse acquérir une certaine aisance dans l'espace, puis ensuite revenir sur la géométrie.

PL1 a même conseillé à ses élèves d'avoir plusieurs gommes qu'ils peuvent couper pour voir les sections planes :

« [...] je dis carrément à la limite si vous êtes au bac, vous avez du mal à visualiser, prenez une gomme, faites votre cube, mettez les points, coupez la gomme pour voir la section, et là effectivement ça marche [...]. Il faut vraiment dire aux élèves que tous les coups sont permis depuis que vous êtes rigoureux effectivement, scientifiquement et après utiliser les propriétés [...] » (PL1).

L'enseignant pense qu'il faut travailler des situations concrètes avec l'élève.

« [...] enfin travailler dans du concret, bon parce que lorsqu'on travaille f de x égal exponentielle de x moins x , etcétera, ce n'est pas forcément directement lié à du concret pour certains, mais dans l'espace, c'est sûr qu'effectivement on travaille sur du concret [...] » (PL1).

PL1 affirme aborder la géométrie à partir du réel ; il choisit des situations concrètes pour que l'élève prenne conscience des propriétés géométriques des objets. Selon lui cet aspect est important puisque ce sont ces mêmes propriétés qui permettront à l'élève de faire les démonstrations par la suite.

PL1 a souligné une certaine rupture qui existe entre le programme de géométrie en seconde et celui de terminale. En effet, en seconde dans les programmes actuels, on étudie les configurations planes et un peu de géométrie dans l'espace. La géométrie dans l'espace n'est pas explicitement au programme de première, par contre elle fait partie du programme de terminale avec les règles d'incidence et une généralisation de certaines notions, comme le produit scalaire. Selon PL1, cette rupture dans le programme n'arrange pas les choses. De plus selon lui, il aurait fallu que « la géométrie prenne plus de place, mais avec plus la dimension ludique » ; mais il pense que l'enseignant n'a pas les environnements dédiés à cet aspect. De plus il faudrait « remettre un certain niveau en géométrie dans l'espace ».

Dans le premier degré les deux enseignantes ont évoqué une autre approche par les arts visuels. Cela leur permet, selon elles, de voir l'intérêt des mathématiques ; cela permet à l'élève de manipuler et PP1 précise que sur internet on peut trouver des fiches concernant l'art visuel, qui sont bien faites. Dans le cycle 2, le vocabulaire n'est pas encore bien en place et la manipulation d'objets est un levier pour le mettre en place.

4.1.2.2.1.4 Ce que pense l'enseignant de la géométrie : sa place dans les programmes et dans les progressions annuelles

Tous les enseignants interrogés ont évoqué la place de la géométrie dans les programmes officiels. Tous évoquent le manque de temps qui est un facteur pénalisant pour l'élève. Ils affirment ne vouloir sacrifier aucune partie du programme, donc pour cela, ils ne peuvent pas approfondir les notions étudiées.

En primaire, les enseignants disent vouloir faire en sorte que l'élève s'approprie cet enseignement, ils reconnaissent pratiquer, parfois, par manque de temps, la géométrie comme ils l'ont eux-mêmes apprise :

« Mais quelquefois on est pris, eh, on est pris par le temps ; on va aller à ce que nous-mêmes, comme on nous a enseigné alors que ce n'est pas forcément, on sait que ce n'est pas ce qu'il faut faire » (PP2).

Selon PP1, le niveau de l'élève s'améliore en géométrie, car elle utilise différents types de problèmes, mais cela est aussi dû à une place plus grande accordée par l'enseignant du primaire à la géométrie ; selon elle, l'enseignant avait tendance à favoriser la résolution des problèmes mais maintenant ils s'attachent à faire des problèmes dans les différentes matières avec les élèves, et en particulier en géométrie.

En collège, les enseignants pensent que le programme de géométrie est survolé en primaire : « Par contre en géométrie, les enseignants du premier degré ont moins de facilité. C'est un peu plus survolé ce qui fait que les enfants ne sont pas outillés, mais dès que tu les outilles, ça va » (PC1).

Les conditions de travail ne permettent pas de bien prendre en charge les difficultés de l'élève. PC2 regrette de ne pas avoir des dédoublements ; selon elle, lorsque c'était le cas, elle pouvait consacrer plus de temps à l'élève en difficulté afin de le faire progresser ; elle avoue même avoir parfois l'impression de faire de moins en moins de mathématiques en raison de l'importance des difficultés rencontrées.

PC1 a adopté une progression spiralée ; il affirme qu'à force de bachoter les élèves réussissent à peu près tout bien, mais il ne peut pas rester longtemps sur une notion. Cependant, lorsqu'il revient mensuellement sur une notion, certains élèves ont tout oublié alors que d'autres s'en

rappellent, mais ces derniers ne sont pas nombreux. Pour les autres, il lui aurait fallu pouvoir rester plus longtemps sur chaque notion mais le temps ne le permet pas. Le compromis, selon lui, pour éviter d'en perdre en route, c'est d'être moins exigeant :

« [...] on court en permanence, eh, le programme nous bouscule un peu, on a quand même, eh, on a beau dire ce qu'on veut on a moins d'heures pour faire à peu près les mêmes choses donc, eh, soit on est plus raisonnable, mais raisonnable. Dans le terme, eh, tu vois ? On en demande moins ; c'est dommage parce qu'il y en a plein qui peuvent faire quand même » (PC1).

Selon PC1, dans les programmes du collège, certaines notions sont enlevées dans un niveau puis sont étudiées à nouveau au niveau suivant. On voit donc la continuité de certaines notions, par contre pour d'autres notions il y a un saut d'une année. Il pense qu'il y a plus de continuité dans les notions étudiées entre le lycée et le supérieur:

« Et puis de temps en temps tu as quelque chose et puis après tiens ça disparaît et puis après ça réapparaît et puis tu as l'impression qu'il y a eu négociation quoi. Ah non on ne va pas faire quand même partir ça, il faut quand même en laisser ! Et donc ça pourrait être certainement amélioré » (PC1).

Au lycée, les enseignants déplorent aussi que des pans entiers de notions qui étaient autrefois étudiées ne sont plus présents ; par ailleurs, certaines notions non vues dans le secondaire ne seront pas vues dans le supérieur pour certains étudiants. PL2 déplore que, dans certaines sections, comme la STMG, la géométrie soit totalement absente alors qu'elle participe, selon elle, à construire le raisonnement. Dans les sections où la géométrie est encore présente, elle reconnaît toutefois qu'elle pourrait proposer à l'élève plus de problèmes pour une exposition plus grande au raisonnement.

Selon PL1, la rupture entre la seconde et la terminale, en géométrie est trop grande car on demande à l'élève de terminale de « carrément s'approprier tout ce qu'ils ont vu en seconde, voire au collège » (PL1).

Concernant le vocabulaire, PP2 précisait qu'il fallait qu'il soit précis le plus tôt possible. Elle affirme qu'au départ, l'élève a du mal avec le vocabulaire de géométrie, du mal à nommer les choses par leur nom, du mal à énumérer les propriétés, mais au fur et à mesure des années, elle note une amélioration. Au lycée l'enseignant affirme que l'élève connaît le vocabulaire de façon

générale. Cependant on peut noter des petites confusions, par exemple entre les termes colinéaires pour les vecteurs et parallélisme pour les droites.

Concernant la terminologie pour désigner des objets géométriques, ou du moins leur représentation, les enseignants de collège et de lycée qui ont été interrogés emploient le mot « figure » tandis qu'au primaire les avis sont plutôt partagés ; l'emploi du mot dessin, en tous cas ne gêne pas plus que cela. Selon PL1 le mot « dessin » peut être trompeur : « [...] dessin peut être trompeur tandis que dans la figure c'est toujours l'histoire de on se fait juste une représentation d'une situation, tu vois ? Tandis que l'élève se dit que la figure c'est la réalité » (PL1).

Les enseignants de collège et lycée pensent que lorsque c'est possible le théorème doit être accompagné d'une figure. Cependant PL4 met en garde contre le fait de tout miser sur la figure car selon elle on ne peut pas tout représenter et ne fonctionner qu'avec la figure c'est en quelque sorte avoir une vision restreinte du théorème. Pour elle les deux vont de pair.

Les enseignants du collège et du lycée sont unanimes à penser que de manière générale les élèves préfèrent la géométrie repérée ou analytique à la géométrie non repérée ou pure. De manière générale, la première géométrie occupe selon eux une place plus importante dans les programmes. Il y a un peu de géométrie non repérée dans les programmes de terminale en ce qui concerne la géométrie de l'espace, lorsqu'il s'agit d'obtenir les sections planes, où ils doivent utiliser les règles d'incidence. Cela pose problème à ceux qui ont du mal à voir dans l'espace.

Selon ces enseignants, la géométrie repérée fait partie du monde du calcul et les élèves la préfèrent car il y a moins de chance de se tromper dans la mesure où souvent, ils appliquent des recettes. Lorsqu'on aborde les vecteurs, on commence à perdre certains élèves. Quant à la géométrie non repérée, c'est plus du raisonnement donc ça plaît moins aux élèves :

« Mais je veux dire par là ce ne sont pas des calculs longs et tout au moins ils s'en sortent toujours à grapiller des points parce qu'ils ont compris le principe, mais la géométrie pure, ça pose en général des problèmes » (PL4).

Au primaire les enseignants ont identifié trois types de points délicats dans le programme :

- Les élèves ont du mal à construire les figures géométriques ; puisqu'ils ont du mal à se repérer, construire un carré par exemple peut être problématique puisqu'ils ne manient

pas très bien les instruments, mais aussi parce qu'ils ne savent pas toujours tracer les droites parallèles ou perpendiculaires (PP2) ;

- Les élèves doivent faire attention aux conversions ; si les mesures sont données en millimètres, il doit d'abord les convertir en centimètres puisque les instruments de mesure sont en centimètres (PP1) ;
- Le problème d'agrandissement non réussi par les élèves de CM2 a été souligné par PP1.

En collège, l'étape de modélisation pose problème à certains élèves, de même que les problèmes ouverts ; la raison est simple, selon les enseignants, les énoncés sont très courts et aucune méthode de résolution n'est indiquée même si les notions mathématiques à mettre en œuvre font partie de domaines connus par les élèves. Pour eux ce sont des « problèmes complexes qui font appel à plusieurs notions et plusieurs propriétés ensemble » (PC2).

Au lycée, le problème est un peu plus complexe puisque selon PL2, les élèves ne comprennent pas ce qui est attendu :

« Voir et puis, ce qui leur pose problème c'est de, de bien comprendre ce qu'on veut démontrer et les outils ; ils confondent un peu la conclusion et ils veulent démontrer ça donc ils te disent que c'est ça. Ils font un grand tour pour arriver exactement à ce à quoi ils voulaient arriver [...] » (PL2).

Les élèves confondent les concepts et ne maîtrisent pas le procédé de la démonstration, ce sujet confirme le questionnaire élève.

Selon PL1, l'élève a besoin d'aide pour comprendre ce qui lui est demandé, puis pour transformer le problème rédigé dans une langue naturelle en langage mathématique ; PL1 pense que le rôle de l'enseignant est d'aider l'élève à comprendre quel type de problème est-ce, quelles notions mathématiques sont mises en jeu. PC1 avait déjà soulevé ce fait en précisant que lorsqu'il donne un problème, il commence par une étape de défrichage où on met sur une partie du tableau tout ce que l'on sait du problème posé afin que l'élève ne restent pas bloqué. Cette méthode peut être adoptée par l'élève en évaluation. Sur son brouillon il peut procéder à cette étape de défrichage.

Selon PL1, la dissociation des propriétés du plan et de l'espace constitue un premier obstacle ; tout ce qui est valable dans l'espace n'est pas forcément valable dans le plan. Le second obstacle

est de ne pas confondre les outils : « il ne faut pas se tromper entre vecteur directeur et vecteur normal » (PL1).

4.1.2.2 Pratique déclarée des enseignants sur le triangle

4.1.2.2.1 Introduction de la notion

Les deux enseignantes de primaire ont évoqué l'entrée par les arts visuels. Cela permet de travailler deux disciplines : l'art plastique et les mathématiques. Selon PP2, les programmes sont trop chargés, ils ont trop de choses à enseigner ; mais elle pense que quelqu'un qui aime la géométrie va apprécier de faire cette entrée par les arts visuels ; le prolongement lui permettra de pouvoir introduire le triangle :

« [...] on peut commencer par-là, mais en faisant des prolongements en arts visuels ça donne de l'intérêt aussi puisque j'ai appris voilà, je le réutilise aussi et ça fait de l'automatisme après. Je trouve que c'est intéressant » (PP2).

Les deux enseignantes aiment introduire les notions sous forme de jeux en faisant deux groupes : un groupe écrit un programme de construction qu'il fait réaliser par l'autre groupe et vice-versa. Bien évidemment au départ, pour PP1, le but est de tracer des triangles sans prendre en considération les propriétés qui viendront plus tard.

Au collège, l'introduction des notions se fait beaucoup à partir de l'observation au collège, la description afin de dégager les éléments constitutifs, les invariants ; ensuite on peut se détacher peu à peu de la situation concrète pour la formalisation. La géométrie de cinquième est plus délicate car l'élève commence à utiliser les propriétés pour faire des petites déductions ; PP1 ne conçoit pas de géométrie sans croquis. En collège, les enseignants interrogés misent beaucoup sur le tutorat. Que ce soit pour les constructions ou pour les corrections d'exercices, ils préfèrent le faire faire par un élève qui a compris.

En lycée, le triangle n'est pas introduit car il l'a déjà été en cycle 4 ; l'enseignant rappelle les propriétés au besoin : « On prend un exercice dans lequel on verra peut-être un triangle rectangle, ou un triangle isocèle et on aura à ce moment-là à le redéfinir, remettre les définitions en place » (PL2).

PL2 a expliqué combien les instruments peuvent être difficiles à utiliser, comme les compas avec ventouses sur le tableau, c'est pour cela qu'elle a opté pour la construction des cercles

avec une ficelle, qui selon elle permet à l'élève de mieux comprendre que l'ensemble tracé soit un ensemble de points qui sont à la même distance du centre.

Pour PL3, l'intérêt est de complexifier un peu la tâche, c'est-à-dire que les notions ne doivent pas être travaillées isolément, mais dans le cadre d'exercices incluant d'autres notions à travailler conjointement. De manière plus générale dans l'introduction de notions nouvelles, PL1 pense que parfois l'élève manque de maturité ; c'est pour cela qu'il propose de hiérarchiser les thèmes en fonction de la maturité qui lui paraît nécessaire pour aborder ces notions : « [...] il faudrait carrément hiérarchiser ou ordonner les thèmes en termes de maturité nécessaire pour pouvoir vraiment faire en sorte que les élèves abordent les notions de façon effectivement optimale » (PL1).

PL4 propose à ses élèves des fiches rappels en début d'année. Les élèves sont libres de les travailler à leur guise sachant que le plus tôt sera le mieux car d'un moment à l'autre ils en auront besoin.

Dans les activités mettant en jeu des triangles, certains enseignants préfèrent faire réaliser la figure par les élèves car « cela donne de la compétence » comme un peu lorsqu'on fait un arbre en probabilités, par contre dans des situations plus complexes la figure peut être donnée (PL1). Pour PC1 lorsque la figure n'est pas donnée, l'élève doit en faire une, cela doit être un réflexe : PP1 estime que les élèves doivent réaliser la figure eux-mêmes pour qu'ils réalisent les difficultés ; il faut donc prévoir un temps de construction (PL3).

4.1.2.2.2 Quels sont les supports utilisés ?

L'usage du papier quadrillé a été abordé par tous les enseignants interrogés avec des avis partagés sur son usage. En début de formation, les deux enseignants du primaire font réaliser les figures sur du papier quadrillé car elles disent que le passage à l'instrument pose problème à l'élève. L'avantage avec le papier quadrillé c'est que les parallèles et les perpendiculaires sont déjà là. PP2 estime que le tracé des perpendiculaires demande à l'élève un effort intellectuel important ainsi qu'un travail moteur. De plus, au départ, l'élève réalise les figures à main levée afin de se rendre compte des différentes étapes dans le programme de sa réalisation. Lorsqu'il est prêt à faire la figure au propre, là il utilise les instruments.

Sur la nature du quadrillage, PL4 précise que trop d'enseignants demandent les cahiers à petits carreaux pensant faciliter la réalisation des figures car ces carreaux ont un côté de longueur un demi-centimètre :

« Je ne veux pas casser du sucre sur le dos des profs du collège, mais pour avoir pratiqué le collège pendant longtemps et m'être battue pendant longtemps pour qu'on ne demande pas des petits carreaux, je pense que là ça vient de ce gros problème. En tous cas en Guadeloupe quatre-vingt-dix-neuf pour cent des collègues demandent des cahiers à petits carreaux pour que les élèves ne fassent pas des efforts en géométrie et je pense que le problème vient de là » (PL4).

Selon elle, le fait de tracer les figures sur des feuilles quadrillées empêche l'élève de progresser dans la maîtrise du maniement des instruments. Cependant dans le cycle 3, PP1 met en avant le fait que le quadrillage n'aide pas toujours l'élève car il se perd parfois sur les feuilles quadrillées ; il n'arrive pas à se repérer avec les « nœuds » entre les lignes.

PL4 passe son temps à démonter les conceptions ancrées pendant le passage au primaire et au collège :

« [...] ça demande du temps, parce qu'il faut démonter le problème, c'est ça démonter une conception. Avant moi je croyais que c'était des enseignants du primaire, il fallait démonter les conceptions qu'ils avaient données aux enfants. Puisque j'ai commencé à travailler en sixième, alors j'ai travaillé à démonter cette conception du primaire, en seconde je dois redémonter les conceptions du collège puisqu'en fin de compte ce n'était pas qu'au primaire et c'est vrai qu'au collège c'est dans une facilité de rester dans le papier quadrillé » (PL4).

Selon PC1, lorsque les élèves ont des feuilles quadrillées, ils n'utilisent pas de la même manière le matériel de géométrie ; ils se contentent de compter les carreaux lorsqu'ils doivent faire un triangle isocèle, si bien que souvent ils oublient de mesurer. Pour lui, la seule façon de vérifier que les élèves savent utiliser le matériel est de réaliser les figures sur du papier sans quadrillage. Le tracé des triangles fait partie du contrat didactique entre PL4 et ses élèves. Elle affirme que dans sa classe il est interdit d'utiliser du papier quadrillé pour faire les figures ; lorsque les élèves sont chez eux et qu'ils doivent réaliser une figure, ils sont autorisés à utiliser les pages du cahier⁷⁷ mais avec toutefois la condition qu'aucun côté du triangle ne soit horizontal.

⁷⁷ Elle demande les rayures Sieyès.

L'enseignant PL3 est moins exigeant sur le type de papier utilisé ; il précise toutefois que lorsqu'il travaille sur la géométrie repérée, le papier quadrillé est approprié pour faire les repères, tandis que lorsque c'est en géométrie non repérée, le papier sans quadrillage est plus indiqué.

Pour PC1, cela lui est bien égal que l'élève utilise du papier quadrillé ou non car il travaille essentiellement avec des croquis car selon lui ce qui est important c'est de faire ressortir les propriétés de la figure : « [...] et ben on n'en est pas là du tout alors que sur un croquis, justement ben ce sont les propriétés qui sont intéressantes [...] » (PC1).

Concernant l'usage du papier non quadrillé, les enseignantes du premier degré estiment que dans l'apprentissage des élèves, on doit y arriver afin de leur permettre d'utiliser correctement les instruments de géométrie. PL4 n'utilise que du papier sans quadrillage en classe. Le papier sans quadrillage est le seul qui permet véritablement de vérifier que les élèves savent utiliser le matériel puisque lorsqu'ils tracent correctement deux parallèles sur papier sans quadrillage, on est sûr, si elles sont bien tracées, que l'élève a compris le maniement des outils ; lorsque c'est sur le papier quadrillé on n'est pas sûr qu'il n'ait pas pris d'autres repères au lieu d'utiliser le matériel.

L'enseignant pense en général que le numérique est une bonne opportunité mais tous relèvent le problème d'équipement insuffisant ; PC1 soulève la difficulté pour l'élève de maîtriser l'usage d'une tablette : il doit d'abord comprendre comment ça fonctionne, pour ensuite se pencher sur l'activité elle-même ; cela fait beaucoup de choses à maîtriser d'un coup. Lorsque l'enseignant évoque le numérique, il y associe souvent le manque de temps car selon lui, lorsqu'on fait du numérique, il faut accorder à l'élève un temps de recherche.

Les enseignants ayant évoqué l'usage du tableau l'utilisent peu eux-mêmes ; en effet ils préfèrent laisser un élève faire la construction ou résoudre les problèmes car cela développe sa compétence communicationnelle dans la mesure où il doit faire l'effort de bien hiérarchiser ses arguments afin que les autres élèves puissent comprendre. PL2 précise que les constructions instrumentées au tableau sont généralement délicates pour les élèves.

Le brouillon est utilisé de diverses façons par les élèves. En primaire et en collège, les enseignants précisent que les élèves ne savent pas directement dessiner une figure pour qu'elle soit correcte ; de ce fait ils procèdent par plusieurs essais successifs pour comprendre le programme de construction car ils ont le droit de se tromper. Par conséquent, au début, ils tracent des figures au brouillon et à main levée. En lycée, le brouillon est un outil de recherche. Là encore les pratiques sont différentes : PL2 demande à ses élèves un cahier de brouillon car elle précise que « le cahier d'exercices n'est pas un cahier de brouillon » tandis que PL3 affirme que le cahier d'exercice est un cahier de brouillon, et comme les élèves veulent que le cahier soit propre, en n'utilisant pas le brouillon ils ont tendance à se limiter dans leur démarche ; elle demande donc ce cahier de brouillon pour qu'ils n'hésitent pas à explorer l'univers des possibles dans un exercice. Tous reconnaissent l'importance de passer par le brouillon : « [...] par contre le brouillon est très important, un peu comme l'arbre en probabilités, c'est pour pouvoir de libérer, libérer l'élève de la surcharge cognitive » (PL1). Cependant l'enseignant précise qu'il privilégie tout de même l'activité mentale ; l'élève qui n'y arrive pas peu s'aider d'un brouillon. Il précise que les élèves qui réussissent bien, la plupart du temps se passent du brouillon, ou bien ils utilisent un brouillon instrumental pour mettre les grandes étapes de leur démarche mais ils ne rédigent pas tout au brouillon. Une fois qu'ils ont compris où ils vont, ils mettent le brouillon de côté. Il pense que tous les élèves n'utilisent pas le brouillon mais dans ce cas ce serait plus par paresse.

4.1.2.2.3 Activité mentale attendues des élèves ?

Concernant l'activité mentale attendue, lors des entretiens, la question a dû être précisée bien des fois. Les enseignants interrogés n'étaient pas trop au fait des opérations mentales. Souvent ce qui a été décrit s'apparente plus à de la gestion de classe (travail en binôme ou en groupe par exemple), ou bien des comportements d'élèves qui regroupent plusieurs opérations mentales et donc c'est pour cela que j'ai dû donner des exemples d'opérations mentales.

L'activité mentale à laquelle l'enseignant fait plus fréquemment référence est la mobilisation des connaissances et faire des analogies, des rapprochements avec des situations antérieures qui ressembleraient à celle à laquelle l'élève est confronté. Cela fait appel à la capacité de transfert de l'élève puisque les situations, si elles se ressemblent sur bien des points, elles peuvent ne pas être totalement identiques :

« [...] dans quelle partie du programme, de quel chapitre, de quel énoncé et après si besoin est, s'il a déjà vu, s'il n'a pas encore vu ce genre d'énoncé, ou s'il découvre pour pouvoir mettre en place certaines aptitudes à résoudre l'énoncé [...] » (PL4).

Plusieurs ont parlé de visualisation. En fait, l'élève doit se faire une image mentale du problème et cette image mentale doit lui permettre d'accéder aux informations pertinentes pour résoudre le problème : « Quand on parle d'une droite, il faut visualiser, c'est-à-dire être à l'aise avec tout ce qui est visualisation des objets classiques : plans, droites, points, cube, triangle [...] » (PL1).

Certains ont considéré que la première activité mentale consiste à s'appropriier le texte ; c'est donc transposer d'un langage codé à un autre, diverger⁷⁸, se constituer un répertoire d'action et planifier. PL2 a évoqué la possibilité de voir des cas particuliers ; cela entre dans la planification et la constitution du répertoire d'actions. PC1 a évoqué l'identification du modèle sous-jacent qui procède de l'analogie. Il attend des élèves qu'ils développent des automatismes ; pour cela ils doivent être capables de décliner les propriétés caractéristiques de la figure demandée et être capable d'en faire un croquis rapide.

PP1 pousse l'élève à, d'abord faire un croquis à main levée pour découvrir la figure, voir les propriétés ; l'élève doit savoir quel matériel utiliser pour réaliser la figure. L'activité qu'elle attend de l'élève se résume donc en quatre étapes :

- Réaliser une figure à main levée ;
- Analyser les propriétés de la figure ;
- Faire l'inventaire du matériel à utiliser pour la construction, en pensant au programme de construction ;
- Réaliser la figure en suivant le programme, sur feuille sans quadrillage.

4.1.2.2.2.4 À propos de la figure attendue et des consignes

L'enquête exploratoire a montré que lorsqu'on ne précise pas le terme « quelconque » dans une consigne où l'élève doit tracer un triangle, on se retrouve avec un nombre non négligeable d'élèves qui font des triangles particuliers, avec une préférence pour le triangle isocèle.

⁷⁸ Diverger : « explorer le réel et le possible pour le dépasser » (Monti et Plourdeau, 2003, p. 41-43).

Selon PL1, les élèves sont habitués à des configurations classiques. Par « dressage silencieux » (Mercier, 2017), l'élève est entraîné à chercher des particularités. Il fait remarquer que c'est rarissime, lorsqu'on demande la nature d'un triangle, que l'élève ait à répondre le triangle est quelconque. En effet lorsqu'on demande la nature d'un triangle, c'est parce qu'on s'attend à ce que ce triangle présente une particularité :

« C'est qu'ils sont tellement habitués à des configurations, comme on a dit, classiques comme le rectangle, le triangle isocèle, équilatéral effectivement, puisqu'on va souvent leur demander ça, même aux élèves de terminale effectivement, quelle est la nature du triangle ? [...] C'est rare qu'on puisse dire quelle est la nature du triangle ? il est quelconque. » (PL1).

Lorsque les élèves doivent construire un triangle, PL1 précise oralement aux élèves que le triangle est quelconque. PL2 fait de même ; pour lui préciser dans l'énoncé que le triangle est quelconque, c'est déjà leur mâcher le travail. PL4 ne précise pas le terme « quelconque » ; pour elle si le mot ne figure pas, l'élève doit savoir que le triangle doit être quelconque et que c'est une habitude mathématique à avoir, cela fait partie des implicites du contrat en mathématiques. PC2 et PL3 affirment qu'ils préfèrent préciser le terme « quelconque » dans un énoncé, mais c'est juste parce qu'ils souhaitent être précis ; cela peut signifier que dans leurs conceptions, un énoncé où ne figure pas le terme « quelconque » manquerait de précision.

PC1 dit que tout cela lui est bien égal puisqu'il travaille sur des croquis avec les élèves. PC1 estime que même si, sur le croquis on voit que le triangle n'est pas rectangle, à partir du moment où les élèves ont mis un codage correspondant à celui d'un triangle rectangle, alors le triangle tracé devient rectangle et ce codage lui confère toutes les propriétés du triangle rectangle. Pour lui le plus important c'est le codage que l'élève met sur la figure : « Que ton triangle il soit rectangle, je m'en fiche à partir du moment tu as mis un angle droit, il est rectangle » (PC1).

PP1 pense que le fait de préciser « quelconque » ou non dépend de l'activité qu'elle est en train de faire. Si elle est dans une activité de découverte, peu lui importe que les triangles soient rectangles ou pas. Au contraire, elle laisserait les élèves dessiner toutes sortes de triangles et ce serait l'occasion pour eux de voir les particularités d'un triangle par rapport à un autre ; à la limite elle leur demanderait de dessiner non pas un triangle mais des triangles !

On voit à travers ce qui précède que les usages diffèrent mais qu'en est-il de la figure attendue par l'enseignant ?

Lorsqu'un triangle quelconque est attendu, PL3 précise que si cela impacte la démonstration que l'élève fera en s'appuyant sur le triangle, il lui demandera de refaire la figure. Tous les autres enseignants n'acceptent pas de figure non conforme à la consigne.

On a pu voir sur la présence ou non du terme « quelconque » que certains attendus sont implicites. Dans certains cas, le professeur ne précise pas les choses, justement pour que l'élève puisse travailler selon lui, des compétences : « [...] en fait c'est pour pouvoir travailler sur le non-dit, Ok, sur l'implicite. Et cet implicite-là justement ça fait partie du cœur de la formation de l'élève, du scientifique » (PL1).

Dans la classe, il y a une certaine habitude sur les consignes ; les choses ne sont pas tout le temps dites, une fois que les automatismes se sont installés :

« [...] à partir du moment où on est en train de faire quelque chose et qu'ils ont repéré que c'est une situation géométrique, parce que je ne vais pas forcément le dire, dès qu'ils ont repéré que c'est une situation de géométrie, en numéro un c'est faire un croquis » (PC1).

Selon PL1, les élèves ne doivent pas être trop guidés. Le professeur doit voir jusqu'où il peut accompagner l'élève car selon lui s'il en dit trop, l'élève va penser que « le professeur doit mâcher le travail », de plus on sait que sur le plan didactique, c'est à l'élève de construire son savoir. Le rôle de l'enseignant est de l'aiguiller vers la ZPD⁷⁹ (Vygotsky, 1978). Ainsi, pour lui, préciser « triangle quelconque », c'est conditionner l'élève. Cela voudrait dire que le jour où on ne le préciserait pas alors il se pourrait que l'élève se dise que le triangle n'est pas quelconque.

Lorsque les choses ne sont pas précisées, on est dans l'implicite et c'est le contrat didactique, les habitudes de classe auxquels l'élève se réfère et qui lui indiquent quoi faire. Cela veut aussi dire qu'au niveau des consignes, de ces habitudes, les choses doivent être sans ambiguïté ; « le maître doit donc effectuer, non la communication d'une connaissance, mais la dévolution du bon problème. Si cette dévolution s'opère, l'élève entre dans le jeu et s'il finit par gagner, l'apprentissage s'opère » (Brousseau, 1984, p. 2). L'enseignant ne peut pas aller au-delà de ce que permet sa position dans ce contrat sinon « s'il dit ce qu'il veut, il ne pourra plus l'obtenir »

⁷⁹ Zone proximale de développement, concept introduit par Vygotsky (1978, p. 86) comme étant distance entre le développement de l'élève et le niveau atteignable avec le guidage d'une adulte. Cela correspond à la zone entre celle où l'élève ne peut pas réaliser seul et celle où il peut réaliser sans aide.

(Brousseau, 1984, p. 3). En ne mettant pas l'élève dans des conditions d'acquisition du savoir visé, l'élève devra, pour acquérir ce savoir, surmonter un obstacle. Pour éviter à l'élève d'être en échec, le professeur se sent obligé de dévoiler à la place de l'élève une partie de la réponse (effet Topaze) ou d'avoir à valider une réponse qui ne correspond pas à celle attendue (effet Jourdain) (Brousseau, 1984).

4.1.2.2.3 Pratique observée

4.1.2.2.3.1 Sur les figures

Lors de l'entretien, à la question 1.3, il a été demandé aux enseignants de dessiner un carré, un rectangle, un triangle, un cercle, un losange et un segment et sa médiatrice. Tous ont dessiné les figures demandées. Les enseignants PP1 (Annexe 4.1), PP2 (Annexe 4.2), PC2 (Annexe 6.2), PL1 (Annexe 7.1), PL2 (Annexe 7.2), PL3 (Annexe 7.3) ont fait des figures prototypiques. PP2 a d'abord fait les figures prototypiques puis a dessiné un carré et un rectangle dans une position non prototypique (Annexe 4.2).

J'ai pu remarquer que tous ont dessiné le losange dans sa position prototypique. De plus, seuls les deux enseignants enseignant en collège ont mis un codage sur la figure indiquant les angles droits ou des distances égales. Concernant les figures prototypiques, il me semble que les enseignants interrogés n'aient pas perçu l'objectif de recherche qui d'ailleurs ne leur a pas été communiqué. Le terme prototypique n'a pas été évoqué, cependant, PL2 a parlé de figure particulière après avoir achevé les tracés. Les enseignants PC1 et PL4 n'ont pas fait des figures prototypiques (annexes 6.1 et 7.4).

4.1.2.2.3.2 Sur les consignes

A la question 2.8, les enseignants interrogés étaient invités à produire un de leur texte proposé en géométrie. Seuls trois enseignants ont produit un document ; il s'agit de PL1, PL3 et PL4.

Le Tableau 4.2 qui suit indique les verbes d'action figurant dans l'énoncé avec leur nombre d'occurrences :

Tableau 4.2 : Occurrences des verbes d'action dans des énoncés mathématiques

Enseignant	Verbes d'action figurant dans les énoncés									Nombre de questions	Nombre de lignes pour l'énoncé
	Déterminer	Montrer	Démontrer	Vérifier	Calculer	Exprimer	Déduire	Représenter	Être		
PL1	4	1	2	1	1	0	0	0	0	9	14
PL3	3	0	0	1	0	0	0	1	0	4	14
PL4	Énoncé 1	2	0	0	0	0	0	0	1	3	4
	Énoncé 2	0	0	1	0	0	1	1	0	4	5

Énoncé de PL1 :

Cet exercice concerne la géométrie repérée dans l'espace. L'objectif est de calculer le volume d'un tétraèdre. Dans l'énoncé de PL1 (document annexe 7.1), le terme « déterminer » introduit une question pour laquelle on connaît la nature de l'objet cherché mais on ne donne aucune indication sur la méthode. « Vérifier » introduit une question dans laquelle l'élève n'a pas à se poser la question de la véracité de ce que l'on affirme. Souvent, c'est une propriété dont l'élève a besoin pour traiter la suite du problème ; une telle question peut être considérée comme une question intermédiaire pour permettre que l'élève ne reste pas bloqué, même s'il ne parvient pas à vérifier ce qui est demandé. Ce terme suggère à l'élève la méthode à employer. Les termes « montrer » et « démontrer » introduisent des questions où on dit ce qu'il y a à prouver. PC1 a employé montrer pour une question où la finalité est un calcul d'aire. Les deux questions où est employé « démontrer » induit une preuve probablement plus difficile techniquement pour l'élève.

Énoncé de PL3 :

Le thème de cet exercice est la géométrie plane repérée (document Annexe 7.3). Dans cet exercice, trois points A, B et C sont donnés par leurs coordonnées. À la première question, une équation cartésienne est donnée et l'élève doit vérifier que l'équation donnée est bien une équation cartésienne de (BC). Comme précédemment, on voit que dans cette question l'élève peut faire un simple calcul pour chacun des deux points afin de valider sa réponse. Comme pour l'énoncé de PL1, cette question introduit un élément dont l'élève aura besoin et suggère la méthode à employer. Le terme « déterminer » est utilisé de la même manière que le fait PL1. Cependant à la dernière question l'enseignant précise « en justifiant ». Contrairement à l'énoncé de PL1, dans cet énoncé il y a deux questions ouvertes introduites par « représenter ».

Énoncé de PL4 :

Cette enseignante a proposé deux énoncés (document annexe 7.4).

1^{er} énoncé :

C'est un exercice de géométrie plane sur la colinéarité. Dans cet exercice le terme « déterminer » est employé deux fois dans les mêmes conditions que précédemment. La troisième question est une question ouverte.

2^{ème} énoncé :

C'est un exercice de géométrie non repérée sur la colinéarité des vecteurs.

La troisième question était formulée ainsi :

« Exprimer le vecteur \overrightarrow{MN} , puis le vecteur \overrightarrow{NP} , en fonction des vecteurs \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{AC} »

À la question 3, PL4 affirme que les élèves ont eu du mal, car ils ont pensé qu'ils devaient exprimer le vecteur \overrightarrow{MN} en fonction de \overrightarrow{AB} , puis le vecteur \overrightarrow{NP} , en fonction de \overrightarrow{AC} et ce malgré la place des virgules. On voit que dans l'interprétation des élèves, le mot « puis » a été déplacé, ce qui change les choses. Elle affirme avoir pourtant travaillé sur ce type d'énoncé avec les élèves.

Ce qui est à remarquer dans ce tableau est le nombre de fois où « déterminer » a été employé. La discussion a porté sur l'emploi de ce mot et j'ai pu comprendre que, pour PL3, déterminer peut aussi bien vouloir dire « lire graphiquement », « calculer », « démontrer ».

4.1.2.2.4 Rapport de l'enseignant à la géométrie

4.1.2.2.4.1 Ressenti des enseignants

Sur les huit enseignants interviewés, sept ont affirmé avoir aimé la géométrie lorsqu'ils étaient élève et prendre plaisir à l'enseigner. PL3 aimait la géométrie pour la réalisation des figures. Pour PL4 la géométrie a contribué à la conforter dans son projet d'enseigner les mathématiques.

PC1 affirme avoir eu du mal avec la géométrie non repérée, mais il a eu plus de facilités avec la géométrie repérée :

« Alors la géométrie, élève, eh, au début, je n'aimais pas. Comme c'était de la géométrie déductive avec les propriétés pures là, la géométrie [...] sérieuse comme on en fait en cinquième, eh, celle-là, élève j'avais du mal. Il faut beaucoup d'intuition et il faut beaucoup de situations de référence pour pouvoir se débrouiller, et donc c'est très difficile d'avoir des processus de résolution. À partir du moment où c'est devenu analytique, eh, j'ai trouvé

ça super parce que c'est hyperprotocolaire ; autrement dit tu en as fait dix, donc le douzième ce sera pareil » (PC1).

PP2 possède un bac scientifique et aimait les mathématiques ; elle garde une bonne image de ses cours de mathématiques car elle a eu de très bons enseignants et selon elle ça a son importance. PL2 estime que « ce qu'on nous donne à faire est intéressant ».

4.1.2.2.4.2 Courir après le temps

Le temps semble être un facteur important avec lequel les enseignants doivent composer. En effet, tous affirment courir après le temps, ce que PL2 exprime ainsi :

« [...] c'est ce qu'on fait souvent au pas de course et on zappe toute la partie application, ce qui est dommage d'ailleurs. C'est quand je vais vite, je n'ai pas le temps de faire tout ça. Sinon on se contente de faire l'essentiel, [...] on ne va pas chercher des détails par exemple » (PL2).

Lorsqu'elle voit un nouveau concept, PL2 dit ne pas avoir assez de temps pour le réinvestir alors elle pense que la notion n'est pas suffisamment ancrée. Dans la phase de recherche d'exercices, elle estime ne pas pouvoir laisser les élèves aller à leur propre rythme. Certains parviennent à traiter l'exercice dans des temps raisonnables, mais au bout d'un moment elle est obligée de faire un point et de passer à la correction ; de ce fait certains élèves ne parviennent pas à aller jusqu'au bout de leur démarche. Elle pense que c'est une plus-value que d'envoyer un élève corriger, et évite de faire elle-même les corrections. PL2 compte sur un ou deux élèves chronogènes pour faire avancer le cours.

Les expériences sont similaires, à ce niveau, en collège ; le manque de temps en collège fait que les enseignants pensent ne pas pouvoir laisser assez de temps à l'élève de chercher : « Je ne peux pas attendre que tout le monde ait fini et que ça prenne des plombes » (PC1).

De l'avis de ces enseignants, les notions qu'ils enseignent sont intéressantes mais ce champ est complexe à enseigner en raison des difficultés des élèves ; l'hétérogénéité des classes fait que les élèves ne sont pas tous au même niveau, donc il faut pratiquer de la différenciation, ce qui demande beaucoup d'expériences, d'idées et de maîtrise :

« Ça passe assez bien avec les élèves mais je pense que c'est quelque chose qui pose problème quand tu discutes avec les collègues. Je pense que ce n'est pas facile pour tout le

monde. Parce que si tu restes scotché à ton manuel, eh, la vie doit être compliquée, comme on dit » (PC1).

4.1.2.2.4.3 L'école de la rigueur

Tous ont évoqué la rigueur nécessaire lorsqu'on fait des mathématiques. PC2 aimait la géométrie pour la rigueur mais estime que ce n'était pas facile pour tous dans sa promotion :

« Et une rigueur extrêmement stricte des professeurs sur toutes les hypothèses qu'il fallait toujours mettre. Des propriétés parfaitement énoncées. Et beaucoup de rigueur, ce que j'aimerais pouvoir transmettre mais je n'y arrive pas du tout parce que les élèves n'adhèrent pas » (PC2).

PC2 regrette de ne pas pouvoir transmettre à ses élèves toute la rigueur qu'elle a reçu de ses professeurs car le public a changé ; elle affirme passer beaucoup de temps en préparation, car elle souhaite pouvoir anticiper les problèmes et les questions mais en dépit de tout cela c'est un domaine qu'elle aime enseigner : « Là il y a des moments où les élèves sont vraiment bloqués et j'ai du mal avec cette partie-là parce que les élèves sont bloqués » (PC2). Elle cherche des solutions et raccourcit les séances pour pouvoir prendre en charge tous les élèves ; avec sa classe de troisième elle a essayé la classe inversée.

Pour d'autres la rigueur était présente dans la précision dont il fallait faire preuve dans le tracé des figures en géométrie, ce qu'exprime PP1 :

« C'est très loin, mais aussi loin que je me rappelle, je n'ai jamais aimé la géométrie, parce que justement il fallait toujours utiliser avec précision les instruments. Voilà, et s'imaginer les figures pour les réaliser » (PP1).

Malgré le fait que PP1 n'aimait pas la géométrie étant élève ou étudiante, elle affirme prendre du plaisir à l'enseigner et s'applique à intéresser ses élèves : « Alors maintenant je prends plaisir et j'essaie justement d'intéresser les élèves à cette matière » (PP1).

PL2 affirme qu'il n'aimait pas travailler les configurations. En plus de la rigueur, la géométrie permet de structurer le raisonnement ; PL1 pense qu'on devrait faire plus de géométrie que d'algorithmique car selon lui la géométrie structure davantage le raisonnement que l'algorithmique.

PP2 affirme manquer de matériel et estime qu'il faudrait une salle équipée pour enseigner correctement la géométrie, un peu comme un laboratoire. Certains innovent ; ainsi, PL4 a fait

installer plusieurs tableaux dans sa classe et les élèves travaillent souvent en groupe et sur des choses différentes donc pour elle le temps n'est pas un handicap.

La géométrie reste donc un domaine difficile à comprendre pour les élèves et complexe à enseigner. En effet, les élèves doivent faire preuve de rigueur, connaître toutes les propriétés qu'ils ont parfois du mal à énumérer.

Par ailleurs, contrairement à d'autres matières qui disposent de salles spécialisées, les mathématiques n'ont aucune installation dédiée, ce qui ne facilite pas la tâche des enseignants.

4.1.2.3 L'élève et la géométrie

Dans cette partie, nous relatons ce que disent les enseignants de la manière dont ils perçoivent leurs élèves dans le cours de géométrie ; en particulier, nous verrons ce que disent les enseignants sur la manière dont les élèves procèdent pour la construction des figures en géométrie. Les enseignants ont également exprimé leur avis sur ce qui peut poser problème, mais aussi sur ce que les élèves réussissent le mieux en géométrie.

4.1.2.3.1 Comment appréhendent-ils la géométrie ?

4.1.2.3.1.1 Leur façon de procéder dans la construction de triangles

La façon dont les élèves procèdent pour construire les figures géométriques diffèrent : certains dessinent les côtés puis matérialisent les sommets, pour d'autres c'est l'inverse : « Alors en général, justement, ils ne placent pas les sommets des figures, voilà. Ils se lancent directement dans la réalisation des côtés » (PP1).

Cependant cela dépend probablement du type de support utilisé :

« Je pense que ça dépend. Ça dépend eh, du papier quadrillé. Sur papier quadrillé je pense qu'ils tracent d'abord. Ils tracent d'abord, ensuite ils mettent les points et comme par hasard les points seront dans les intersections » (PC2).

Autrefois, les élèves utilisaient plus les instruments de géométrie ; un enseignant se plaignait que les élèves ont aujourd'hui tendance à faire les figures avec des objets de fortune tels que badge, carte... Le matériel de géométrie est devenu rare dans les classes et on perd du temps à attendre que tous les élèves aient pu y avoir accès :

« [...] construction d'un triangle de longueur donnée avec, eh, par exemple avec le compas, ça c'était une pratique courante au collège avant, maintenant ça ne l'est plus. Donc

construire un triangle en utilisant les instruments, en commençant par les côtés ce n'est plus un réflexe maintenant. Donc oui je pense que la tendance actuelle des élèves c'est plutôt de commencer par les sommets que par les côtés » (PL3).

Lorsque les élèves réalisent les figures sur le cahier, ils ont tendance à suivre les lignes donc on retrouve souvent des verticales et des horizontales, et donc plus de chances d'avoir des figures particulières alors que ce n'est pas attendu :

« Apprendre à l'enfant à tracer des droites parallèles, encore une chose qui n'est pas acquise en seconde parce que les droites parallèles sont tellement plus simples de tracer sur eh, les lignes du cahier, apprendre à l'enfant à utiliser l'équerre [...] » (PL4).

Cette enseignante interdit à ses élèves de faire des verticales ou des horizontales ; comme elle le dit elle-même, cela paraît être comme une dictature, mais c'est, selon elle, la seule façon de changer les conceptions des élèves. En les laissant s'habituer à suivre les lignes du cahier, ils savent de moins en moins utiliser le matériel ; Il s'agit d'une compétence qui se perd.

PC1 établit également un lien entre le fait de faire des figures prototypiques et suivre les lignes du cahier ; selon lui cela se retrouve plus chez les élèves en difficulté : « Ben oui bien sûr. Tu vas retrouver ça chez les élèves eh, chez les élèves qui ont des difficultés. Ah les élèves qui sont en difficulté systématiquement des figures prototypiques. Ça doit s'approcher des lignes du cahier » (PC1).

Dans le même ordre d'idées, PL3 précise que si l'on demande à l'élève de tracer un parallélogramme, on risque de se retrouver avec un rectangle, et pour un triangle, l'élève prendra un triangle particulier. Cependant selon PL3, l'élève ne doit pas utiliser les propriétés particulières de la figure.

PL4 précise que dans sa classe les triangles ont trois côtés. Les élèves ont l'habitude de dessiner le triangle avec un côté horizontal et ils attribuent au côté horizontal le nom de « base ». Elle interdit à ses élèves de dessiner de tels triangles car selon elle cela conforte les élèves dans des conceptions erronées à propos du triangle ; en effet, les élèves pensent qu'un triangle n'a qu'une seule base qui est le côté horizontal. Selon elle, voilà encore une chose qu'il faut déconstruire (PL4) précise que sur le tableau les triangles ont souvent un côté horizontal et lorsque les élèves se retrouvent sur le cahier et que le triangle n'a aucun côté horizontal, cela les perturbe.

Le croquis apparait comme une alternative aux figures qui devraient être bien construites mais en fait qui ne le sont pas. PC1 travaille beaucoup avec les croquis. Lorsque l'élève travaille la géométrie, il ne leur dit pas systématiquement de faire la figure mais selon lui, dès lors qu'il a repéré une situation géométrique, il doit faire un croquis. C'est pour lui un automatisme qui fait partie du contrat. Le croquis est réalisé à main levée ; par contre l'élève doit faire figurer toutes les propriétés, les angles droits, les mesures des côtés, les segments de même longueur. Pour PL4 l'élève ne doivent pas avoir des « choses stéréotypées » et elle lui rappelle souvent que les mathématiques, c'est l'art de raisonner sur des figures fausses⁸⁰.

4.1.2.3.1.2 Le niveau des élèves en géométrie

Les enseignants interrogés sont peu nombreux à affirmer que les élèves ont de bons résultats en géométrie. Pour PL1, à peu près le tiers de ses élèves de terminale s'en sort en géométrie. PL2 pense que c'est très variable et que ça dépend des années. Selon PL1, les difficultés des élèves sont dues soit à une mauvaise compréhension du sujet, soit à une mauvaise représentation de l'objet. PL3 affirme que les capacités des élèves en géométrie ont beaucoup baissé et parallèlement, les enseignants ont moins d'exigences vis-à-vis d'eux, du fait que plusieurs notions sont sorties des programmes. PC2 considère sa classe comme étant très hétérogène, avec beaucoup d'élèves en difficulté en géométrie ; ils ne parviennent pas à passer du problème à la résolution. Selon elle, les élèves n'ont pas, en géométrie, des automatismes comme ceux qu'ils ont en algèbre. PC1 avait insisté sur le côté répétitif des tâches pour que les élèves puissent parvenir à transférer leurs connaissances à des situations similaires ou légèrement différentes.

Les enseignants mettent en place des choses pour les élèves, mais ils se sentent démunis face au temps qui manque. Ne serait-ce que pour faire une construction, PL3 dit qu'on ne peut pas réduire ce temps. Pour que les élèves soient moins perdus et se sentent moins en échec, PL1 les fait travailler en binôme, tandis que PC1 favorise les petits groupes. L'objectif est que les réponses aux questions qu'ils se posent soient données par le second membre du binôme ou par quelqu'un du groupe, le professeur n'intervenant qu'en dernier ressort.

⁸⁰ René Descartes (1596-1650) : « les mathématiques, c'est l'art de raisonner juste sur des figures fausses », repéré sur <http://www.dtmath.net/citations>, consulté le 23/5/2019

4.1.2.3.1.3 Leurs réussites et ce qui leur pose problème

La construction des figures en lycée va prendre plus ou moins de temps ; les élèves ont tendance à peu s'engager dans la tâche donc ils sont très hésitants mais ils y arrivent tout de même sur les figures classiques. En primaire les deux enseignantes ont des avis contrastés : PP1 qui a une classe d'un assez bon niveau affirme que les élèves arrivent à dessiner des figures simples comme le carré et le rectangle. Pour PP2, dessiner même un rectangle ne relève pas d'une évidence dans sa classe. Mais elles sont toutes deux d'avis que la figure qui pose le plus de problèmes est le losange. La réalisation de figures à partir de consignes est difficile pour les élèves de même que l'utilisation des instruments.

Le deuxième point délicat est la vision et la représentation dans l'espace. PL1 affirme que certains élèves ont vraiment du mal à voir dans l'espace. Il relate un certain sujet de baccalauréat où l'apparence était trompeuse ; en effet un point semblait, sur le dessin, être au milieu d'un segment mais cela s'est avéré faux, c'est pour cela qu'il appelle ses élèves à la plus grande vigilance sur les dessins dans l'espace. PL4 utilise le numérique pour aider les élèves à voir dans l'espace car certains ont besoin de tourner la figure dans tous les sens pour pouvoir voir, mais cela ne suffit pas toujours. PL2 pense que tous les élèves ne sont pas armés de la même façon pour pouvoir voir en trois dimensions.

La démonstration est un point épineux. PL1 estime qu'un tiers des élèves de sa classe de terminale arrive à faire les démonstrations demandées en citant les bonnes propriétés avec un niveau de rédaction suffisant. Selon lui, les élèves doivent approfondir la réflexion et ne pas fonctionner comme des robots ; dès lors qu'ils se concentrent un peu sur la tâche, ils parviennent à trouver la solution. Il pense que les bons élèves réussissent à établir leur démarche mentalement en organisant correctement les différentes étapes, c'est ça selon lui leur atout. PL3 estime que le bagage des élèves est assez mince, puisque comme on l'a vu plus haut ils ont tendance à oublier ce qu'ils voient ; certaines formules élémentaires comme les coordonnées du milieu d'un segment sont oubliées en première, de même que les droites remarquables dans le triangle. Avec autant d'oublis, il est difficile de pouvoir faire des démonstrations. PL2 pense que le problème se pose dès la lecture de l'énoncé, car certains élèves ne comprennent pas ce qu'on leur demande. Tout au long de sa scolarité, l'élève sera confronté à la démonstration, d'abord très simple en collège pour arriver à des démonstrations à plusieurs étapes en terminale ; PL4 considère que c'est un challenge pour l'élève. Cela demande donc à l'élève un

entraînement de longue haleine : « Le plus souvent c'est ça. Ils y arrivent mais après c'est à force de s'entraîner, faire des questions flash, des cartes mentales, etcétera [...] » (PL1).

Pour certains élèves, démontrer se résume à faire une énumération des propriétés d'une figure :

« [...] un truc tout simple, pour montrer à un moment donné que c'est un parallélogramme, ils montrent que les diagonales se coupent en leur milieu et que les deux côtés opposés sont de même longueur et que les deux autres aussi, donc en fait c'est de la redondance des fois » (PL2).

PC2 fait remarquer que lors du brevet blanc les exercices où figurent des « blancs » sur la feuille correspondent à ceux dans lesquels il y a une démonstration à faire. Elle faisait aussi remarquer que pour appliquer une propriété, il y a des conditions, et que si une seule n'est pas remplie, on ne peut plus mais apparemment cela ne semble pas perturber les élèves qui appliquent les propriétés sans faire attention aux conditions. Parfois aussi les élèves se contentent de mesurer sur le dessin, mais PL4 propose une méthode pour mettre en évidence les éléments importants :

« [...] il faut dire aussi que mes élèves je leur apprends à avoir un stylo pour avoir les termes importants, les choses importantes dans l'énoncé, repérer pour pouvoir raisonner. Donc ils travaillent souvent avec le stylo » (PL4).

PC1 explique que très souvent le type de raisonnement privilégié par les élèves est le raisonnement déductif. Alors est-ce que les enseignants travaillent les différents types de raisonnement avec les élèves ? PL2 affirme le faire :

« Je le fais plus en terminale. En début d'année quand même, on prend un certain temps pour voir les différents types de raisonnement par l'absurde, les contraposées, la logique un petit peu. [...] on voit tous les types de raisonnement » (PL2).

Parfois aussi les élèves procèdent par analogie : « [...] ils ne vont pas forcément essayer de voir les propriétés mêmes de la figure qu'ils ont mais plutôt essayer de se dire cette figure-là ressemble à une que j'ai déjà eue auparavant. Oui c'est ça » (PC2).

Dans ce cas, quelle aide peut-on apporter aux élèves dans ces circonstances ? Plusieurs enseignants pratiquent le tutorat. PL4 fait ses élèves travailler en groupes et met dans chaque groupe un élève qui réussit assez bien. Lorsqu'ils corrigent un devoir par exemple, l'élève choisi doit expliquer aux autres sans prendre le stylo ou sa copie pour ne pas être tenté de faire à la place des autres élèves. PC1 fait aussi des petits groupes et les élèves ne sont autorisés à le

solliciter que lorsque personne dans le groupe ne sait. PL1 pense qu'il vaut mieux que ce soit un élève qui explique aux autres.

Selon PC1, les pratiques des élèves reflètent ce qu'on leur a enseigné, mais c'est surtout très variable d'un enseignant à l'autre :

« [...] comme moi je côtoie les collègues qui sont au lycée, j'en ai, ils viennent me dire, c'est formidable, ils sont super tes élèves ils savent faire plein de trucs. Dix minutes plus tard tu rencontres le deuxième prof qui dit : « et mais, ils n'ont rien fait ce n'est pas possible. ! » Et ben voilà, qu'est-ce qu'il pense avoir fait ? Ben ça dépend vachement des profils. Étant donné qu'ils ont tous fait tout ce qu'il fallait faire mais qu'ensuite ben eh il y en a qui l'ont fait tranquille ou qui sont restés dans le mode de fonctionnement qui est souvent celui du collège sur lequel tu travailles sur une notion puis tu passes à une autre, etcétera, en formatant le disque pratiquement à chaque fois [...] » (PC1).

4.1.2.3.2 La dimension psycho-sociale ou affective

4.1.2.3.2.1 Les mathématiques font peur

PL4 explique qu'elle a remarqué que lorsque les élèves sont en géométrie, ils appréhendent beaucoup. Selon PC1, l'idée que les mathématiques sont difficiles, est « intrinsèquement ancrée chez les élèves » ; les élèves pensent que ce n'est pas facile et qu'ils n'y arriveront pas. Alors lorsqu'ils se trouvent bloqués dans un exercice, le professeur veille à ne pas les laisser bloquer trop longtemps :

« [...] la géométrie ce n'est pas facile et on ne va pas y arriver, donc je ne les laisse pas planter trop longtemps. Je ne veux pas qu'ils restent cinq ou dix minutes comme cela face au truc parce que sinon, ben de nouveau va s'ancrer en eux le fait que ce n'est pas facile » (PC1).

Dès le primaire, la peur est déjà bien présente. PP2 dit que lorsque les élèves ne réussissent pas, ils ont peur.

4.1.2.3.2.2 Travailler plus pour anticiper la difficulté

Certains élèves anticipent les difficultés. PL4 ne s'explique pas pourquoi elle a ce sentiment que les élèves travaillent plus rigoureusement la géométrie que l'algèbre. Pour elle les élèves adhèrent mieux à la géométrie qu'à l'algèbre. Les élèves sont même parfois demandeurs d'après PL3. Mais ce sont surtout les calculs en géométrie qu'ils aiment faire : « Ils aiment bien faire les calculs en géométrie. C'est un, une aberration mais plus que raisonner sur les propriétés, la

logique d'un truc [...] » (PL2). Cela paraît un peu paradoxal car les élèves sont généralement plus hésitants face à la géométrie. Pour ces élèves, c'est probablement la peur d'échouer, la difficulté qu'ils appréhendent, qui fait qu'ils s'engagent dans la tâche très vite.

4.1.2.3.2.3 Le niveau d'investissement

Selon les enseignants le niveau d'investissement est très variable d'un élève à l'autre ; il y a des élèves qui n'aiment pas du tout la géométrie. Ils se réjouissent presque de ne pas en faire (PL2). Les élèves qui réussissent aiment faire la géométrie mais ils sont peu nombreux. Les enseignants pensent que les élèves ne font pas assez de géométrie en primaire.

4.1.2.2.2.4 Mathématiques et genre

PL4 a remarqué que les filles ont beaucoup plus de mal en géométrie dans l'espace que les garçons. Ainsi, selon elle, certaines filles ont vraiment du mal à se repérer dans l'espace cette activité leur prend beaucoup de temps. Voir certains garçons y arriver plus vite est une pensée insurmontable pour elles. Ce qui interpelle PL4, c'est qu'il s'agit d'élèves qui ont généralement de très bons résultats partout. Elles ont beaucoup plus de difficulté que les garçons ; selon PL4 ces difficultés apparaissent dès le collège où PL4 commence un travail pour dédramatiser en leur faisant comprendre que si elles ne voient pas tout de suite ce n'est pas grave ; PL4 est amenée à travailler sur le repérage dans l'espace.

« C'est un problème des filles, de conception, je travaille eh, je ne suis pas psychologue, mais je travaille la conception chez les filles. Et les filles je les rassure, parce que j'en ai déjà vu qui pleurent et qui en souffrent parce qu'elles ont l'impression de ne pas être eh, comment dire ? d'être à côté des choses. Et je me suis rendue compte de cela surtout avec une de mes anciennes élèves. [...] Elles remarquent que celui qui a quatre, cinq voit rapidement des choses qu'elles ne voient pas elles. Elles se dévalorisent [...] » (PL4).

PL4 avoue même qu'elle est un peu comme cela ; elle dit que par habitude on dit que les femmes ne savent pas conduire, mais ajoute-t-elle, ce n'est pas ça, c'est que nous avons du mal à nous repérer, c'est tout : « Il y a des choses que l'on n'arrive pas bien à faire aussi bien que les hommes » (PL4).

4.1.2.3.3 Des méthodes innovantes

Certaines enseignantes pratiquent la pédagogie inversée ; elles proposent aux élèves de regarder des vidéos. PL4 affirme que c'est un moyen pour elle de faire de la différenciation puisque

l'élève en difficulté prend un peu d'avance en visualisant les vidéos, à son propre rythme, à la maison. C'est une façon de voir autrement et il est déjà au fait de la notion lorsqu'elle est abordée en cours.

Une autre enseignante aime les belles figures géométriques et elle propose à ses élèves d'en faire (Figure 4.2). Tous n'adhèrent pas à la géométrie et c'est une manière pour elle de les intéresser. Elle avait même fait une exposition des figures réalisées par les élèves. Elle s'est procurée des documents et les élèves avaient juste à porter leurs crayons de couleurs. C'était fait sous forme d'atelier. Les élèves devaient suivre un programme de construction : « [...] je voulais faire ça avec ceux qui n'adhèrent pas forcément, ceux qui veulent juste s'exprimer car ça peut être beau ! » (PL2).

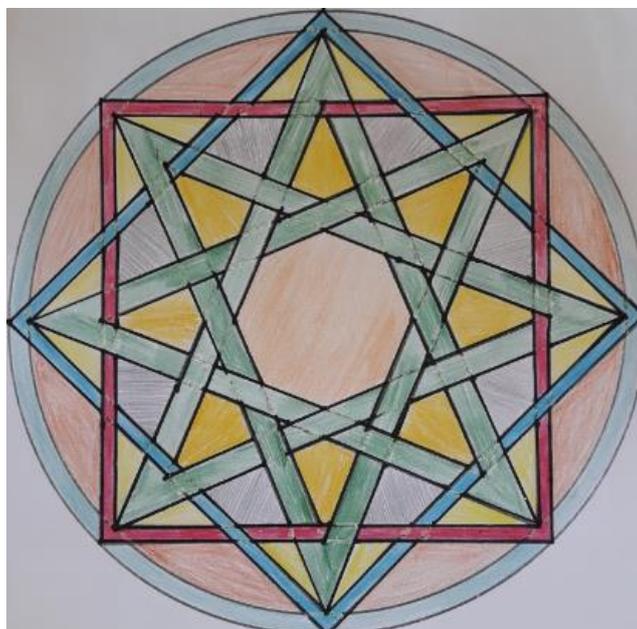


Figure 4.2 : Figure géométrique réalisée avec un programme de construction⁸¹

C'est pour PL2 un moyen de faire les élèves travailler la géométrie de façon ludique car derrière ces figures se cachent des programmes parfois complexes.

Dans sa méthode de travail, les élèves sont souvent en autonomie ; PL4 avoue qu'elle traite un nombre important d'exercices avec ses élèves. Les élèves font les exercices à leur rythme ; parfois ils sont deux sur le même exercice ou sur le même tableau.

⁸¹ Site Jeu Set et Maths, repéré sur <http://www.jeusetetmaths.com/article-des-maths-amusantes-dessin-geometrique-n-5-109185104.html>, consulté le 7/5/2019.

« [...] je ne me suis jamais posée de question sur le temps. Je travaille avec les notions acquises ou pas acquises. Tant que la notion n'est pas acquise, c'est sûr que je peux revenir dessus pour qu'il y ait une meilleure acquisition [...] » (PL4).

PP1 parle de la géométrie comme quelque chose qui effraie au départ : « [...] Parce que la géométrie, eh reste abstraite pour eux. Ils ont l'impression que c'est quelque chose d'hyper-difficile parce qu'il faut faire une parallèle, parce qu'il faut être précis, voilà » (PP1). Elle a donc eu l'idée de proposer des activités ludiques, telles que les tangrams⁸² (Figure 4.3), afin d'obtenir l'adhésion des élèves. Elle affirme que ces activités les ont beaucoup aidés dans la compréhension des notions.

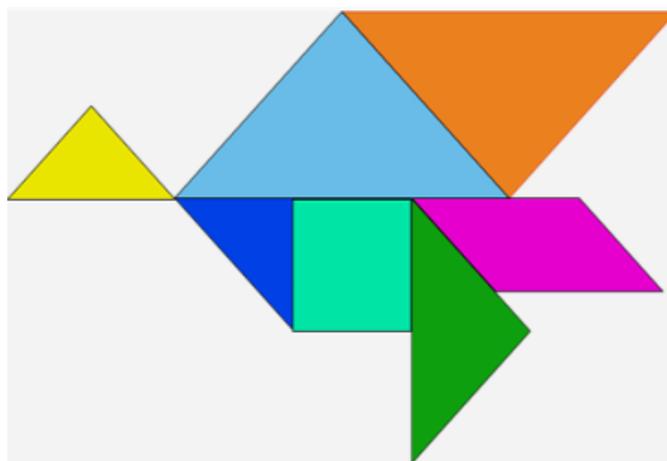


Figure 4.3 : Tangram⁸³

Le Tangram est l'ancêtre des puzzles que nous connaissons aujourd'hui. Ce jeu a été créé en Chine vers les années 1817-1818. Il est constitué de pièces 7 pièces découpées dans un carré. Le jeu est représenté par la figure 4.4.

⁸² Le Tangram est un jeu chinois très ancien inventé par Yna-Cho-Chü-Shih pendant le règne de Chia-ch'-ing, il y a plus de 200 ans, en 1817. Il est constitué de sept pièces, appelées tans, découpées dans un carré. C'est le plus vieux puzzle du monde, repéré sur http://www.indiana.edu/~liblilly/collections/overview/puzzle_docs/Tangram-Worlds_First_Puzz_Craze.pdf, consulté le 28/5/2019.

⁸³ Site Pixabay, repéré sur <https://pixabay.com/fr/>



Figure 4.4 : Plus vieux Tangram connu (1802)⁸⁴

Pour y jouer, il faut constituer des formes de personnages, animaux, objets en utilisant toutes les pièces.

4.2 Questionnaires élèves

4.2.1 Présentation des participants

Nous rendons compte maintenant des résultats obtenus lors du questionnaire qui a été distribué dans deux lycées. Le questionnaire peut être vu en Annexe 8. Afin de faciliter la lecture, nous rappelons à chaque fois la question. Rappelons que dans les différentes questions, l'élève avait la possibilité d'exprimer son point de vue car la réponse ne se limitait pas à répondre par « oui » ou « non ». L'avantage d'avoir demandé à l'élève d'exprimer son point de vue est de pouvoir faire une analyse qualitative des réponses données. Les élèves sont désignés E1 à E38. Les résultats qui suivent doivent être considérés avec les précautions d'usage vu la taille de notre échantillon.

⁸⁴ Repéré sur http://www.indiana.edu/~liblilly/collections/overview/puzzle_docs/Tangram-Worlds_First_Puzz_Craze.pdf, consulté le 28/5/2019.

Questions 1, 2 et 3 :

Q1 : Tu es :

Une fille

un garçon

Q2 : Ton âge :

Moins de 15 ans

15 ans

16 ans

17 ans

18 ans

19 ans

20 ans

Q3 : Ta classe :

seconde

première S ES L STI2D Autre

préciser :

terminale S ES L STI2D Autre

préciser :

Figure 4.5 : Énoncés des question 1, 2 et 3

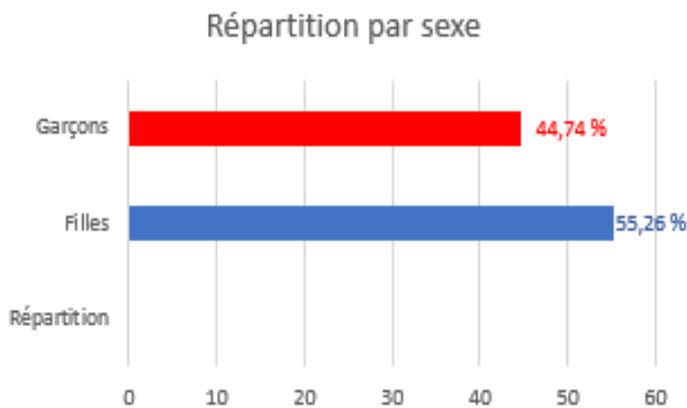


Figure4.6 : Résultats de la question 1 ;
Répartition par sexe

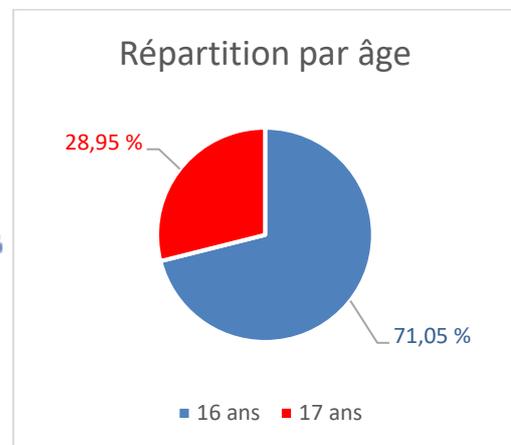


Figure 4.7 : Résultat de la question 2 ;
Répartition par âge

Dans le groupe d'élèves ayant remis le questionnaire, il y a plus de filles que de garçons (Figure 4.6). Les élèves interrogés sont tous en première scientifique et sont âgés de 16 ou 17 ans (Figure 4.7).

Concernant la question 3, tous les élèves qui ont remis le questionnaire sont scolarisés en première scientifique.

4.2.2 Résultats

4.2.2.1 Ce que tu aimes et ce qui te déplaît en mathématiques

Question 4 :

Q4 : Aimes-tu les problèmes en mathématiques ?

Oui

Non

Si non, explique :

.....

.....

.....

.....

Figure 4.8 : Énoncé de la question 4

Les élèves avaient à s'exprimer sur la question 4 (Figure 4.8), à savoir s'ils aiment les problèmes en mathématiques. Ils ont 78,38% à affirment aimer les problèmes en mathématiques (Figure 4.9). Ceux qui disent ne pas aimer sont donc minoritaires ; ces derniers expliquent que :

- Cela demande d'être mobilisé très longtemps sans avoir la garantie de réussir ;
- Ils ont du mal à voir tout de suite le lien entre le cours et le problème posé ;
- Une difficulté à mobiliser des notions différentes.

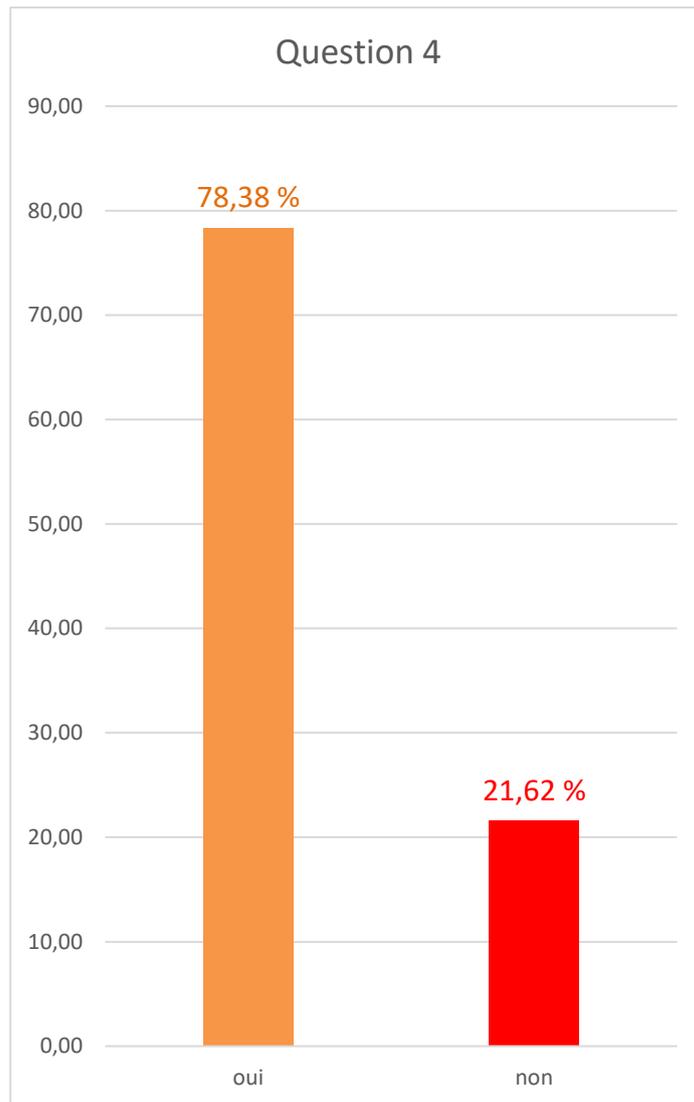


Figure 4.9 : Résultats de la question 4

Un des élèves interrogés confirme en exposant : « Si le problème ne se résout pas facilement, cela ne m'intéresse pas. Déjà que je n'aime pas les mathématiques, si en plus on veut me compliquer la vie avec les problèmes » (E28).

À travers les réponses, on voit que c'est clairement le manque de réussite qui explique le fait de ne pas aimer les mathématiques.

Questions 5 et 6 :

Les énoncés de ces deux questions sont donnés par la Figure 4.10.

Q5 : Quand tu fais des mathématiques, qu'est-ce qui te plaît ?

Explique :

.....

.....

.....

.....

Q6 : Quand tu fais des mathématiques, qu'est-ce qui te déplaît ?

Explique :

.....

.....

.....

.....

Figure 4.10 : Énoncés des questions 5 et 6

Les résultats à la question 5 sont fournis par la Figure 4.11.

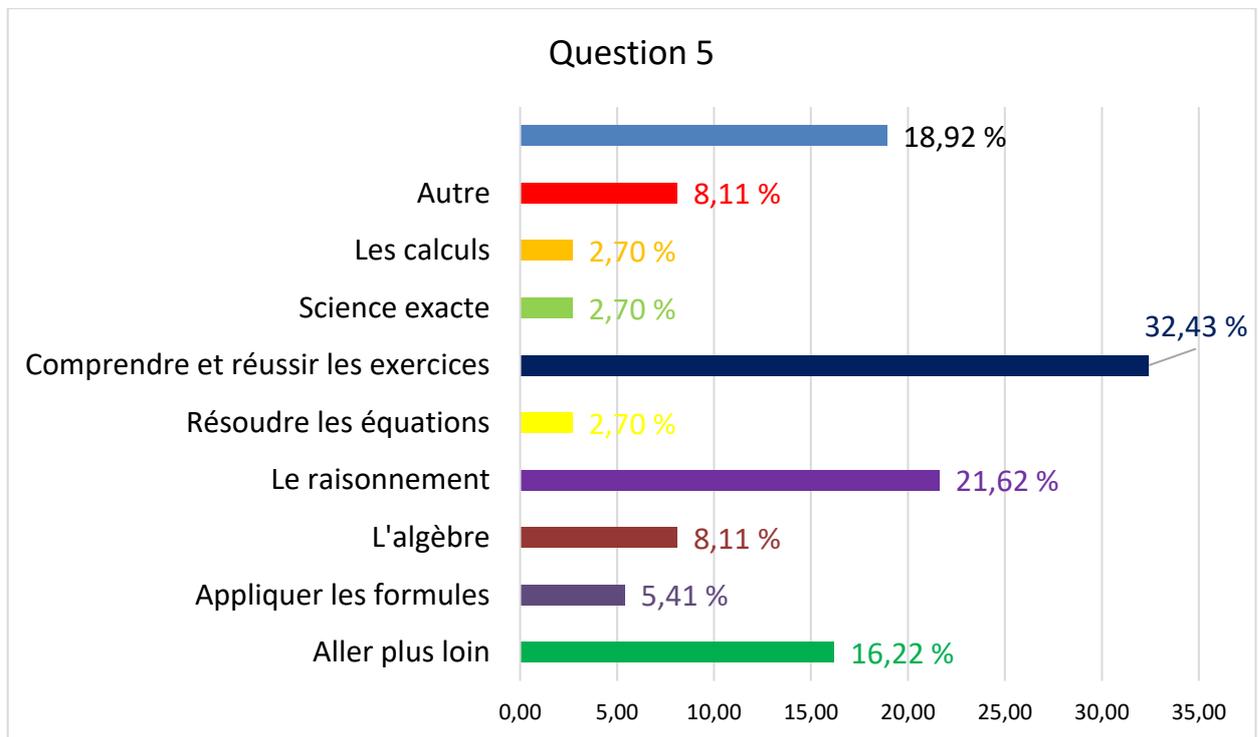


Figure 4.11 : Résultats de la question 5

Ce qui leur plaît le plus c'est lorsqu'ils comprennent le cours et qu'ils réussissent à faire les exercices. Ils aiment aussi le raisonnement et ils sont 16,22% à penser que les mathématiques peuvent les aider à aller plus loin (Figure 4.11).

Un élève affirme : « J'aime beaucoup réussir à finir un exercice, c'est un peu comme un challenge pour moi [...] » (E6).

La Figure 4.12 fournit les résultats à la question 6. Pour ces deux questions les rubriques ont été constituées en compilant les réponses des élèves.

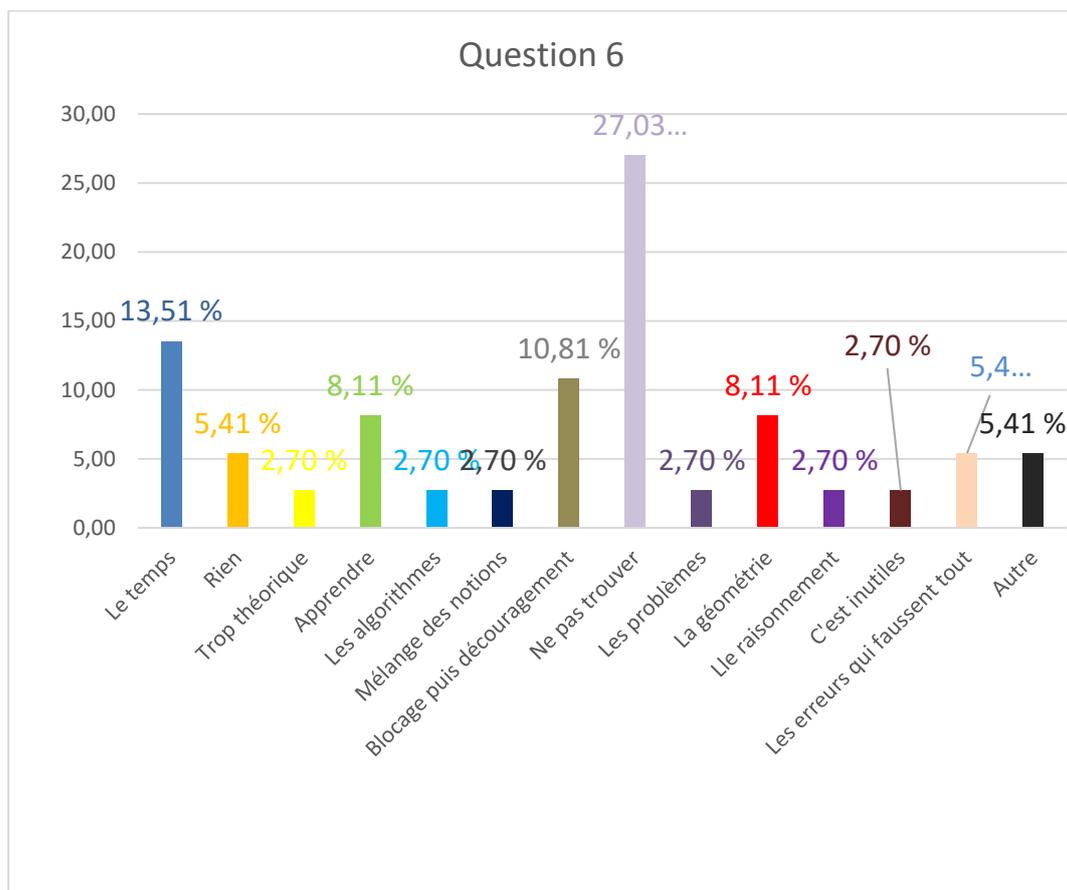


Figure 4.12 : Résultats de la question 6

Ce qui leur déplâit le plus est de ne pas trouver la solution (Figure 4.12). De plus, plusieurs ont évoqué le temps qui joue contre eux. Pour certains s'ils ne trouvent pas c'est parce qu'ils ne sont pas allés assez vite. On voit également que pour 8,1%, le fait d'avoir à apprendre leur pose problème, ainsi que la géométrie.

Ces extraits illustrent les propos, sans le remplacer :

« Les mathématiques font appel à la logique et au raisonnement. Je dois élaborer une démarche pour répondre au problème, une démarche qui sera la mienne. Si je réussis, je serai heureuse et fière de moi, ça me donne davantage confiance en moi. Si j'échoue, je recommencerai jusqu'à ce que j'y arrive et je trouverai. C'est cet état d'esprit qui me plaît » (E11).

« Ce que j'aime moins c'est que je me bloque trop facilement face à un exercice nouveau alors qu'il est à ma portée. Je me décourage facilement en me disant que je ne comprends rien » (E9).

Questions 7 et 15 :

Les énoncés de ces deux questions sont donnés par la Figure 4.13.

Q7 : Quand tu fais un problème, que trouves-tu difficile, que fais-tu pour faire face à cette difficulté ?
Explique :

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

Q15 : Quand tu trouves un problème difficile, que fais-tu ?
Explique :

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

Figure 4.13 : Énoncés des questions 7 et 15

Les énoncés des questions sont voisins mais la question 7 invite l'élève à dire ce qu'il n'a pas compris. À la question 15, il doit dire comment il procède lorsqu'il a un problème qui est difficile.

À la Figure 4.14, les élèves disent ce qui leur pose problème. Seuls 17 d'élèves ont dit ce qu'ils trouvent difficile dans un problème. Devant le peu de réponse à cette première partie de la question, on peut s'interroger. Cette première partie de la question est-elle passée inaperçue ou bien les élèves ont-ils des difficultés à dire ce que leur pose problème ?

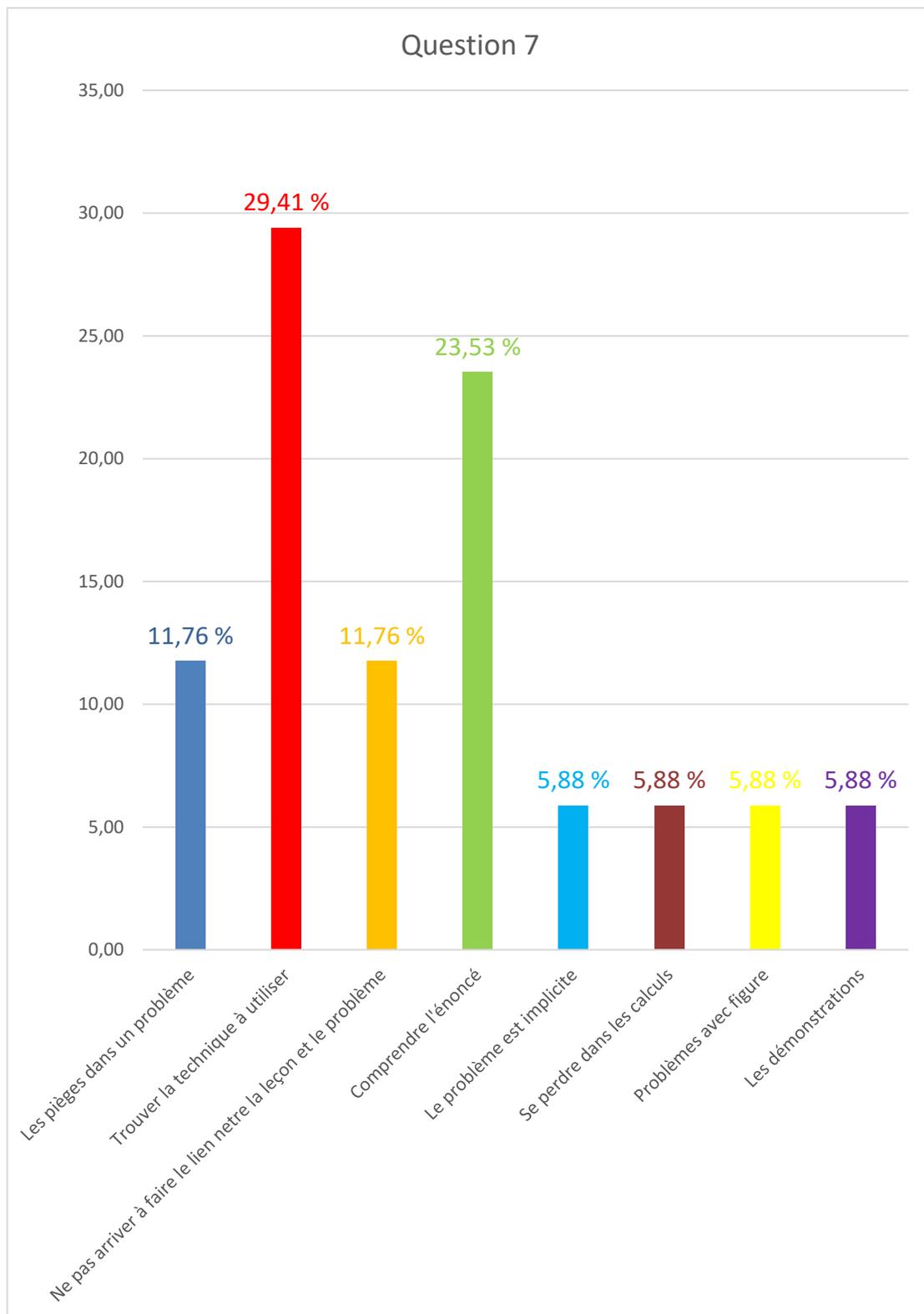


Figure 4.14 : Résultats de la question 7
Ce que les élèves trouvent difficile dans un problème

On constate que ce qui leur pose principalement problème, c'est trouver la technique à utiliser (29,41%), comme l'affirme un élève : « Je trouve difficile de trouver la technique qu'il faut utiliser » (E5).

23,53% affirment ne pas comprendre l'énoncé (Figure 4.14). Certains pensent que le problème peut recéler des pièges (11,76%), comme on le voit dans cette affirmation : « Ce que je trouve difficile dans un problème, c'est le ou les pièges [...] » (E3). 11,76% disent ne pas réussir à faire le lien entre la leçon et le problème : « Ce que je trouve difficile, c'est lorsque je fais un exercice, puis je regarde ma leçon et que je n'arrive pas à utiliser cette dernière pour résoudre le problème » (E9).

La Figure 4.15 donne les principales réponses avancées par les élèves à la question 7, pour remédier aux difficultés rencontrées.

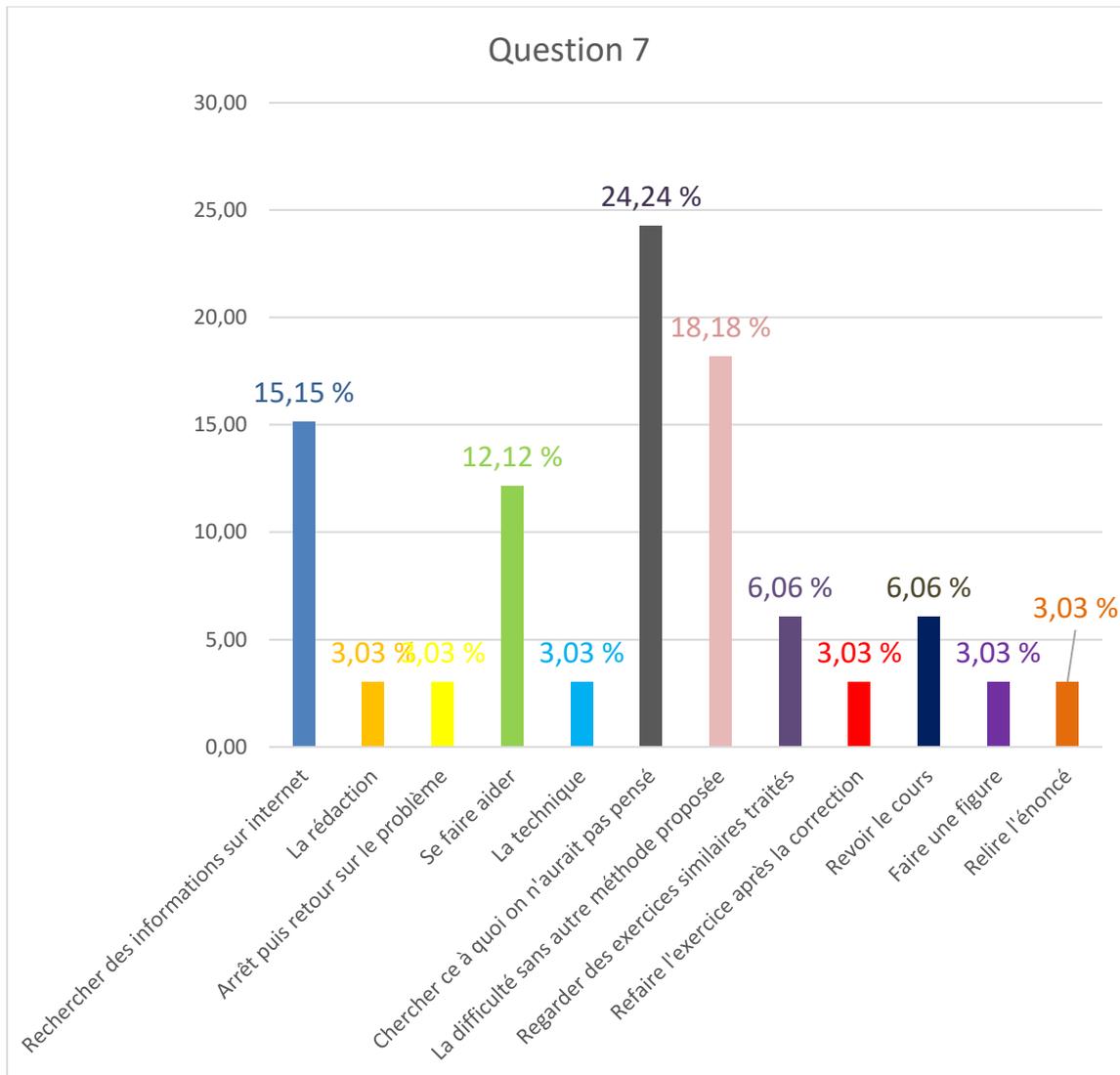


Figure 4.15 : Résultats de la question 7
Les manières de surmonter la difficulté

Face à la difficulté, les réponses apportées sont les suivantes :

- Ils essaient de voir ce à quoi ils n'auraient pas pensé, donc l'élève va rassembler ses pensées et chercher d'autres pistes, c'est en quelque sorte la mobilisation des

connaissances qui est sollicitée. Dans la Figure 4.16, on voit que c'est cette réponse qui est majoritairement donnée également ;

- 18,18% évoquent une difficulté mais sans préciser de méthode (Figure 4.15) ;
- 15,15% vont faire des recherches sur Internet (Figure 4.15) ; à la question 15, ils sont 8,11% (Figure 4.16) ;
- 12,12% se font aider par une tierce personne (Figure 4.15) ; ils sont 24,32% à la question 15 (Figure 4.16) ;
- Ils sont 3,03% à affirmer relire la consigne (Figure 4.15) et 24,32% à affirmer cela à la question 15 (Figure 4.16).

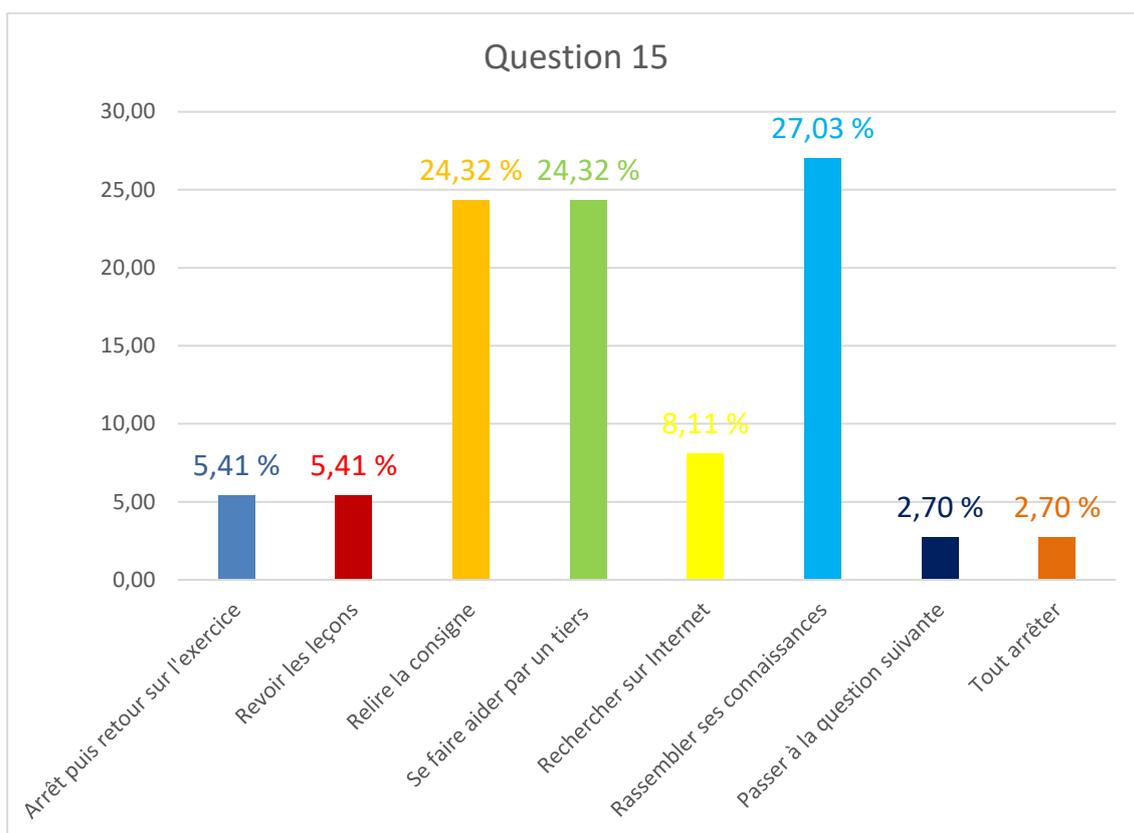


Figure 4.16 : Résultats de la question 15

Une petite minorité (5,41%) dit mettre de côté le problème puis y retourner après (Figure 4.16).

Questions 8, 9 et 10 :

Nous regroupons le traitement de ces questions car elles se rapportent à la correction des exercices faite en cours et au transfert des connaissances ; la notion de transfert a été abordée dans la partie 2. Elle consiste pour élève à pouvoir utiliser des savoirs dans une situation similaire ou différentes, utilisant les mêmes notions mathématiques.

Les énoncés sont donnés dans la Figure 4.17.

À la question 8, 100% des élèves pensent que la correction est importante. Les raisons évoquées sont que :

- Cela permet de se rendre compte de ses erreurs pour ne pas les reproduire ;
- Cela permet de donner la méthode ;
- Cela permet d'avoir une méthode différente de la sienne ;
- Cela permet de voir ce qui a bloqué ; ceci est bien résumé par un élève qui affirme que : « En général je comprends bien les corrections et je me rends compte que les exercices n'étaient pas si difficiles que ça » (E9).

Seul un élève dit ne pas comprendre les corrections. Tous les élèves s'estiment capables de refaire un exercice du même type, comme on peut le voir dans l'affirmation suivante : « oui, si la correction est comprise alors faire un problème similaire sera plus simple » (E2).

Q8 : La correction te parait-elle importante ?

Oui

Non

Explique :

.....

.....

.....

.....

Q9 : Comprends-tu la correction ?

Oui

Non

Explique :

.....

.....

.....

.....

Q10 : Serais-tu capable de résoudre un problème similaire

Oui

Non

Explique :

.....

.....

.....

Figure 4.17 : Énoncés des questions 8, 9 et 10

D'autres élèves pensent pouvoir refaire un exercice si des données sont changées : « oui, après avoir compris le premier, le second serait un peu plus facile, si quelques éléments changent » (E1).

Des élèves affirment devoir avoir à en faire plusieurs du même type avant d'être capable d'en refaire un seul en autonomie : « si j'ai compris la démarche à suivre et que je fais plein d'exercices du même type » (E11).

Question 11 :

L'énoncé de la question 11 est donné à la Figure 4.18. Les résultats sont donnés par la Figure 4.19.

Plus de la moitié des élèves affirment préférer travailler seuls. Une analyse des raisons évoquées par les élèves nous a permis de dresser le Tableau 4.3.

Q11 : Quand tu résous un problème préfères-tu le faire seul ou en groupe ?

Seul

en groupe

Explique :

.....

.....

.....

.....

Figure 4.18 : Énoncé de la question 11

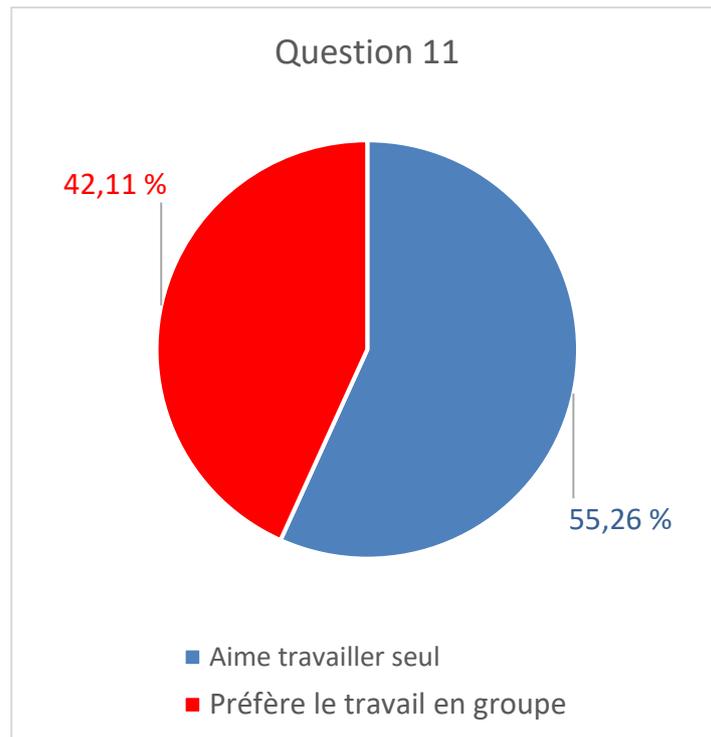


Figure 4.19 : Résultats de la question 11

Tableau 4.3 : Avantages et désavantages du travail en groupe/travail individuel

Travailler seul		Travailler en groupe	
Avantage	Désavantage	Avantage	Désavantage
<ul style="list-style-type: none"> - Concentration Meilleure - Seul on réfléchit plus vite - Cela évite qu'une seule personne fasse tout le travail au profit des autres - Je ne fais confiance qu'à moi seule - Permet de mieux progresser et comprendre - Trouver soi-même 	<ul style="list-style-type: none"> Peur que ma présence ne serve à rien Peur que les autres se rendent compte de mon niveau - Les avis divergent 	<ul style="list-style-type: none"> - Idéal pour résoudre les problèmes complexes - Voir les différents points de vue - Confronter ses idées à celles des autres - Comprendre grâce aux autres des choses qu'on n'aurait pas comprises - Permet de progresser grâce aux idées des autres - La réflexion est meilleure à plusieurs - aborder de nouvelles méthodes - Permet un enrichissement 	<ul style="list-style-type: none"> - Tomber sur des camarades qui n'ont pas travaillé - Manquer de Concentration - Ça va trop vite ou trop lentement - C'est motivant - Reposer trop sur l'autre - Risque de dispersion - On ne comprend pas toujours la solution proposée par les autres - manque de Considération - Un seul élève fait tout le travail

Parmi les élèves préférant travailler seuls, certains le font même si leur méthode de travail n'est pas la bonne. Cela leur permet d'aller puiser dans toutes leurs ressources, se dépasser : « en groupe les avis divergent ; je préfère travailler seule même si ma méthode n'est pas bonne » (E13).

Manifestement d'après les réponses on voit que certains ont déjà eu des expériences négatives du travail de groupe : « Parfois il faut savoir faire confiance, mais dans le cadre scolaire, le camarade peut ne pas avoir appris sa leçon et induire tout un groupe en erreur. Vaut mieux le résoudre seul et concentré soi-même » (E3). Un autre élève évoque le problème des tâches mal réparties dans le travail de groupe : « étant seul, on évite de pénaliser les autres ou de se faire pénaliser par ces derniers. De plus, cela évite qu'une seule personne fasse tout le travail au profit des autres » (E23). Un élève va même jusqu'à affirmer que : « Je n'aime pas travailler en groupe, j'aime avoir le contrôle sur tout et puis je n'aime pas les gens. » (E28).

Ceux qui ont dit aimer travailler en groupe ont évoqué le fait que dans un travail de groupe chacun donne son avis et que c'est le groupe qui décide quelle réponse est bonne : « Car tout le monde peut apporter des réponses et on décide en groupe de quelle réponse peut être bonne. Puis on peut s'entraider quand une personne n'a pas compris » (E20).

Question 12 :

L'énoncé de cette question est donné par la Figure 4.20.

Q12 : Peux-tu expliquer en quelques lignes comment tu procèdes lorsque tu as un exercice de géométrie (dans lequel il y a une figure à réaliser) à résoudre ?

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

Figure 4.20 : Énoncé de la question 12

Cette question avait pour but de comprendre les opérations mentales sollicitées. Le discours des élèves a permis de dresser la liste des opérations mentales (Tableau 4.4) et le nombre de leurs occurrences.

À travers le discours écrit, la lecture de l'énoncé semble problématique pour plusieurs élèves ; en effet ils ont été plusieurs à dire qu'ils relisent l'énoncé au moins trois fois. Par contre aucun n'a spécifié ce qu'il fait pour mettre en évidence les données du texte, comme par exemple utiliser un stylo, souligner.

Tableau 4.4 : occurrence des opérations mentales dans le discours des élèves

Opérations mentales	Occurrence
S'adapter : consiste à ajuster son comportement en fonction de la situation	21
Anticiper : consiste à se projeter, c'est essayer de prévoir les conséquences ⁸⁵	1
Appliquer consiste à appliquer une méthode ⁸⁶	0
Classer, c'est ranger les éléments dans des classes	0
Constituer un répertoire d'action : c'est ce que fait l'élève lorsqu'il résout les problèmes et classe les méthodes selon le type de problème ; c'est en quelque sorte sa « boîte à outils »	7
Se décentrer : c'est prendre de la hauteur pour analyser ce qu'on a produit ; c'est une opération mentale qui peut être sollicitée plusieurs fois pendant une évaluation	2
Déduire : on procède par déduction logique en fonction des éléments présents	0
Dialectiser : « mettre en relation des notions ou des variables en les confrontant pour accéder à la compréhension d'un ensemble » (Monti et Plourdeau, 2003, p. 41-43).	7
Diverger : « explorer le réel et le possible pour le dépasser » (Monti et Plourdeau, 2003, p. 41-43).	1
Émettre une hypothèse : faire une supposition qu'on se chargera de confirmer ou d'infirmer par expérimentation ou démonstration ; en mathématique, elle prend le nom de conjecture	1
Évaluer : évaluer l'écart entre la production et l'attendu	1
Gérer le risque : évaluer la situation en fonction de ce dont on dispose comme potentialités	7
Induire : l'induction procède du cas particulier au cas général ; c'est à partir d'un cas particulier, voir comment obtenir une loi générale	0
Mobiliser une ou des connaissances : c'est faire appel à ce que l'on sait et voir quelles sont les informations pertinentes en fonction de la situation présente	20
Planifier : c'est choisir un plan d'action, une stratégie en fonction de la situation et de ce que l'on sait	14
Rapprocher, faire des analogies, comparer : c'est ce qui permet de se décider dans une situation donnée. On essaie de voir les ressemblances avec une situation déjà rencontrée	7
Stocker de l'information : consigner sur le papier ou en mémoire l'information utile ; le brouillon peut être un moyen très utile pour cela ⁸⁷	13

⁸⁵ L'élève a mis un schéma dans lequel il prévoit un éventuel échec et ce qu'il ferait dans ce cas.

⁸⁶ Aucun élève n'a réellement décrit une méthode particulière qu'il appliquait.

⁸⁷ Ils ont fait allusion au brouillon.

Opérations mentales	Occurrence
Transposer d'un langage codé à un autre : c'est ce que fait l'élève lorsqu'il modélise par une formule mathématique, une information écrite dans la langue courante ; cette opération mentale est source de problèmes	21
Vérifier une hypothèse : en mathématique c'est mettre en place une démonstration qui confirme l'hypothèse	2

Les occurrences les plus fréquentes sont :

- Transposer d'un langage codé à un autre et s'adapter : lorsque l'élève est face à un énoncé, il doit lire l'énoncé. Pendant cette lecture il transpose d'un langage qui est la langue française à un autre qui est celui des mathématiques. Dans le langage en français, certains termes mathématiques lui permettent de s'adapter à la situation donnée, déjà à travers l'image mentale qu'il en fera ;
- Mobiliser des connaissances : tout ne figure pas dans un énoncé. Certaines données vont lui permettre de faire appel aux connaissances qu'il a ; cela peut être une définition, une propriété...
- Planifier : en fonction de la question posée, l'élève va mettre en place une démarche qui va souvent nécessiter selon la complexité de la tâche, un brouillon ;
- Stocker l'information : cette opération peut être réalisée grâce à sa mémoire ou sur un brouillon, ce qui lui permet d'organiser sa réponse (Alcorta,2001) de se décharger un peu la mémoire.

Questions 13 et 14 :

L'énoncé de cette question est donné par la Figure 4.21.

Q13 : Dans un problème réalises-tu toujours une figure, même lorsque cela n'est pas demandé ?

Oui

Non

Explique :

.....

.....

.....

Q14 : Quelles données utilises-tu lorsque tu fais la figure ?

Explique :

.....

.....

.....

Figure 4.21 : Énoncés des questions 13 et 14

Cette question nous a permis de recueillir les conceptions des élèves concernant la figure en géométrie. On voit que six élèves sur dix déclarent faire une figure, même lorsqu'explicitement, dans l'énoncé cela n'est pas précisé (Figure 4.22). Ils sont 16,67 % (Figure 4.24) qui pensent que la figure permet de bien voir. 8,3 % disent réaliser la figure d'abord au brouillon. 38,89 % des élèves affirment ne pas en faire et 5,56% disent que la figure ne sert à rien (Figure 4.24).

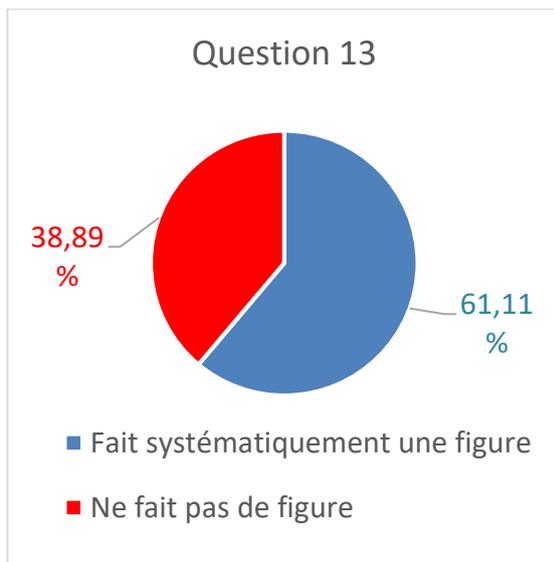


Figure 4.22 : Résultats de la question 13

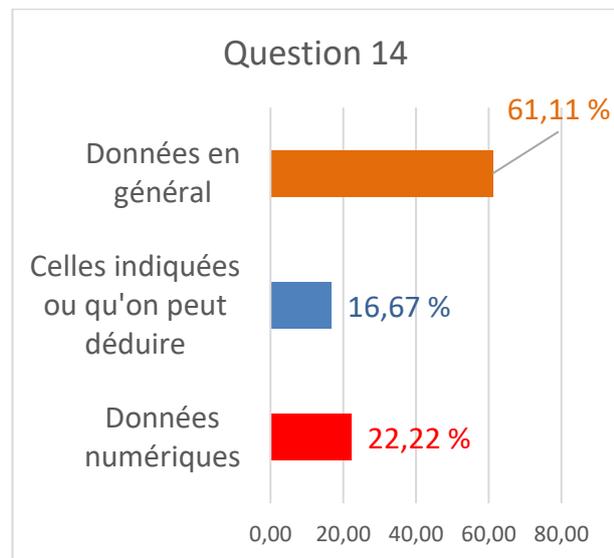


Figure 4.23 : Résultats de la question 14

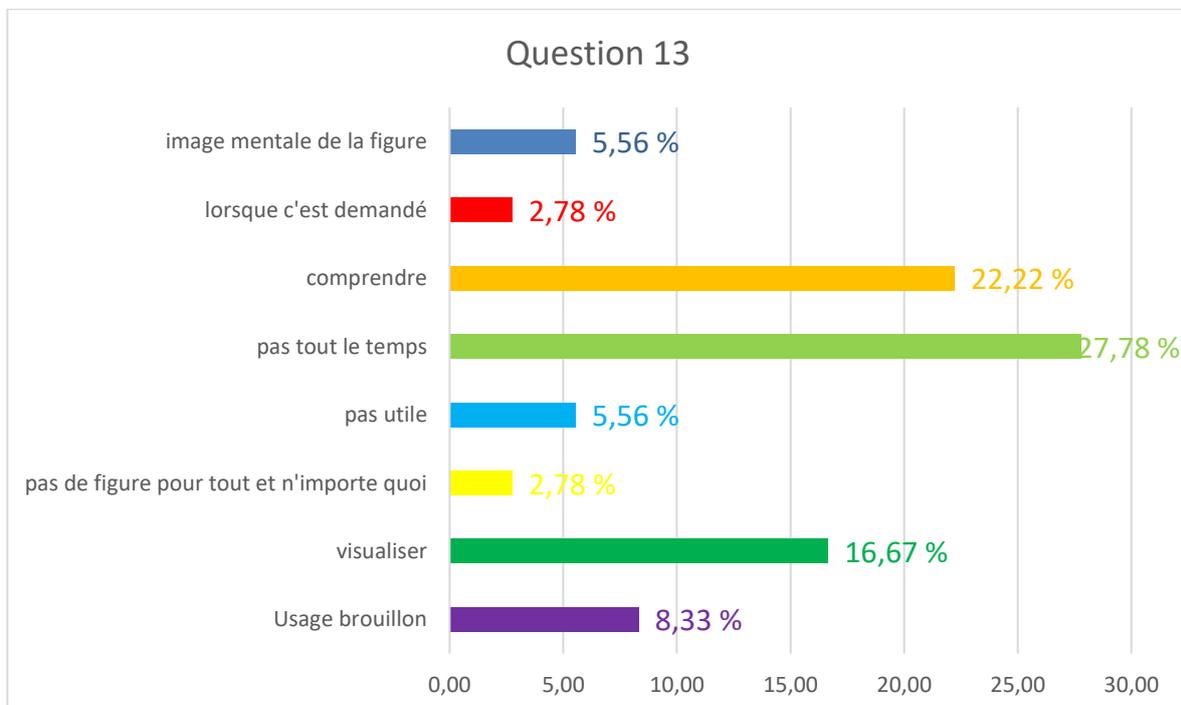


Figure 4.24 : Résultats de la question 13
Explications des élèves

Dans la question 14 (Figure 4.21), on souhaite connaître les données utilisées pour sa réalisation (Figure 4.23). Lorsqu'on les questionne sur le type de données utilisées pour la construction de figures géométriques, 22,22% n'utilisent que les données numériques. 16,67% disent utiliser les données numériques mais également ce qu'ils peuvent en déduire et 61,11% disent utiliser toutes les données en général et donc font appel à toute information donnée par le texte (Figure 4.23).

Questions 16, 17 et 18 :

Les énoncés des questions sont donnés par les Figures 4.25 et 4.26.

La question 16 concerne l'aide souhaitée par l'élève en cas de difficulté. Nous avons recueilli toutes les réponses à des fins statistiques et on constate que (Figure 4.27) :

- 33,33% des élèves souhaitent qu'on leur donne juste des indices pour qu'ils puissent trouver eux-mêmes la solution ;
- 22,22% souhaitent qu'on leur explique le vocabulaire ; cela renvoie à une réponse trouvée à la question 7 où 23,53% des élèves affirmaient ne pas comprendre l'énoncé. Cela peut provenir du vocabulaire employé ou de la consigne elle-même qui serait mal formulée ;
- 19,44% souhaitent qu'on leur montre des méthodes possibles et 19,44% souhaitent qu'on leur donne la méthode permettant de résoudre le problème ;
- 16,67% souhaitent qu'on leur explique l'exercice, mais en prenant des exemples concrets.

On voit que la consigne peut poser problème mais les élèves ne veulent pas pour autant qu'on leur « mâche le travail ».

Q16 : Quand tu ne comprends pas un problème, comment voudrais-tu qu'on t'aide ?

Explique :

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

Figure 4.25 : Énoncé de la question 16

Q17 : Trouves-tu les explications du professeur efficaces dans ce cas-là ?

Oui

Non

Explique :

.....

.....

.....

.....

.....

Q18 : En cas de difficultés, comprends-tu mieux les explications d'un camarade ?

Oui

Non

Explique :

.....

.....

.....

.....

Figure 4.26 : Énoncés des question 17 et 18

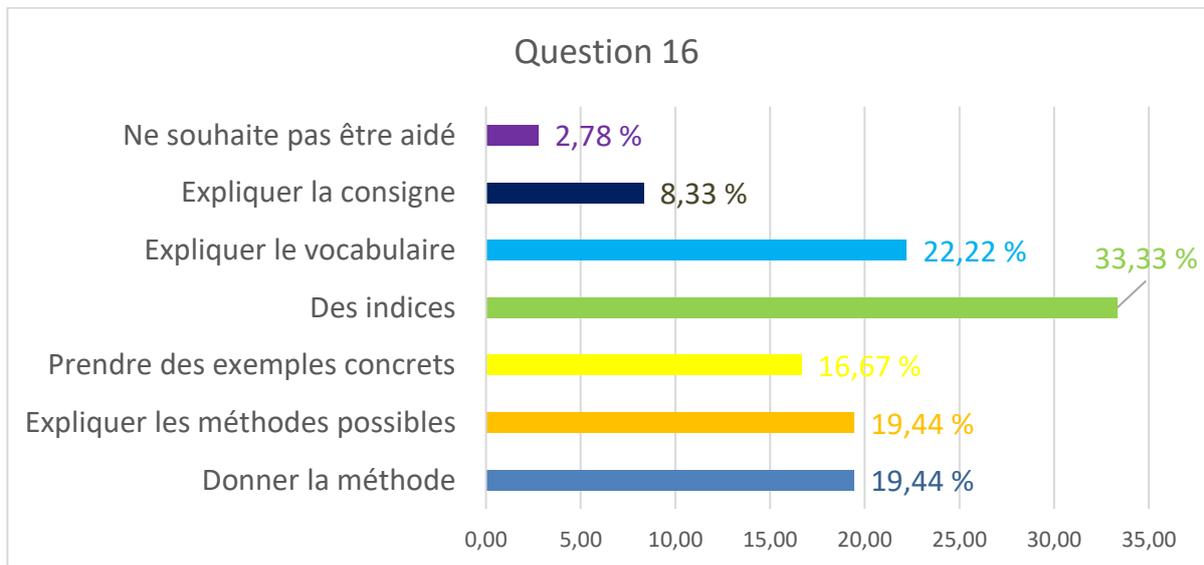


Figure 4.27 : Résultats de la question 16

Une majorité d'élèves, 85,71% dit comprendre les explications du professeur à l'occasion d'une correction d'exercice (Figure 4.28). Ceux qui ne comprennent pas immédiatement disent comprendre après avoir travaillé à nouveau le corrigé proposé par l'enseignant.

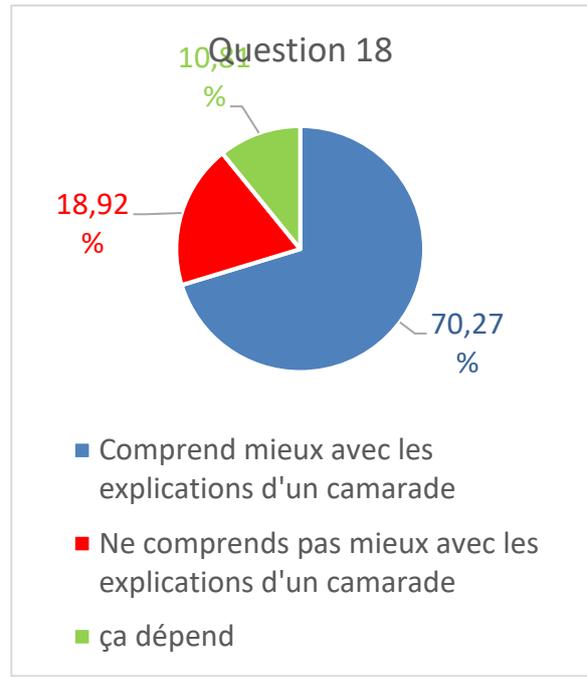
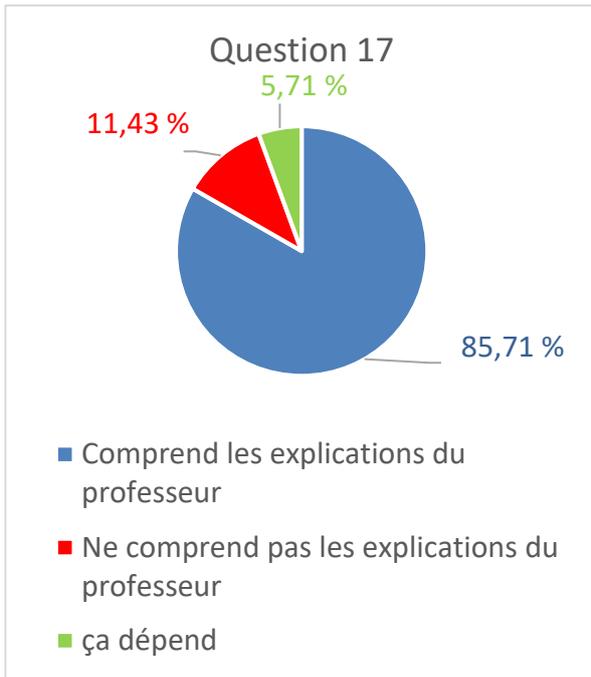


Figure 4.28 : Résultats de la question 17

Figure 4.29 : Résultats de la question 18

70,27% des élèves disent mieux comprendre les explications données par un camarade (Figure 4.29). Cela peut probablement venir du registre utilisé par l'enseignant : « Je trouve que les explications du professeur sont plus complètes mais les termes des camarades sont plus vite perceptibles » (E32).

Question 19 :

L'énoncé de cette question est donné par la figure 4.30.

Q19 : A la consigne « ABC est un triangle » que dessines-tu (sois le plus précis possible dans ta réponse)

Explique :

.....

.....

.....

.....

Figure 4.30 : Énoncé de la question 19

La figure 4.31 rend compte des résultats obtenus à cette question.

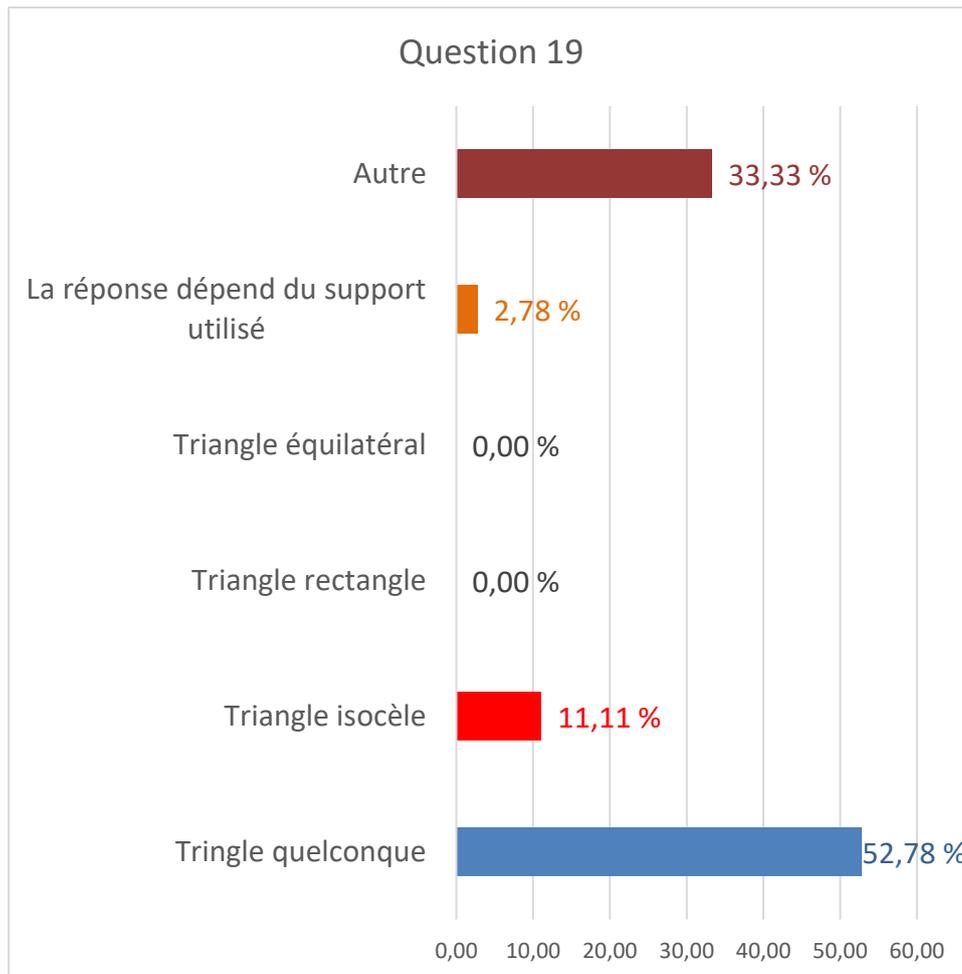


Figure 4.31 : Résultats de la question 19

Dans cette question l'élève a une consigne « Construire un triangle ABC » et on lui demande de dire ce qu'il dessine. Cette question teste la notion d'implicite. On constate que 52,78% des élèves affirment dessiner un triangle quelconque (Figure 4.31). Les 33,33% décrivent comment ils construisent le triangle sans dire sa nature ou bien la réponse ne correspond pas à l'une des réponses attendues. Un élève affirme que le triangle tracé dépend du support qu'il utilise : « Si je suis sur feuille blanche je fais un triangle quelconque, si je suis sur feuille quadrillée je fais un triangle isocèle » (E7).

Question 20 :

On demande à l'élève s'il pense qu'il existe toujours une solution à un problème mathématique (Figure 4.32). À leur niveau, ils ne peuvent évoquer que les cas qu'ils ont rencontré et où il n'y avait pas de solution, comme par exemple une équation du second degré à discriminant négatif. La question peut être interprétée autrement à savoir, face à un problème mathématique, peut-

on toujours apporter une solution ? S'ils ne vont pas sur internet ou ailleurs ils ne peuvent pas savoir si à cette question on doit répondre par l'affirmative ou pas ; le but était plutôt de savoir l'idée qu'ils se font de l'existence d'une solution à un problème en mathématiques⁸⁸.

Q20 : Penses-tu qu'il existe toujours une solution à un problème mathématique ?

Oui

Non

Explique :

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

Figure 4.32 : Énoncé de la question 20

On rencontre aussi des élèves très optimistes qui pensent que si un problème est posé, c'est qu'il y a toujours une solution : « Si un problème est posé, c'est qu'il y a une solution » (E4). Certains mesurent la difficulté à en trouver une : « Elle peut être complexe à trouver, mais il y en a toujours une » (E5). Certains semblent bien s'informer : « Non, il existe des problèmes dits du millénaire, cas irrésolus et que si on les trouve on gagne un million d'euro par problème ; après ce sont des cas extrêmes. » (E7), ou encore « Car je suis sûre qu'il existe des problèmes qui n'ont toujours pas été résolus. » (E22). D'autres élèves pensent que ne pas avoir de solution est en soi une solution : « Sinon il n'aurait pas été donné, enfin justement des fois il n'y a pas de solution mais ne pas y avoir de solutions fait partie des solutions » (E25).

⁸⁸ À ce jour des questions mathématiques restent sans solution depuis des années ; par exemple la conjecture de Riemann sur le nombre de nombres premiers inférieurs à une quantité donnée. La question a été posée en 1859 et est à ce soir non résolue.

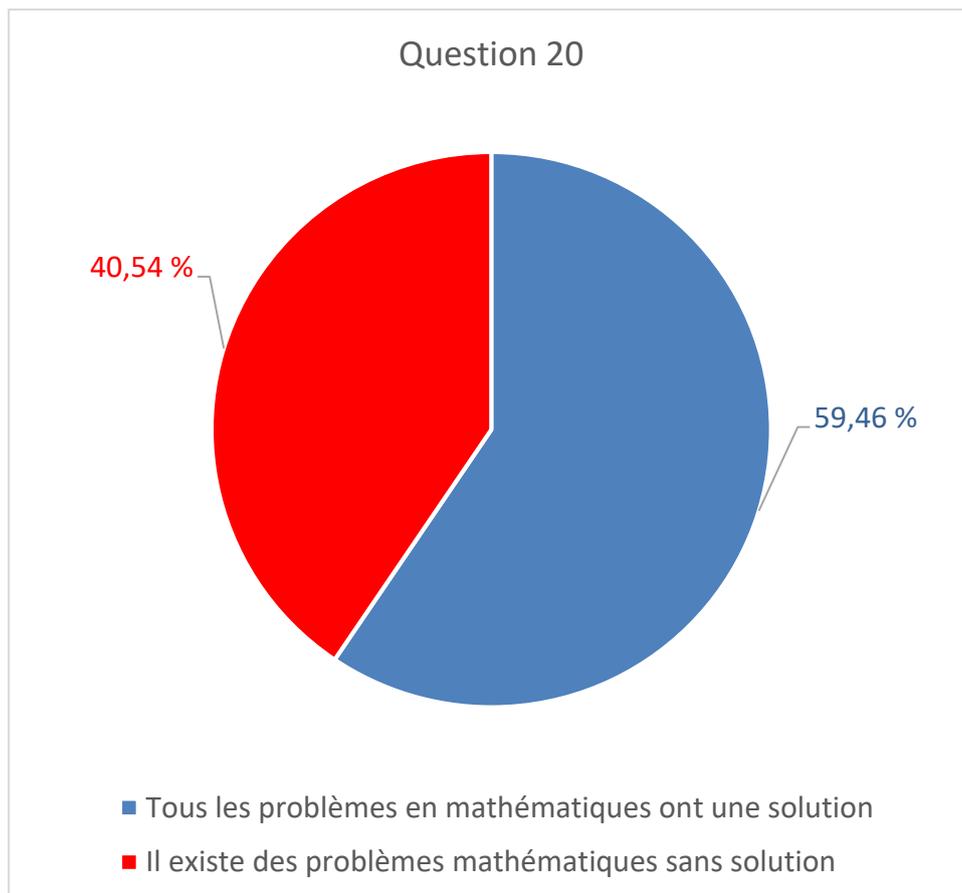


Figure 4.33 : Résultats de la question 20

Question 21 :

Cette question interroge les conceptions des élèves sur l'importance de l'erreur. L'énoncé est donné par la Figure 4.34.

Q21 : Quand tu fais une erreur dans un problème, crois-tu que c'est grave ?

Oui

Non

Explique :

.....

.....

.....

.....

Figure 4.34 : Énoncé de la question 21

Les résultats sont donnés par la Figure 4.35.

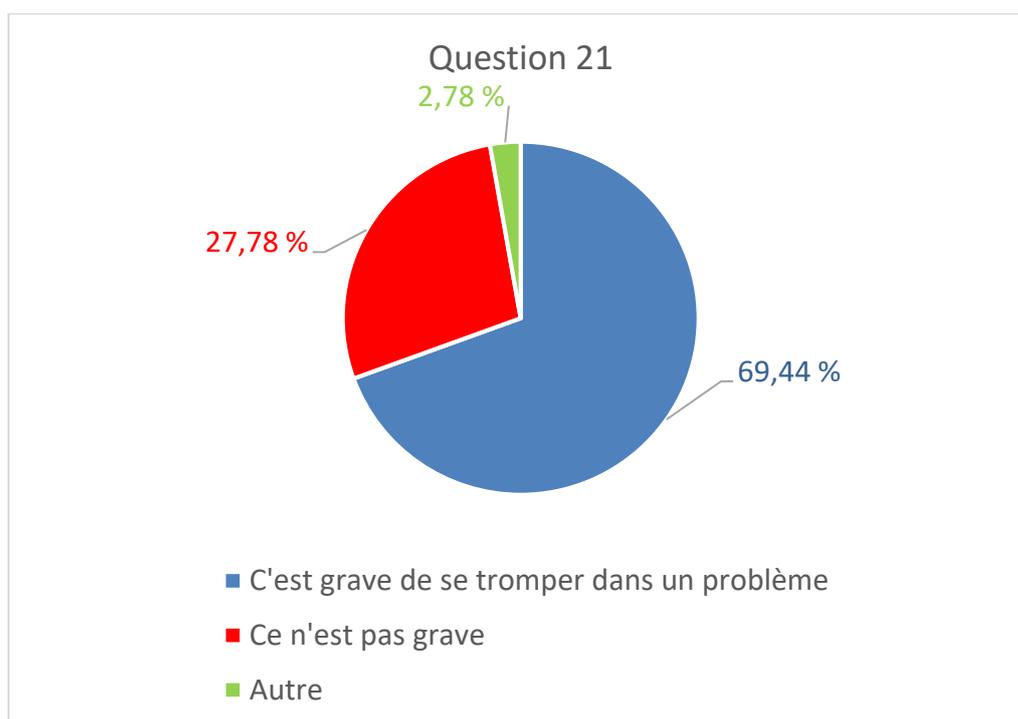


Figure 4.35 : Résultats de la question 21

Le pourcentage d'élèves qui pensent qu'il est grave de se tromper dans un problème est de 69,44% (Figure 4.35).

L'analyse des différentes raisons données par les élèves a permis de renseigner le tableau suivant :

Tableau 4.5 : Raisons fournies à la question 21

Oui, c'est grave de se tromper				Non, ce n'est pas grave				
Cela dépend du nombre de points attribués à la question	Inattention ou surtout si c'est un problème similaire déjà vu	Ça fausse tous les autres résultats	Cela veut dire qu'on a manqué d'attention	Il est normal de se tromper	Non car on apprend de ses erreurs	Même s'il y a une erreur on peut toujours trouver le bon résultat à la fin	À condition de ne plus refaire la même erreur	Car c'est dû à un manque d'attention
9,68	3,23	58,06	6,45	3,23	9,68	3,23	3,23	3,23

On constate que parmi ceux qui considèrent qu'il est grave de se tromper, 58,06% considère que c'est grave car une erreur en début peut faire que tout le reste soit faux. Ils sont également

soucieux du nombre de points attribués à la question où figure l'erreur ; dans ces deux cas c'est toujours le problème de l'évaluation, et en particulier de la notation qui est sous-jacent : « Honnêtement, je sais que c'est grave car un faux calcul peut fausser tout le reste de la solution, mais ce n'est pas pour autant que je vais refaire le problème » (E28).

À peine 10% pense qu'une erreur permet d'apprendre et de s'améliorer (Figure 4.36).

Les réponses des élèves interpellent sur la façon dont ils conçoivent l'erreur. On voit à travers cette question, que le problème n'est pas en soi l'erreur, mais la crainte liée à l'évaluation.

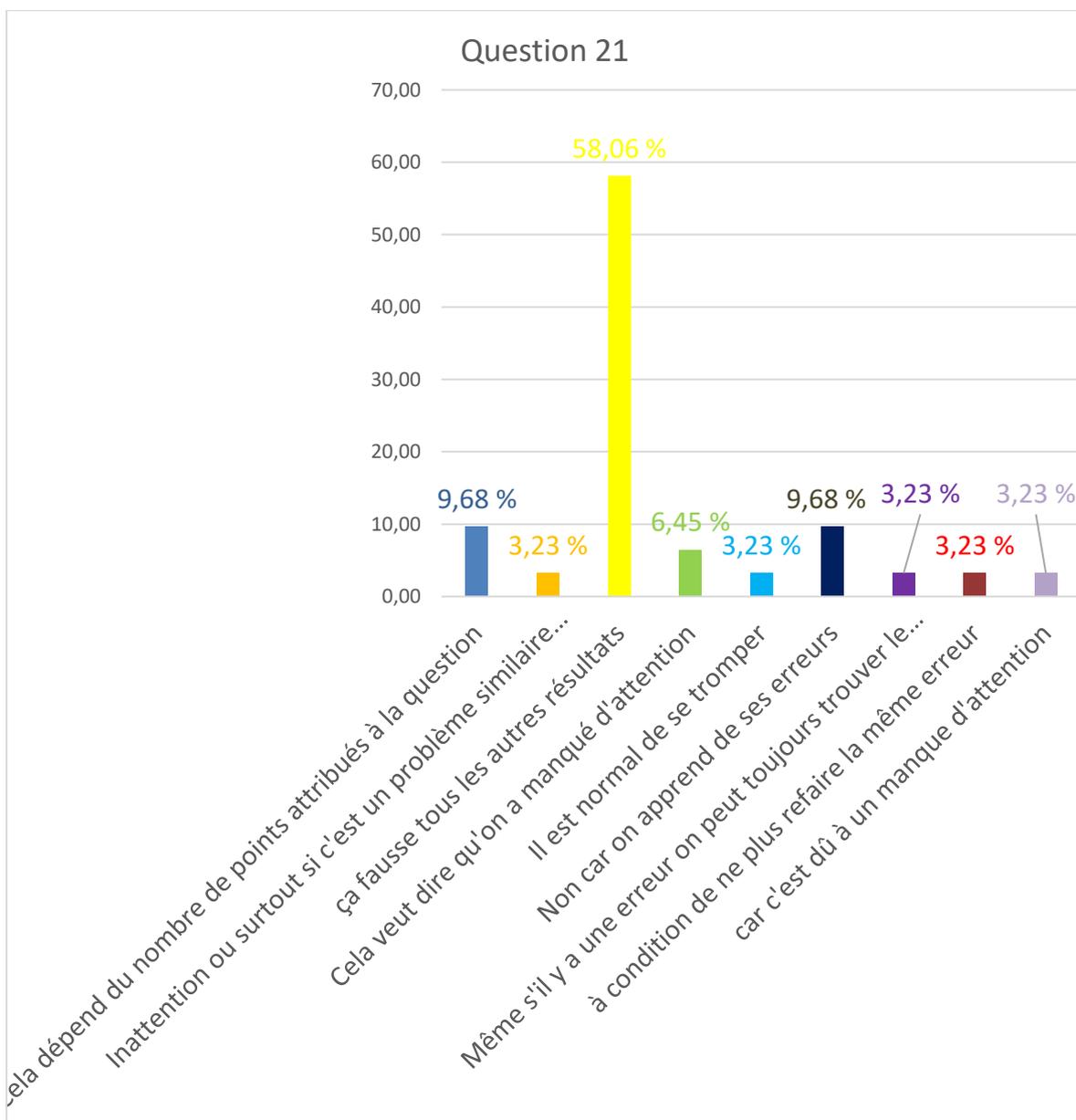


Figure 4.36 : Résultats complémentaires pour la question 21

Questions 22 et 23 :

Dans ces deux questions, on souhaite savoir ce que pense l'élève de l'induction, entendue ici comme le fait d'utiliser un cas particulier pour en tirer une généralité. Les énoncés des questions sont donnés par la Figure 4.37.

Q22 : Dans une démonstration où figure une inconnue, la remplaces-tu par une valeur particulière ?

Oui

Non

Explique :

.....

.....

.....

Q23 : Penses-tu que cette démarche est satisfaisante ?

Oui

Non

Explique :

.....

.....

.....

Figure 4.37 : Énoncé de la question 22

Les résultats sont donnés à la Figure 4.38 pour la question 22 et au Tableau 4.6 pour la question 23.

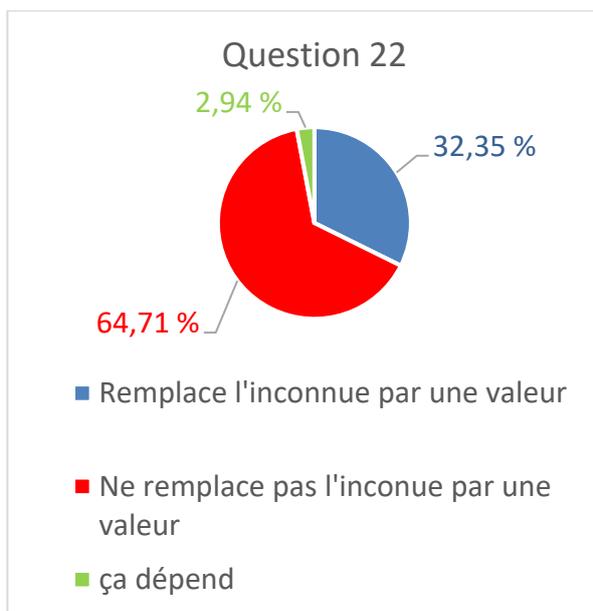


Tableau 4.6 : Résultats de la question 23

	Remplace l'inconnue par une valeur	Ne remplace pas l'inconnue par une valeur
La démarche est satisfaisante	7	12
Elle ne l'est pas	3	6

Figure 4.38 : Résultats

Lorsqu'ils ont une démonstration, dix élèves remplacent l'inconnue par une valeur particulière ; cela se rapproche de l'empirisme naïf décrit par Balacheff (1988). Parmi ceux qui ont renseigné la zone d'explication, sept considèrent leur démarche satisfaisante ; Ceux qui ne remplacent pas l'inconnue par une valeur, dont la méthode est la preuve intellectuelle, sont 12 à considérer leur méthode satisfaisante. La preuve intellectuelle, selon Balacheff (1988) correspond à une démonstration dans laquelle l'élève ne prend pas d'exemple particulier, utilise la déduction, la preuve pouvant éventuellement être incomplète. La démarche des 12 élèves qui ne remplacent pas l'inconnue par une valeur est correcte.

Questions 24,25,26 et 27 :

Les énoncés à ces questions sont donnés par les Figure 4.39 et 4.40.

Q24 : Sais-tu ce qu'est une conjecture ?

Oui

Non

Explique :

.....

.....

.....

.....

Q25 : Penses-tu qu'on doive faire une démonstration après une conjecture ?

Oui

Non

Explique :

.....

.....

.....

.....

Q26 : Sais-tu ce qu'est une hypothèse ?

Oui

Non

Explique :

.....

.....

.....

.....

Figure 4.39 : Énoncés des questions 24, 25 et 26

Q27 : Peux-tu décrire en quelques mots en quoi consiste une démonstration en mathématiques et comment on procède ?

Explique :

.....

.....

.....

.....

Figure 4.40 : Énoncé de la question 27

À la question 24, les élèves doivent dire s'ils savent ce qu'est une conjecture et d'en donner une définition. Les résultats figurent dans le Tableau 4.7 et la Figure 4.41.



Tableau 4.7 : Résultats de la question 24

Question 24	Affirme savoir ce qu'est une conjecture
Donne la bonne définition	32,35 %
Donne une définition erronée	67,65 %

Figure 4.41 : Résultats de la question 24

Pour cette question, si l'élève définit correctement la conjecture, à savoir s'il donne une définition que se rapproche de : une « affirmation qui est basée sur l'observation » ou « affirmation que doit être démontrée », alors la réponse est validée. S'il confond conjecture et hypothèse, la réponse n'est pas validée.

88,89% des élèves affirment savoir ce qu'est une conjecture (Figure 4.41). Cependant, deux élèves sur trois parmi ceux qui ont dit savoir et qui donnent une explication, fournissent une définition que nous estimons erronée (Tableau 4.7).

Les résultats de la question 25 sont donnés à la Figure 4.42.

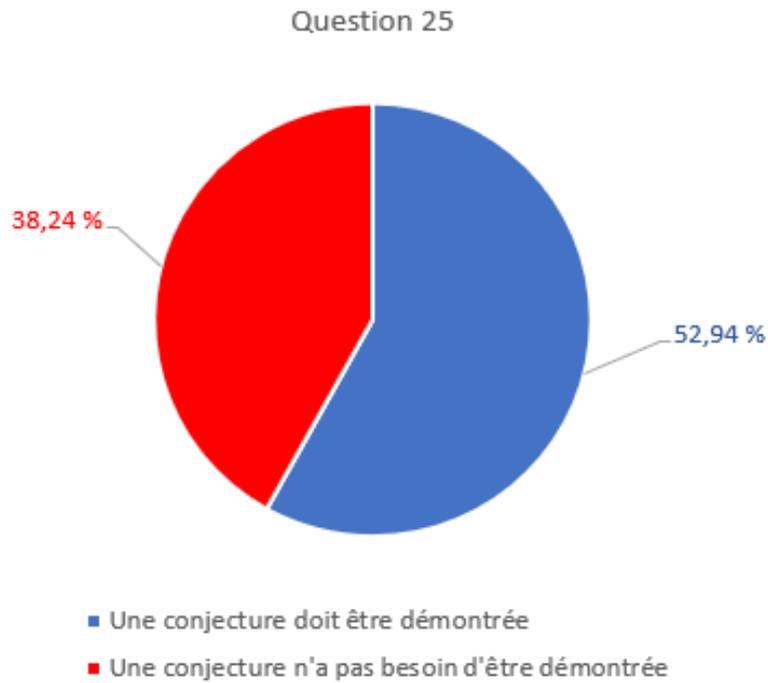


Figure 4.42 : Résultats de la question 25

Lorsqu'on leur demande si une conjecture doit être démontrée alors ils sont tout de même 38,24% à penser qu'une conjecture n'a pas besoin d'être démontrée : « Après une conjecture, il est nécessaire de vérifier si celle-ci est vraie ou fausse. Cependant une démonstration n'est pas nécessaire » (E13).

Les résultats de la question 26 sont donnés dans la Figure 4.43 et le Tableau 4.8.

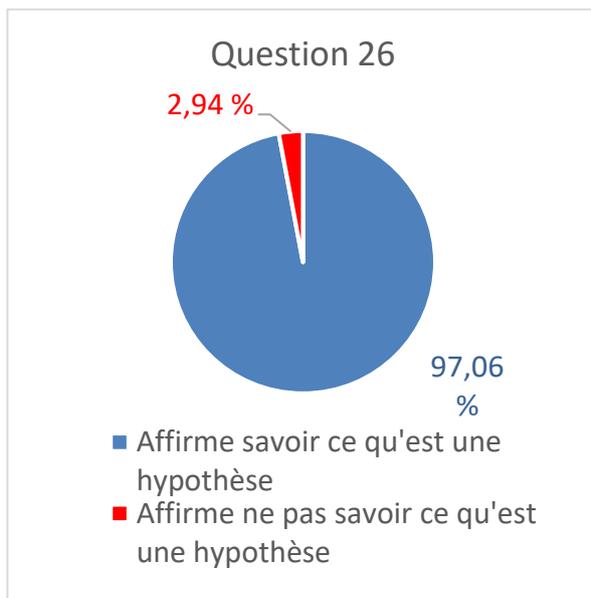


Tableau 4.8 : Résultats de la question 26

Question 26	Affirme savoir ce qu'est une hypothèse
Donne la bonne définition	8,57%
Donne une définition erronée	91,43%

Figure 4.43 : Résultats de la question 26

Les résultats à cette question montrent que les élèves sont 97,06% à affirmer savoir ce qu'est une hypothèse (Figure 4.43). Cependant 91,43% de ceux qui affirment cela, ne sont pas en mesure de produire une définition que nous estimons satisfaisante. Ceux qui savent sont réellement peu nombreux (Tableau 4.8) : « C'est une information présente dans l'énoncé ou sur une figure donnée dans un exercice » (E29).

Les résultats de la question 27 sont donnés dans la Figure 4.44.

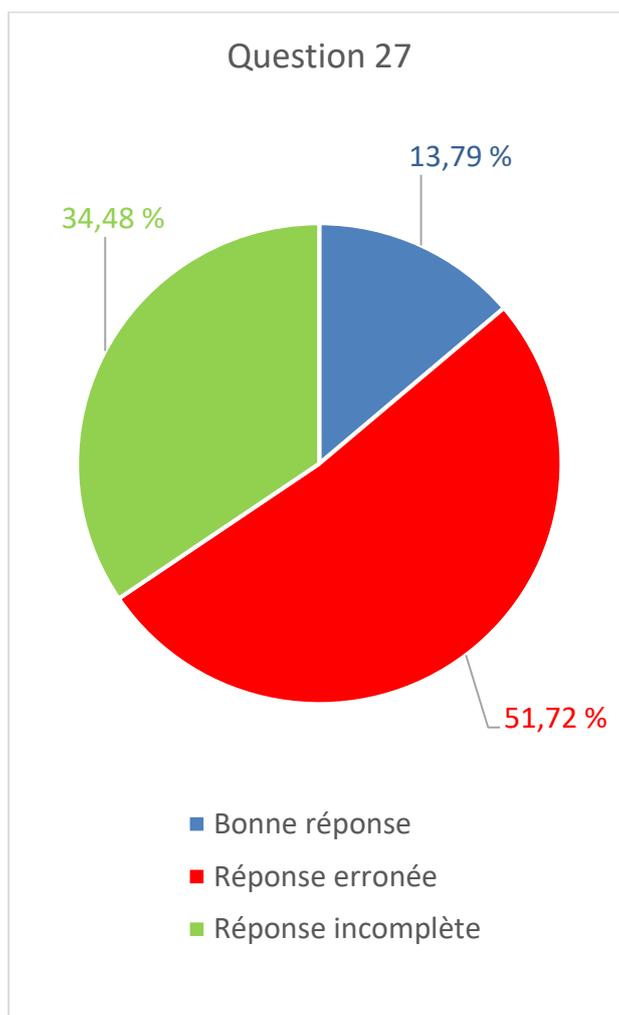


Figure 4.44 : Résultats de la question 27

Seuls 13,79% des élèves interrogés sont en mesure d'apporter une réponse que nous estimons satisfaisante (Figure 4.44).

Les résultats à ces quatre questions montrent que les conceptions des élèves sur les concepts liés à la démonstration constituent une difficulté qui doit probablement être abordée en cours. De même on doit les amener à mieux comprendre ce qu'est une démonstration.

Questions 28 et 29 :

Dans ces questions il est demandé aux élèves de reconnaître un carré donné dans la position prototypique du losange (Figure 4.45) et un carré dans sa position prototypique (Figure 4.46).

Q28 : L'image qui suit représente un panneau de circulation. Peux-tu identifier le nom de cette figure géométrique représentée par ce panneau ?



Réponse :

Figure 4.45 : Énoncé de la question 28

Q29 : L'image qui suit représente un panneau indiquant la proximité d'un hôpital. Peux-tu identifier le nom de la figure géométrique représentée par ce panneau ?



Réponse :

Figure 4.46 : Énoncé de la question 29

Les résultats à ces deux questions sont donnés par les Figures 4.47 et 4.48.

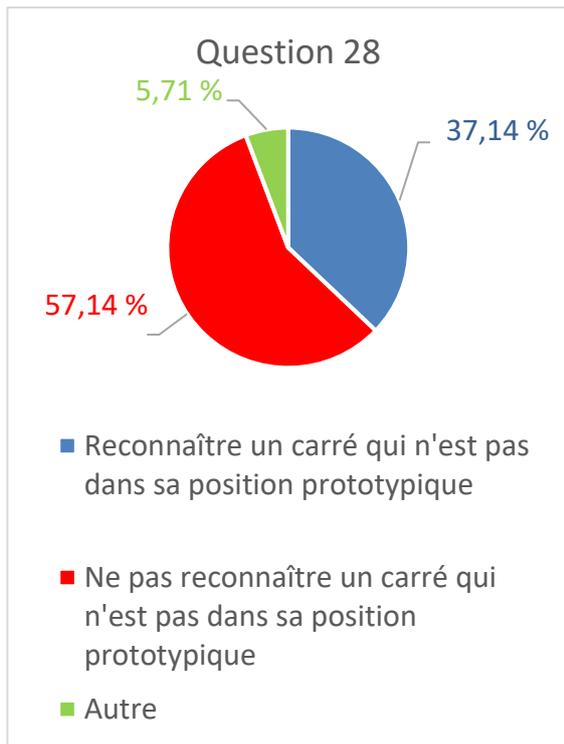


Figure 4.47 : Résultat de la question 28

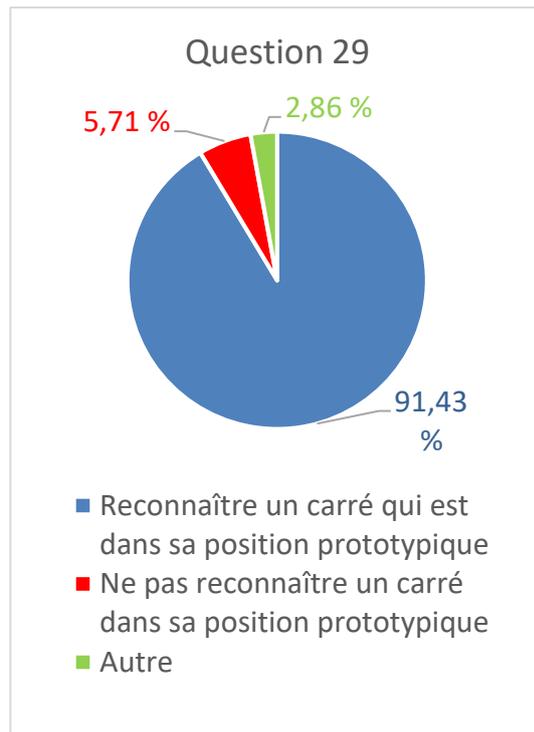


Figure 4.48 : Résultat de la question 29

Seuls 37,14% des élèves reconnaissent parviennent à reconnaître un carré lorsqu'il n'est pas dans sa position prototypique (Figure 4.47). 91,43% des élèves reconnaissent un carré (Figure 4.48).

Questions 30,31 et 32 :

À ces questions, il est demandé aux élèves de dessiner un carré (Question 30), un losange (Question 31) puis un segment et sa médiatrice (Question 32). Les résultats sont donnés aux Figures 4.49, 4.50 et 4.51.

On constate très largement que les élèves font des figures prototypiques. A la question 32, un élève a représenté un segment dans une position oblique avec une médiatrice verticale.

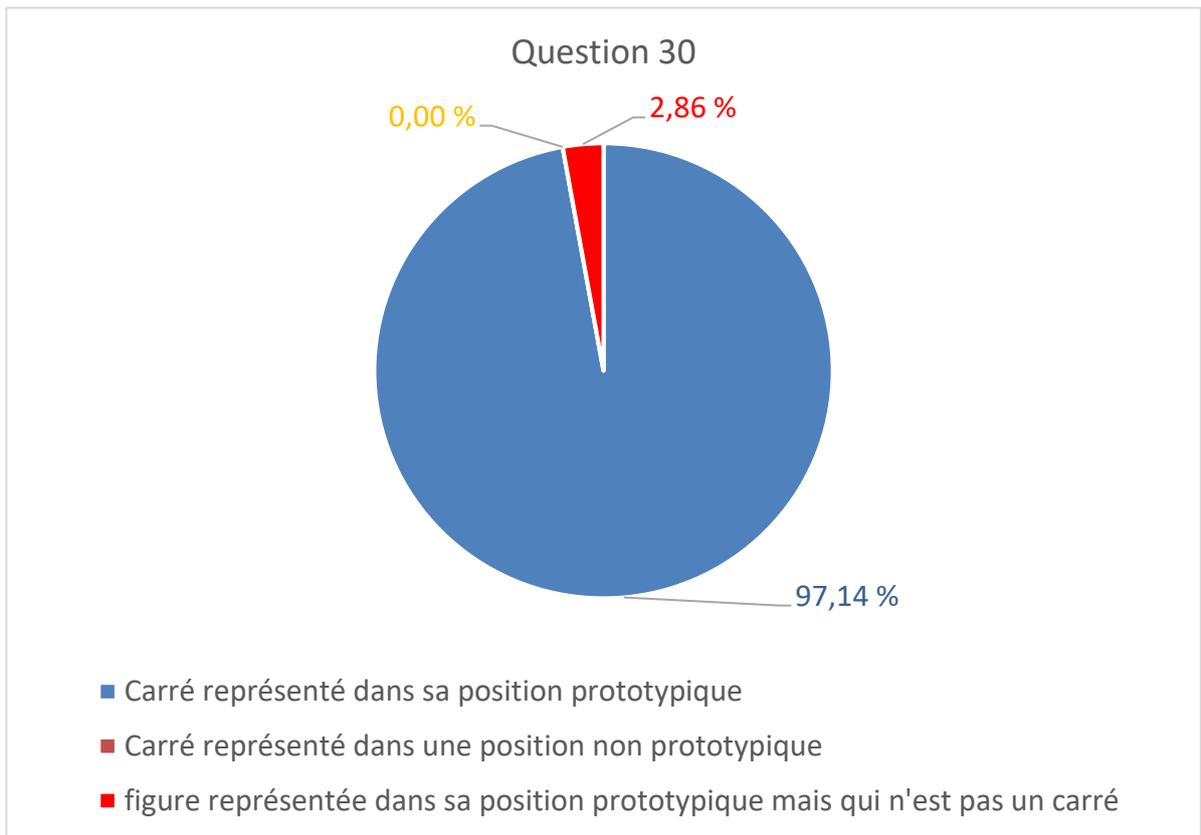


Figure 4.49 : Résultat de la question 30
Tracer un carré

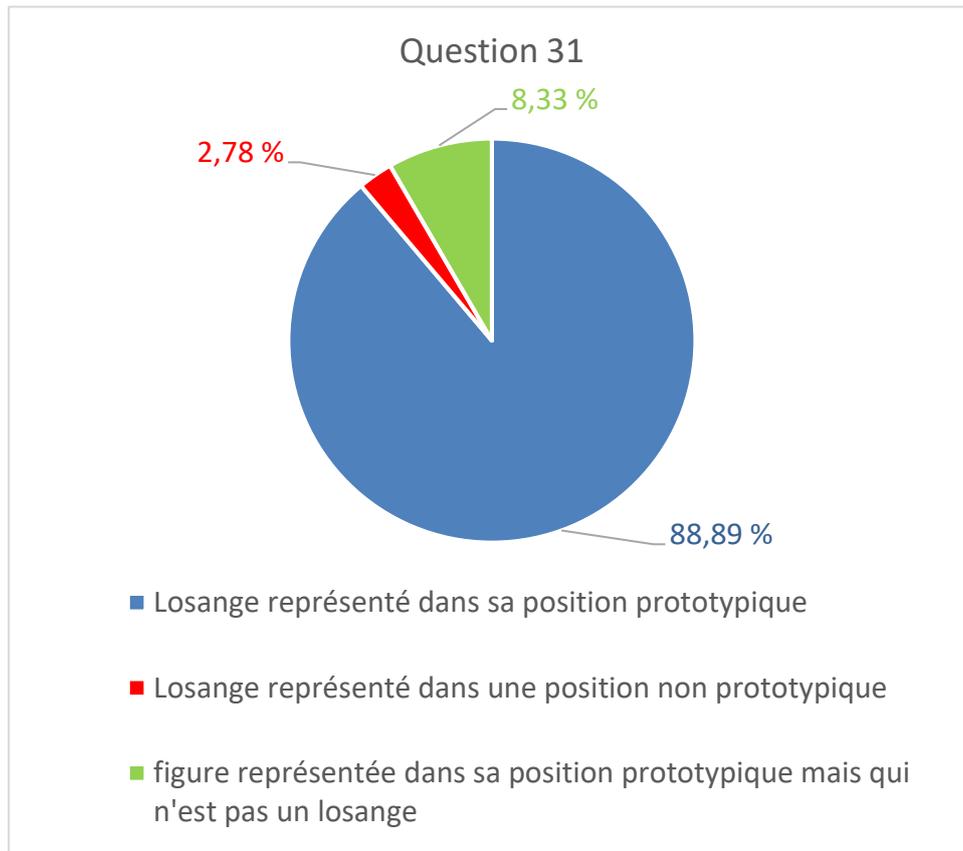


Figure 4.50 : Résultat de la question 31
Tracer un losange

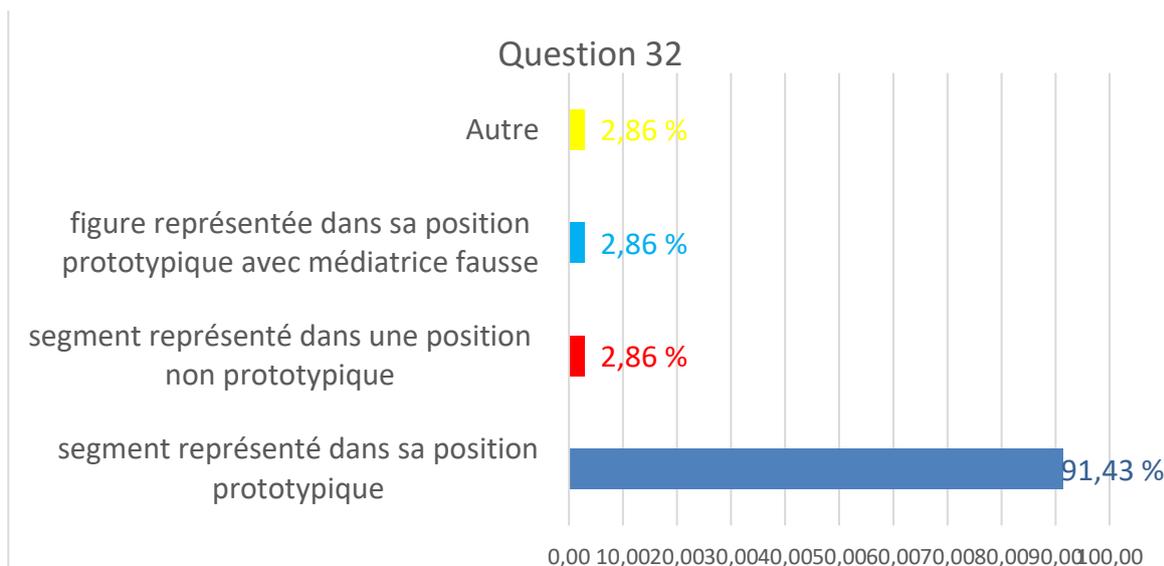


Figure 4.51 : Résultat de la question 32
Tracer un segment et sa médiatrice

4.3 Tests élèves

4.3.1 Présentation des participants

Les participants sont des élèves de CM2 d'une école en zone rurale. J'ai assisté à la passation du test qui a duré une dizaine de minutes pour ceux qui étaient les plus en retard. Sur les quatre classes, une possède un assez bon niveau et une autre est de niveau moyen. Le test a concerné 69 enfants.

Les élèves apprennent à dessiner les figures géométriques et à les reconnaître dans les cycles 2 et 3. Ces figures géométriques sont utilisées dans la vie quotidienne. On a pu voir qu'il existe, même au niveau du grand public, une confusion concernant le carré ; en effet, lorsque le carré est présenté reposant sur un sommet, comme dans la figure 4.43 au paragraphe précédent, il est pris à tort pour un losange. Notre objectif est de savoir si les élèves parviennent à reconnaître des figures géométriques simples. Les éléments relatifs à chacune des 11 figures ont été fournis au chapitre 3. Le Test est consultable en Annexe 9.

4.3.2 Résultats

On rappelle que les figures 1, 4, 5, 10 représentent respectivement un carré, un rectangle, un losange, un carré dans leur position prototypique. Les figures 2, 7 et 11 représentent respectivement un cercle, un triangle et un cercle. La figure 8 représente un octogone. La Figure 4.50 donne les résultats obtenus à ce test.

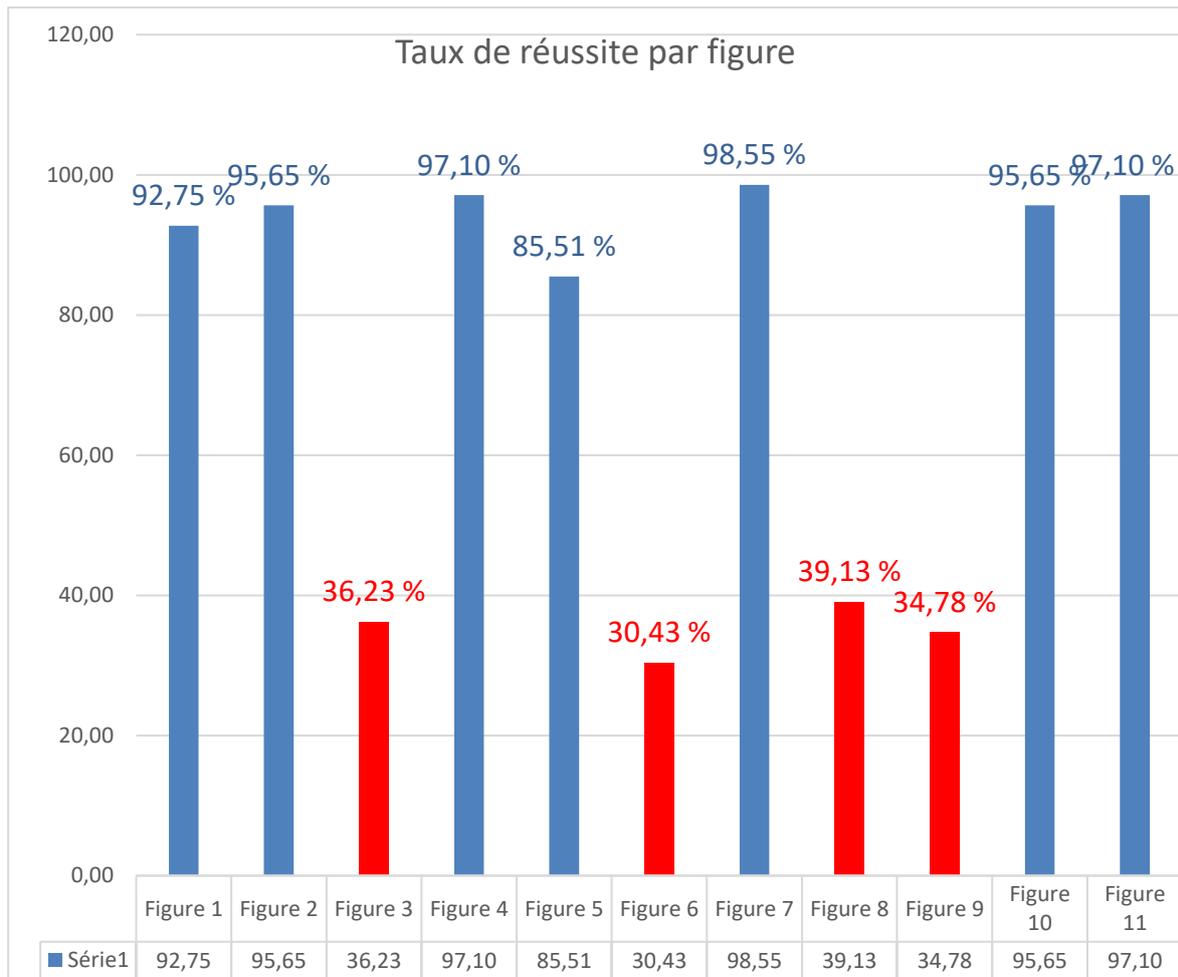


Figure 4.50 : Taux de réussite dans la reconnaissance des figures

Les figures que les élèves ont eu du mal à reconnaître sont les figures 3, 6 et 9 qui représentent un carré qui est dans sa position non prototypique ; plus précisément le carré repose sur un sommet comme un losange (Figure 4.50).

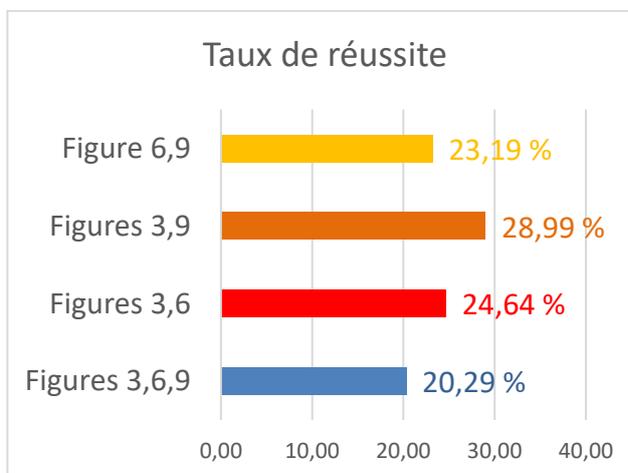


Tableau 4.9 : Taux de réussite par regroupements de figures

Figures 3,6,9	Figures 3,6	Figures 3,9	Figures 6,9
20,29	24,64	28,99	23,19

Figure 4.51 : Taux de réussite par regroupement de figure

Nous avons donc eu l'idée de regrouper les figures sur lesquelles les élèves ont rencontré des difficultés, de la manière suivante :

- Figures 3, 6, 9 ;
- Figures 3 et 6 ;
- Figures 3 et 6 et 9 ;
- Figures 6 et 9.

Nous avons fait ces regroupements car les figures 3 et 9 représentent un panneau de signalisation et la figure 6 représente une enseigne de magasin. Sur l'image 6 l'enseigne est représentée sur un mur, donc nous l'avons laissée dans son contexte.

On constate qu'ils sont moins nombreux à reconnaître les trois figures 3, 6 et 9. On a des taux de réussite qui sont assez voisins dans le cas des regroupements de figures 3-6 et 6-9. Par contre le taux de réussite est plus important pour le regroupement 3-9 (Figure 4.51 et Tableau 4.9). On remarque que les figures 3 et 9 se ressemblent un peu ; probablement le fond représentant le mur et qui entoure l'enseigne a peut-être gêné les élèves dans la reconnaissance de la figure.

5 DISCUSSION

Au cours de cette étude, nous nous sommes proposés de comprendre les rapports des enseignants et des élèves à la géométrie. Nous conduisons la discussion au regard des hypothèses.

5.1 Discussion au regard des hypothèses

Nous avons mené des entretiens semi-directifs au cours desquels les enseignants ont été interrogés notamment sur les figures particulières. De manière générale, nous avons constaté que les enseignants pensent que l'élève doit fournir une figure qui correspond à la consigne ; en particulier, lorsque la consigne est de dessiner un triangle, ils s'attendent à avoir un triangle qui n'est ni rectangle, ni isocèle, ni équilatéral. Cependant, certains enseignants disent pouvoir accepter un de ces triangles dès lors que la particularité de ce triangle ne gêne pas dans la démonstration. Concernant l'ajout du terme « quelconque », ils estiment que l'élève doit savoir que lorsque qu'aucune mention particulière ne figure dans l'énoncé, le triangle doit être générique, car cela fait partie de l'implicite que l'enseignant doit travailler avec l'élève. Pendant l'entretien, les enseignants ont été invités à dessiner des figures géométriques. Parmi les huit enseignants interrogés six d'entre eux ont fait des figures prototypiques. Les deux qui n'ont pas réalisé de figures prototypiques sont des formateurs et donc sont vraisemblablement plus sensibilisés à cela. En conséquence, l'hypothèse (HP1) stipulant que « les enseignants font des figures prototypiques » est validée.

Concernant les élèves du lycée, ils étaient invités également à tracer des figures géométriques et on a constaté que le carré a été tracé dans sa position prototypique à 97,14%, le losange à 88,89% et le segment à 91,43%. Il a été aussi vérifié que lorsque l'élève dessine le segment dans une position oblique, la médiatrice elle est verticale, donc les élèves font eux aussi des figures prototypiques.

D'autre part l'analyse exploratoire qui a été menée en croisant deux critères, la consigne et le type de papier utilisé, a donné les résultats repris dans le Tableau 5.1 :

Tableau 5.1 : Résultats chiffrés de l'enquête exploratoire

	Terme « quelconque » non précisé	Terme « quelconque » précisé
Papier quadrillé	Ex1 : Quelconque 54,84 % Isocèle : 45,16 %	Ex4 : Quelconque : 93,11% Isocèle 6,89%
	Ex2 : Quelconque 61,29 % Isocèle : 35,48 %	
	Ex3 : Quelconque 38,71 % Isocèle : 51,61 %	
Papier non quadrillé	Ex5 : Quelconque : 90,32% Isocèle 6,45%	Ex6 : Quelconque : 96,77% Isocèle 3.23%

On constate qu'en l'absence du terme « quelconque » dans l'énoncé, le taux d'élèves qui font des triangles isocèles, est élevé. Entre l'exercice 1 et l'exercice 2, la remarque a été faite aux élèves concernant l'implicite existant sur ce type de consigne ce qui probablement explique que le taux d'élèves ayant fait un triangle quelconque ait augmenté de 54,84 % à 61,29%. En espaçant un peu la réalisation des exercices 2 et 3, on constate qu'à nouveau le taux d'élèves faisant un triangle isocèle dépasse largement le taux des élèves ayant fait un triangle quelconque. À l'exercice 4, le terme « quelconque » a été précisé et on voit que 93,11% des élèves font effectivement un triangle quelconque, bien que la figure soit réalisée sur papier quadrillé. À l'exercice 5, le terme « quelconque » n'est pas précisé mais la figure est réalisée sur du papier sans quadrillage imposé : on voit que 90,32% des élèves font un triangle quelconque. Et enfin à l'exercice 6, en précisant le terme « quelconque » et en demandant que la figure soit faite sur du papier non quadrillé, le taux d'élèves ayant fait un triangle quelconque est de 96,77%.

On voit bien ici l'effet du matériel utilisé ainsi que de la consigne. Dans leurs discours, les enseignants avaient aussi précisé que, lorsque les élèves réalisaient des figures sur du papier quadrillé, ils avaient tendance à suivre les lignes et à faire des figures particulières. Par conséquent, l'hypothèse (HE4) précisant que les élèves font des figures particulières est confirmée, de même que l'hypothèse (HP2) selon laquelle le support utilisé influe sur la réalisation de la figure tracée.

Le test réalisé en primaire a montré que les élèves reconnaissent les figures classiques (carré, cercle, triangle, rectangle, losange) dès lors qu'ils sont dans leur position prototypique avec des taux de réussite supérieurs à 85%. Le test a également montré que lorsqu'un carré est dans la position prototypique du losange, c'est-à-dire lorsqu'il repose sur un sommet les élèves

parviennent à reconnaître le carré avec un taux d'environ 30%. En lycée, les questions 28 et 29 avaient le même objectif et les élèves réussissent à reconnaître un carré dans sa position prototypique avec un taux de 91,43%. Lorsque le carré est dans la position du losange ils y parviennent avec un taux de 37,14%, en conséquence que ce soit au primaire ou au lycée, les élèves ont du mal à reconnaître une figure géométrique dès lors qu'elle n'est pas dans sa position prototypique, ainsi l'hypothèse (HE5) est validée, étant entendu que cela a été fait dans le cas du carré.

Nous souhaitons également vérifier l'hypothèse (HP3) selon laquelle les enseignants ne font pas de la géométrie une priorité dans le programme. Cette hypothèse n'a pas été confirmée par notre étude puisque dans leurs discours, les enseignants paraissent accorder une place conséquente à la géométrie ; en collège, ils alternent deux chapitres d'algèbre avec un chapitre de géométrie. En primaire, ils affirment accorder une place plus importante à la géométrie puisqu'auparavant ils avaient un peu tendance à délaissé ce domaine. En lycée, la géométrie n'est pas cantonnée à la fin de l'année mais est traitée à partir du mois de janvier pour certains alors que d'autres affirment qu'ils étalent cet enseignement sur toute l'année. Lors d'une Université d'été sur le conseil pédagogique et la didactique des disciplines qui a eu lieu en 1989 (Philippe Meirieu, Michel Develay, Louis D'Hainaut), les dix-neuf opérations mentales, reprises par Monti et Plourdeau (2003), ont été listées. Elles sont sollicitées dans les compétences mathématiques, et l'étude a montré que les enseignants ne s'attachent pas à s'assurer que les élèves mettent bien en œuvre ces opérations mentales. Les enseignants ont tous évoqué la question du temps. Ils ont dit se sentir pressés par le temps qui est réduit vu l'ampleur de la tâche d'enseignement, cependant ils ont à cœur de traiter l'intégralité du programme, avec le soucis permanent d'intéresser les élèves à la géométrie.

Dans le questionnaire lycée, plusieurs questions concernaient le domaine de la démonstration et il a été établi que les élèves ont tendance à confondre les concepts liés à la démonstration (tels que savoir ce qu'est une conjecture ou une hypothèse). Les élèves ont aussi beaucoup de mal à verbaliser sur la démonstration, en dire le fonctionnement. Certains élèves réussissent à faire des démonstrations ; peut-être qu'une meilleure connaissance de ces concepts pourrait les aider à mieux comprendre ce qu'est une démonstration en repérant bien dans une démonstration ce qui représente l'hypothèse, ce qui représente la conclusion. Donc l'hypothèse (HE6) disant que les élèves ne maîtrisent pas le processus de la démonstration est donc confirmée.

5.2 Éléments inattendus

Le thème de stéréotype de genre en mathématiques a été étudié (Plante, 2010 ; Brugeilles et Cromer, 2011). On pense souvent que les garçons sont meilleurs en mathématiques alors qu'on voit les filles plus dans les matières littéraires. L'étude a mis en évidence ce concept que je ne m'attendais pas à trouver. L'une des enseignantes a décrit des élèves du sexe féminin qui travaillent très bien puisqu'elles ont de très bonnes notes, même en mathématiques, mais une fois arrivé dans le cours de géométrie dans l'espace, elles rencontrent des difficultés à se repérer dans l'espace et la vision en trois dimensions est problématique. Elle décrit une situation d'angoisse, de dévalorisation par les élèves. Cela est renforcé par le fait que certains garçons, qui selon elle, n'ont pas de bons résultats, parviennent à voir dans l'espace. Pour ces filles, il faut un accompagnement et plus de temps afin qu'elles parviennent finalement à surmonter ces difficultés. Elle affirme que ces filles vivent cette situation très mal, donc elle prend le problème très au sérieux et travaille la géométrie dans l'espace avec les élèves filles dès le collège. Elle y voit une explication, selon elle de la conduite féminine, souvent décriée : on dit que les femmes conduisent mal mais en fait, d'après elle c'est parce que les femmes ne savent pas se repérer. Elle va jusqu'à penser qu'il y a des choses que nous réussissons moins bien que les hommes.

L'étude a également mis en évidence la place que les élèves accordent à l'erreur. Les élèves semblent avoir peur de se tromper ; cela est dû à la crainte de la note sanction. En effet, selon eux, si on se trompe dans une question ça peut fausser tout un problème. Cela nous interpelle sur la manière de concevoir les énoncés de manière à ce que l'élève ne perçoive plus l'erreur comme une sanction mais plutôt, comme très peu d'élèves la voient, comme une chance de s'améliorer. Nous sommes également interpellés sur la notation qui est pratiquée.

Enfin la dernière dimension révélée par cette étude est que les élèves, majoritairement, semblent préférer travailler seuls. S'ils reconnaissent que le travail en groupe permet un certain enrichissement, et permet de s'entraider les uns les autres, ils mettent en avant le manque de concentration qui peut résulter de ce travail de groupe, ainsi que le manque d'engagement de certains qui peut pénaliser tout le groupe. Par ailleurs certains élèves préférant travailler seuls, estiment qu'ils sont en capacité de le faire et voient cela comme un challenge personnel. Bien entendu, ces résultats, comme je l'ai dit un peu plus haut sont à prendre avec beaucoup de

prudence car nos échantillons sont loin d'être représentatifs. Cependant ce résultat est surprenant et ce point pourrait être étudié sur un échantillon plus représentatif.

6 CONCLUSION

L'objectif de ce mémoire est de comprendre les rapports des enseignants et des élèves à l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie. Une étude exploratoire a été menée afin de voir l'influence de la consigne et du matériel utilisé lors de la réalisation de figure en géométrie. L'enquête exploratoire a également permis de préciser la question de recherche et affiner les hypothèses. La collecte des données a été réalisée par le biais d'entretiens semi-directifs au cours desquels huit enseignants ont été interrogés, quatre au lycée, deux au collège et deux au primaire. Parallèlement, des questionnaires ont été distribués aux élèves de lycée et les élèves de CM2 ont passé un test sur la reconnaissance de figures géométriques. L'étude a été réalisée sur une population d'une école primaire en milieu rural, d'un collège en zone urbaine non favorisée, de deux lycées dont l'un est en zone favorisée et l'autre en zone non favorisée ; un dernier établissement contenant des classes de collège et de lycée en zone favorisée. Nous avons procédé à une analyse de contenu des entretiens à l'aide d'un logiciel et un tri à plat des données récoltées par les questionnaires et les tests.

L'étude a montré que les élèves, comme les professeurs, font des figures prototypiques. Il a été démontré que lorsque les élèves réalisent des figures sur papier quadrillé ils ont plus de chance de réaliser des figures particulières, que lorsqu'ils sont sur papier sans quadrillage et le phénomène est renforcé lorsqu'une partie de la consigne est implicite. De plus les élèves ont du mal à reconnaître des figures simples dès lors qu'elles ne sont pas dans leur position prototypique. Les enseignants accordent une place suffisante à la géométrie dans leur programmation mais le mécanisme de la démonstration ainsi que les concepts sous-jacents ne sont pas expliqués aux élèves, de même qu'ils ne sont pas sensibilisés aux opérations mentales sollicités lors des phases de résolution.

Ce travail a mis en évidence le phénomène de genre en mathématiques ; c'était assez surprenant, quoique ce concept ait déjà été abordé dans des travaux antérieurs, cela doit être pris en compte. Ce travail met l'accent sur le rapport des élèves à l'erreur ; selon les enseignants peu d'élèves utilise le brouillon qui permet à certains élèves de bien organiser leur raisonnement.

J'ai beaucoup appris tout au long de ce travail. Je ne saurais que trop remercier encore une fois les enseignants qui ont accepté de prendre part aux enquêtes. Cela m'a permis de voir les méthodes de travail en primaire car il n'y a pas assez de liaison entre les différents niveaux. La rédaction des guides d'entretien ou du questionnaire est une tâche difficile. Je me suis rendue compte à quel point il est difficile de mener une enquête en réduisant au maximum les phénomènes de biais. Sur le plan pédagogique, ce travail me permettra sans doute d'être plus attentive à la notion d'implicite en particulier.

Lors de la passation du test en primaire nous avons vu que certains élèves, au lieu d'écrire « cercle⁸⁹ » avaient écrit « ron » ou « rond », ou même « ront » pour indiquer le cercle. Alors bien évidemment nous avons validé la réponse puisque ces trois dénominations correspondent à la désignation du cercle en créole parlé, bien que l'orthographe ne soit pas correcte. L'école primaire est située dans une zone rurale et probablement que certains enfants utilisent ces mots au lieu de « cercle ». Il serait intéressant de rédiger le test dans les deux langues et comparer avec les résultats obtenus dans la présente étude.

Le matériel recueilli est déjà assez conséquent : plus de 90 pages de verbatim, 69 tests, 38 questionnaires. Un prolongement est possible sur l'analyse des énoncés et les termes utilisés en relation avec la réponse apportée par l'élève afin d'améliorer les consignes en particulier dans les problèmes, puisqu'on a vu que c'est une préoccupation des élèves. Le repérage des opérations mentales qui sont sollicitées dans la résolution de problème, ainsi qu'un approfondissement des mécanismes en jeu dans la démonstration, sont des prolongements possibles.

⁸⁹ La traduction créole est sèk, ron ou won.

7 BIBLIOGRAPHIE

*Académie de Bordeaux. Déductogrammes. Feuille d'activité.

Repéré sur [http://mathematiques.ac-](http://mathematiques.ac-bordeaux.fr/college2010/ressources/par_theme/12_Deductogramme.pdf)

[bordeaux.fr/college2010/ressources/par_theme/12_Deductogramme.pdf](http://mathematiques.ac-bordeaux.fr/college2010/ressources/par_theme/12_Deductogramme.pdf)

Consulté le 27/01/2019.

Adihou, A. (2011). Enseignement-apprentissage des mathématiques et souffrance à l'école. *Les collectifs du Cirp*, 2(1), 90-102.

Alcorta, M. (2001). Utilisation du brouillon et développement des capacités d'écrit. *Revue française de pédagogie*, 95-103.

Amade-Escot, C. & Talbot, L. (2005). Interactions didactiques et difficultés d'apprentissage des filles et des garçons en EPS : une étude de cas en gymnastique. *Pratiques d'enseignement et difficultés d'apprentissage*, 61-74.

André, Y. (n. c.). Chapitre 5 : singularités. Repmus-IRCAM

Repéré sur [http://repmus.ircam.fr/ media/mamux/ecole-mathematique/yves-](http://repmus.ircam.fr/media/mamux/ecole-mathematique/yves-andre/ch5singul.pdf)
[andre/ch5singul.pdf](http://repmus.ircam.fr/media/mamux/ecole-mathematique/yves-andre/ch5singul.pdf)

Consulté le 3/3/2019.

Artigue, M. (1989). L'évolution du rôle de l'image en mathématiques liée à l'utilisation de l'outil informatique, in « Place et rôle de l'image dans l'enseignement ». Intervention lors de la journée organisée par la Coordination des Ressources Informatiques pour la Classe (CRIC), p.1-13.

Bachelard, G. (1993). La formation de l'esprit scientifique : contribution à une psychanalyse de la connaissance. Vrin.

Balacheff, N. (2014). Où il est question de didactique et de technologie - Dessin, figure et objet en géométrie.

Repéré sur <https://nicolas-balacheff.blogspot.com/search/label/dessin>

Consulté le 15/01/2019.

Balacheff, N. (1988). *Une étude des processus de preuve en mathématique chez des élèves de collège* (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Grenoble-INPG ; Université Joseph-Fourier-Grenoble I).

*Balacheff, N. (1987). Processus de preuve et situations de validation. *Educational Studies in mathematics*, 18(2), 147-176.

Bandura, A. (1989). Social cognitive theory. In R. Vasta (Ed.), *Annals of child development*. Vol. 6. Six theories of child development (pp. 1-60). Greenwich, CT: JAI Press.

Bardin, L. (2013). L'analyse de contenu (éd. 2e). Paris : PUF.

Baruk, S. (1995). Dictionnaire de mathématiques élémentaires : pédagogie, langue, méthode, exemples, étymologie, histoire, curiosités. Éditions du Seuil.

Bellard, N. & Lewillion, M. (2001). Analyse de productions d'élèves de quatrième, produire et lire des textes de démonstration. Éditions Ellipses, Paris.

Blanchard-Laville, C. (1997). L'enseignant et la transmission dans l'espace psychique de la classe. *Recherches en didactique des mathématiques*, 17(3), 151-171.

Bossez, D. (2013). Les obstacles rencontrés par les élèves de troisième pour écrire des preuves destinées à valider ou à réfuter une assertion mathématique, Mémoire de master. Université d'Aix-Marseille.

Repéré sur http://www.irem.univ-mrs.fr/IMG/pdf/memoire_master2_david_bossez.pdf
Consulté le 25/1/2019.

Bousquet, G. H. (1967). Le hasard. Son rôle dans l'histoire des sociétés. In *Annales. Histoire, Sciences Sociales* (Vol. 22, No. 2, pp. 419-428). Cambridge University Press.

Repéré sur https://www.persee.fr/doc/ahess_0395-2649_1967_num_22_2_421534
Consulté le 9/10/2018.

Brossard, L. (1999). *Pour des pratiques pédagogiques revitalisées*. Éditions MultiMondes.

Brousseau, G. (1999). Théorie des situations didactiques, en mathématiques. Grenoble : La Pensée Sauvage.

*Brousseau, G. & Balacheff, N. (1998). Théorie des situations didactiques : Didactique des mathématiques 1970-1990. Grenoble : La pensée sauvage.

Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7.2, p. 33-115.

Brousseau, G. (1984). Le rôle central du contrat didactique dans l'analyse et la construction des situations d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques. *Actes de la 3e école d'été de didactique des mathématiques*.

Brugeilles, C. & Cromer, S. (2011). Genre et mathématiques dans les images des manuels scolaires en France. *Tréma*, (35-36), 142-154.

Repéré sur <https://journals.openedition.org/trema/2599>
Consulté le 20/5/2019.

Bruner, J. S. (1983). Le développement de l'enfant : Savoir-faire, savoir dire, traduit par M. Deleau, Paris, PUF.

Chaussecourte, P. (2003). Observations cliniques en sciences de l'éducation : microanalyses et observations directes de pratiques d'enseignant(e)s de mathématiques (Doctoral dissertation, Paris 10).

*Chevallard, Y. (1989). Le concept de rapport au savoir - Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel, intervention au Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique (Université Joseph-Fourier - Grenoble 1, 26 juin 1989), année 1988-1989, LSD-IMAG et Institut Fourier, Grenoble, 211-235.

Repéré sur www.irem.ujf-grenoble.fr
Consulté le 16/10/2018.

Chevallard, Y. (1985). La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Chevallard, Y. & Joshua, M. A. (1982). Un exemple d'analyse de la transposition didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 3, 2.

Chezel, R. & Rougeaux, A. (1949). L'arithmétique au cours élémentaire, Paris, Belin, p. 176.

Chopin, M. P. (2007). *Le temps didactique dans l'enseignement des mathématiques : approche des phénomènes de régulation des hétérogénéités didactiques* (Doctoral dissertation, Université Victor Segalen-Bordeaux II).

Cohen-Azria, C. & Sayac, N. (2009). *Questionner l'implicite : Les méthodes de recherche en didactiques* (3) (Vol. 3). Presses Univ. Septentrion.

Crahay, M. (2007). « Feedback de l'enseignant et apprentissage des élèves : Revue critique de la littérature de recherche ». In L. Allal & L. Mottier Lopez, *Régulation des apprentissages en situation scolaire et en formation*. Bruxelles : De Boeck, p. 45-70.

Crahay, M. (2002). Chapitre 6. Enseigner, entre réussir et comprendre. Théories implicites de l'éducation et pensée des enseignants experts. Essai de recadrage socio-constructiviste. In *Recherches, pratiques et savoirs en éducation* (pp. 107-132). De Boeck Supérieur.

De Jong, O. (1998) Point de vue de professeurs et de futurs professeurs de chimie concernant l'enseignement de la combustion. *Aster* 26, pp.183-205.

Repéré sur http://icar.univ-lyon2.fr/equipe2/master/data/cours_B3P/Conceptions_des_enseignants_note_de_cours.doc. Consulté le 22/03/2019.

Delcroix, A., Forissier, T. & Anciaux, F. (2013). Vers un cadre d'analyse opérationnel des phénomènes de contextualisation didactique.

Denis, A. (2003), *Revue du CRE* N° s 22-23 (Didactique des mathématiques). Université de Saint-Etienne.

Denis, M. (1989). *Image et cognition*. Paris, Presses Universitaires de France.

*De Singly, F. (2012). *Le questionnaire : l'enquête et ses méthodes*. Armand Colin.

Detterman, D. K. & Sternberg, R. J. (1993). *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction*. Ablex Publishing.

Duval, R. (1992-1993). Argumenter, démontrer, expliquer : Continuité ou rupture cognitive ? « Petit x » n° 31, pp. 37-61.

Eduscol, Bulletin officiel n° 30 du 26-7-2018, cycle 2

Repéré sur

https://cache.media.eduscol.education.fr/file/30/62/2/ensel169_annexe1_985622.pdf

Consulté le 18/02/2019.

*Eduscol, Ressource pour l'évaluation en mathématiques, cycle 4, 2016.
Repéré sur <http://eduscol.education.fr/cid99696/ressources-maths-cycle-4.html>
Consulté le 18/2/2019.

Eduscol, Mathématiques. Espace et géométrie au cycle 3, 2016
Repéré sur
http://cache.media.eduscol.education.fr/file/Geometrie/38/5/RA16_C3_MATH_Espace-geometrie_897385.pdf
Consulté le 1/3/2019.

Eduscol, Mathématiques, cycle 2, grandeurs et mesures, 2016.
Repéré sur
https://cache.media.eduscol.education.fr/file/Mathematiques/69/5/RA16_C2_MATHS_grandeur_et_mesures_doc_maitre_587695.pdf
Consulté le 1/3/2019.

Eduscol, Mathématiques, cycle 4, compétences travaillées, Chercher, 2016.
Repéré sur
http://cache.media.eduscol.education.fr/file/Competences_travaillees/12/5/RA16_C4_MATH_chercher_552125.pdf
Consulté le 18/2/2019.

Eduscol, Mathématiques, cycle 4, compétences travaillées, Modéliser, 2016.
Repéré sur
http://cache.media.eduscol.education.fr/file/Competences_travaillees/12/5/RA16_C4_MATH_chercher_552125.pdf
Consulté le 18/2/2019.

Eduscol, Mathématiques, cycle 4, compétences travaillées, Représenter, 2016.
Repéré sur
http://cache.media.eduscol.education.fr/file/Competences_travaillees/12/5/RA16_C4_MATH_chercher_552125.pdf
Consulté le 18/2/2019.

Eduscol, Les compétences mathématiques au lycée. 2013.
Repéré sur
http://cache.media.eduscol.education.fr/file/Mathematiques/90/0/Competences_mathematiques_Lycees_282900.pdf
Consulté le 1/3/2019.

Eduscol, Bulletin officiel spécial n° 8 du 13 octobre 2011.
Repéré sur
http://cache.media.education.gouv.fr/file/special_8_men/11/6/BO-SPE8_MEN_13-10-11_197116.pdf
Consulté le 18/2/2019.

Eduscol, Mathématiques, cycle terminal de la série scientifique, BO n°9 du 30-10-2010.
Repéré sur http://cache.media.education.gouv.fr/file/special_9/21/1/mathsS_155211.pdf
Consulté le 26/8/2018.

- Eduscol, Mathématiques, classe de seconde. BO n°30 du 23-07-2009.
Repéré sur http://cache.media.education.gouv.fr/file/30/52/3/programme_mathematiques_seconde_65523.pdf
Consulté le 2/3/2019.
- *Eduscol, (2009). Mathématiques collège, Document ressources pour les classes de 6^e, 5^e, 4^e, 3^e du collège, raisonnement et démonstration.
Repéré sur http://media.eduscol.education.fr/file/Programmes/17/7/doc_acc_clg_raisonnement&demonstration_109177.pdf
Consulté le 6/3/2019.
- Etchecopar, P. & Saint-Pierre, C. (2007). Démarche de modélisation en mathématiques. Cégep de Rimouski. Éditions le saut quantique.
Repéré sur <http://www.aestq.org/sautquantique/activite/ACT-07.pdf>
Consulté le 17/10/2018.
- Frau-Meigs, D. & Jehel S. (1997). Les écrans de la violence, Paris, Economica.
- Gandit, M. (2004). Preuve ou démonstration, un thème pour la formation des enseignants de mathématiques : deuxième partie. *Petit x*, 66(49-82).
- Goody, J. (1979). La raison graphique. Paris : Les éditions de Minuit.
- Grize, J. B. & Piérault, G. (1983). La contradiction. Essai sur les opérations de la pensée. Éditorial PUF, France.
- Gyselinck, V. & Pazzaglia, F. (Eds.). (2012). From mental imagery to spatial cognition and language: Essays in honor of Michel Denis. Psychology Press.
- Hitt, F. (n. c.). L'argumentation, la preuve et la démonstration dans la construction des mathématiques : Des entités conflictuelles ? Une lettre de Godefroy-Guillaume Leibniz à Chrétien Wolf (1713)
Repéré sur http://www.hitt.uqam.ca/mat7191_fich/GDM_Hitt_2005.pdf
Consulté le 17/2/2019.
- Houdé, O. (2014). *Apprendre à résister*. Le Pommier.
- Johnson, P. H. (2010). L'importance des mots-le langage au cœur de la relation élève-enseignant. Chenelière éducation ; adaptation Nadon Y.
- Kuhn, T. S. (1962). La structure des révolutions scientifiques.
- Laborde, C. & Capponi, B. (1994). Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 14(1.2), 165-210.
- Lahire, B. (2008). La raison scolaire. École et pratiques d'écriture, entre savoir et pouvoir. *Lectures, Les livres*.

Lebaud, M.P. (n. c.) Le rôle de la figure.

Repéré sur

<https://perso.univ-rennes1.fr/marie-pierre.lebaud/IREM/ens-demo/texte/Questessenfig.pdf>

Consulté le 1/2/2018.

Ma, L. (1999). *Knowing and teaching elementary mathematics: Teachers' understanding of fundamental mathematics in China and the United States*. Routledge.

Mangiante, J. M. (2004). Rôle du lexique courant dans la structure de la démonstration mathématique. *Les Cahiers de l'APLIUT*, 23(2), 72-80.

Margolinas, C. (1994). Double analyse d'un épisode : cercle épistémologique et structuration du milieu. In Artigue et coll. Eds., *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*. Grenoble : La Pensée Sauvage, p. 251-257.

Margolinas, C. (1999). Les pratiques de l'enseignant : une étude de didactique des mathématiques, recherche de synthèse et perspectives. In Bailleul et coll., Eds., *Actes de la Xe École d'été de didactique des mathématiques*. Orléans : ARDM, p. 10-33.

*Martin, O. (2012). *L'analyse des données quantitatives : L'enquête et ses méthodes*. Armand Colin.

Meirieu, P., Develay, M. & D'Hainaut, L. (1989). Université d'été sur le conseil pédagogique et la didactique des disciplines, 78 pages.

Mellet, E., Zago, L., Jobard, G., Crivello, F., Petit, L., Joliot, M. & Tzourio-Mazoyer, N. (2014). Weak language lateralization affects both verbal and spatial skills: an fMRI study in 297 subjects. *Neuropsychologia*, 65, 56-62.

MEN Bulletin officiel de l'Éducation Nationale, n° 30 du 26-7-2018.

Repéré sur http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?pid_bo=38047

Consulté le 17/2/2019.

Mehler, W. R., Feferman, M. E. & Nauta, W. J. (1960). Ascending axon degeneration following anterolateral cordotomy. An experimental study in the monkey. *Brain*, 83(4), 718-750.

Mercier, A. (2011). Quelles mathématiques faut-il apprendre pour se préparer à répondre aux questions des élèves et à traiter leurs erreurs ? Le cas des commencements de l'algèbre. In *Journées mathématiques de l'Institut Français de l'Éducation*.

Mercier, A. (2002). Note de synthèse [La transposition des objets d'enseignement et la définition de l'espace didactique, en mathématiques]. *Revue française de pédagogie*, 141(1), 135-171.

Meyer, C. (2001). Les représentations mentales. Entre « res » et « flatus vocis ». *Communication. Information médias théories pratiques*, 21(1), 9-31.

*Meyer, C. (1985). Étude de la représentation de l'ordinateur chez quarante-deux enfants de la banlieue sud-est de Paris. Thèse de doctorat de troisième cycle en Sciences de l'Information et de la Communication sous la direction de J. Perriault, Paris, EHESS.

Monti, B., Plourdeau, C. & Révillon, G. (2003). Opérations mentales et résolution de problèmes mathématiques-collège. CRDP de Basse-Normandie Caen, Collection, Repères pour agir-second degré, série Disciplines Format : 192 pages.

* Osgood, C. E. (1959). The representational model and relevant research materials. In *Trends in content analysis* (pp. 33-88). University of Illinois Press.

*Oxtoby, J. C. (2013). Measure and category: A survey of the analogies between topological and measure spaces (Vol. 2). Springer Science & Business Media.

Parzys, B. (1989). Représentations planes et enseignement de la géométrie de l'espace au lycée : contribution à l'étude de la relation voir/savoir (Doctoral dissertation, Paris 7).

Piaget, J. (1946). La formation du symbole chez l'enfant, imitation jeu et rêve image et représentation, Paris/Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.

Pigenet, Y. (2015). Cerveau se partager pour mieux penser. CNRS Le Journal.

Repéré sur <https://lejournale.cnrs.fr>

Consulté le 30/05/2019.

Piquée, C. (2010). Pratiques enseignantes envers les élèves en difficulté dans des classes à efficacité contrastée. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, (170), 43-60.

Plante, I., Théorêt, M. & Favreau, O. (2010). Les stéréotypes de genre en mathématiques et en langues : recension critique en regard de la réussite scolaire. *Revue des sciences de l'éducation*, 36(2), 389-419.

Repéré sur <https://www.erudit.org/en/journals/rse/2010-v36-n2-rse3909/044483ar/>

Consulté le 20/05/2019.

Pourtois, J. P., Desmet, H. (2004). *L'éducation implicite : Socialisation et individualisation*. Presses universitaires de France.

Raymond, D. (1998). La notion de " pedagogical content knowledge. *PERFORMA collégial, document de l'Assemblée générale, AG9798-3-8*, 2, 1-16.

Richard, J. F. (1990). Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions, Paris.

Robert, A. D. & Bouillaguet, A. (1997). *L'analyse de contenu*. Presses universitaires de France.

Robert, A. & Roditi, E. (2014). Note de lecture. *Pratiques enseignantes en mathématiques, Expériences, Savoirs et Normes*. Hersant M. et Morin, C. (2013), Presses universitaires de Bordeaux.

Repéré sur <http://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/ressources/lecture/note-lecture/pratiques-enseignantes>

Consulté le 1/3/2019.

- Roditi, E. (2009). Didactique de la géométrie.
Repéré sur http://eroditi.free.fr/Enseignement/DDML3S2_08-09/DDML3S2C1_C.pdf
Consulté le 5/2/2019.
- Rosca, A. (1961). L'activité d'abstraction et de généralisation chez l'enfant. *Enfance*, 14(3), 193-200.
- Roux, D. & Olivier, Y. (2001). Les traces écrites des élèves en mathématiques. Rapport de l'inspection générale des mathématiques. MEN
Repéré sur <http://media.education.gouv.fr/file/86/3/6863.pdf>
Consulté le 24/03/2019.
- Rumelhard, G. (2003). Rôle créateur des mathématiques en science de la vie. La pluridisciplinarité dans les enseignements scientifiques ; 1^{er} tome Histoire des sciences. Les actes de la DESCO. Programme national de pilotage, Direction de l'enseignement scolaire. SCEREN, CRDP Basse-Normandie.
- Sagaut, P. (2008). Introduction à la pensée scientifique moderne. *Cours d'Enseignement à l'Université Pierre et Marie Curie, Paris*, 6.
- Schubauer-Leoni, M. L. & Leutenegger, F. (2009). Implicites dans l'étude des processus transpositifs. Comparaison de textes officiels pour l'enseignement des mathématiques et du français dans les premières années de la scolarité. *Questionner l'implicite. Les méthodes de recherches en didactique*, 243-259.
- Sesamath (2009). La démonstration géométrique revisitée avec EXEGEO.
Repéré sur http://revue.sesamath.net/IMG/article_PDF/La-d-monstration-g-om-trique_a207.pdf
Consulté le 3/3/2019.
- Sensevy, G. (2001). Théories de l'action et action du professeur. *Théories de l'action et éducation*, 203-224.
- Sensevy, G. & Mercier, A. (2007). Agir ensemble. L'action conjointe du professeur et des élèves dans le système didactique.
- Shulman, L. S. (1991). Ways of seeing, ways of knowing: Ways of teaching, ways of learning about teaching. *J. Curriculum Studies*, 23(5), 393-395.
- Smith, L. M. & Geoffrey, W. (1968). The Complexities of an Urban Classroom; An Analysis Toward a General Theory of Teaching.
- Slocum, J. (2003). *Tangram: The world's First Puzzle Craze*. Sterling.
- Tardif, J. & Meirieu, P. (1996). Stratégie pour favoriser le transfert des connaissances. *Vie pédagogique*, 98(7), 4-7.
- Tardif, J. (1992). L'enseignement stratégique. *Montréal : Éditions Logiques*.

Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*.
Harvard university press.

8 ANNEXES

Annexe 1 : Normes ICOR

La transcription des entretiens s'est faite selon les normes ICOR (2013) dont on rappelle les règles utilisées (extrait du document du groupe ICAR) :

- Police : courrier taille 10
- Alignement à gauche
- Pas d'usage de tabulation sauf après la notation de l'identité du participant
- Les nombres sont écrits en toutes lettres, pas de chiffre

Signes adoptés	Significations
((un coup de tonnerre retentit))	Événement non attribuable à un participant
j-	Absence d'un ou plusieurs sons, amorce de mot
:	Allongement marquée d'une syllabe
XXX	Segment inaudible dont le nombre de syllabes est identifié incompréhensible
[(inaud.)]	Segment inaudible dont le nombre de syllabes n'est pas identifié
<<((rire))>	Gestes non verbaux (ici des rires)
(.)	Pause dans la voix inférieure à 0,2 secondes
(0.3)	Pause chronométrée dont on connaît la durée
<((rire)) ouais>	Action de parler en faisant un geste non verbal
((00 :38 :41))	Passage non transcrit
((passage non transcrit))	
((0 :52 :22))	
<(rép) il faut>	Répétition d'un même segment
< (en anglais) I go to school>	Alternance de code

Onomatopées, interjections et autres particules utilisées

Ah
Ben
Eh
Hen
Hem
Hm hm
Hum
Machin
Ouais
Pap
Poup
Truc
Waouw

Pour faciliter la lecture et les réponses aux différentes questions, les questions sont rappelées avant la réponse fournie par l'enseignant et les signes de transcription précédents sont facilement repérables car légèrement grisés dans le texte.

Annexe 2 : Tableau des noyaux de sens

Tableau 3.5 : Noyaux de sens

1. L'enseignant et la géométrie	
1.1 Conceptions des enseignants sur la géométrie	Question concernée⁹⁰
1.1.1 Finalité de la géométrie	1.1
1.1.1.1 Se repérer dans l'espace	
1.1.1.2 Apprendre à raisonner	
1.1.1.3 Faire des figures	1.2
1.1.1.4 Reconnaître des figures géométriques	4.3
1.1.1.5 Développer d'autres compétences	
1.1.1.6 Un domaine pour travailler d'autres notions	
1.1.2 À quoi cela sert-il ?	
1.1.2.1 Utilité	
1.1.3 Introduction de la notion en classe	1.4
1.1.3.1 Faire manipuler	
1.1.3.2 En construisant des objets	
1.1.3.3 Par des jeux ludiques	
1.1.3.4 À partir de situation concrètes	1.5
1.1.3.5 Par les arts visuels	
1.1.4 Ce que pense l'enseignant de la géométrie	
1.1.4.1 Sa place dans les programmes	
1.1.5 Ce que pense l'enseignant de la géométrie	
1.1.5.1 Place de la géométrie dans les programmes	
1.1.5.2 La place que leur donne les enseignants dans leur programmation	
1.1.5.3 À propos de la terminologie	
1.1.5.4 Les théorèmes illustrés	
1.1.5.5 Géométrie non repérée versus géométrie repérée	
1.1.5.6 Les points délicats du programme	
1.2 Pratiques déclarées des enseignants sur le triangle	
1.2.1 Introduction de la notion	1.4, 2.1
1.2.1.1 Arts visuels	
1.2.1.2 Par les problèmes	
1.2.1.3 Par des jeux	
1.2.1.4 Les élèves construisent les figures eux-mêmes	2.2
1.2.2 Les supports utilisés	2.3
1.2.2.1 L'usage du papier quadrillé	4.2
1.2.2.2 L'usage du papier blanc	

⁹⁰ À titre indicatif.

<ul style="list-style-type: none"> 1.2.2.3 L'usage du numérique 1.2.2.4 L'usage du tableau 1.2.2.5 L'usage du brouillon 1.2.3 Activité mentale attendue de l'élève <ul style="list-style-type: none"> 1.2.3.1 Les activités mentales en général 1.2.3.2 Transposer d'un langage codé à un autre 1.2.3.3 Diverger 1.2.3.4 Mobiliser une ou des connaissances 1.2.3.5 Planifier 1.2.4 Exigence sur la figure répondant à une consigne <ul style="list-style-type: none"> 1.2.4.1 À propos du terme quelconque 1.2.4.2 L'implicite 	<p>2.5</p> <p>4.4</p> <p>2.4</p>
1.3 Pratique observée	
<ul style="list-style-type: none"> 1.3.1 Sur les figures <ul style="list-style-type: none"> 1.3.1.1 Les figures prototypiques 1.3.1.2 Le codage 1.3.2 Les consignes <ul style="list-style-type: none"> 1.3.2.1 Le terme « déterminer » 	<p>1.3</p>
1.4 Rapport de l'enseignant à la géométrie	
<ul style="list-style-type: none"> 1.4.1 Son vécu en tant qu'élève ou étudiant <ul style="list-style-type: none"> 1.4.1.1 L'enseignant aimait la géométrie 1.4.1.2 L'enseignant n'aimait pas cela 1.4.1.3 L'enseignant a de bons souvenirs de son cours de géométrie 1.4.1.4 L'enseignant rencontrait quelques difficultés avec la géométrie 1.4.2 Son vécu en tant qu'enseignant <ul style="list-style-type: none"> 1.4.2.1 L'enseignant prend plaisir à enseigner la géométrie 1.4.2.2 L'enseignant pense que la géométrie est difficile à enseigner 1.4.3 L'enseignant pense qu'il ne dispose pas d'assez de temps 	<p>5.5</p> <p>5.6</p> <p>1.6</p>

2. L'élève et la géométrie	
2.1 Leur manière d'appréhender la géométrie	À titre indicatif
<ul style="list-style-type: none"> 2.1.1 Sur la réalisation des figures <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1.1 Ceux qui font d'abord les côtés puis les sommets 2.1.1.2 Ceux qui font d'abord les sommets puis les côtés 2.1.1.3 Ceux qui suivent les lignes 2.1.1.4 Ceux qui font des figures particulières 2.1.1.5 Faire un croquis 2.1.2 Leur niveau <ul style="list-style-type: none"> 2.1.2.1 Ceux qui ont de bons résultats 2.1.2.2 Ceux qui ont des difficultés 	<p>4.1</p> <p>3.1</p>

2.1.3 Leurs réussites	3.2
2.1.3.1 Ils parviennent à faire des figures	
2.1.3.2 Ils se repèrent bien dans l'espace	
2.1.3.3 Ils réussissent les démonstrations	
2.1.4 Leurs échecs	3.3
2.1.3.4 Ils n'arrivent pas à faire les figures	
2.1.3.5 Ils ont du mal à se repérer dans l'espace	
2.1.3.6 Ils ne réussissent pas les démonstrations	
2.1.3.7 Les aides apportées	3.4
2.1.4 Les modes de raisonnement	
2.2 la dimension psycho-sociale ou affective	
1.2.1 Certains élèves éprouvent un sentiment de crainte vis-à-vis des mathématiques	
1.2.2 Ceux qui travaillent plus pour anticiper les difficultés	
1.2.3 Ceux qui s'investissent	
1.2.4 Ceux qui ne s'investissent pas	

Annexe 3 : Grille des entretiens semi-directifs avec les enseignants du primaire

ENTRETIEN SEMI-DIRECTIF (PRIMAIRE)

Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un travail de master MEEF dans le parcours Pratiques et Ingénierie de la Formation, parcours réalisé à l'ESPE de Guadeloupe. Il a pour but de mieux comprendre les pratiques des enseignants dans l'enseignement de la géométrie. Je vous remercie du temps que vous m'accordez en répondant à ces questions.

Cet entretien sera retranscrit en respectant l'anonymat de l'enseignant interrogé.

Les premières questions qui vont suivre concernent l'enseignement de la géométrie.

1. Conception des enseignants sur la géométrie et les pratiques déclarées sur son enseignement

Question principale	Exemples de questions de relance	Renseignement cherché	Lien avec les hypothèses
1.1 Selon vous quelle est la finalité de l'enseignement de la géométrie dans les cycles 2 et 3 ?	-Apprendre des connaissances ? -Apprendre à raisonner ? -Vous reportez-vous aux instructions officielles ? (quelle est la place de cet enseignement dans le programme)	Voir les conceptions que possède l'enseignant de la place de l'enseignement de la géométrie	(HP3)
1.2 Selon vous, comment l'enseignement de la géométrie est-il perçu par vos élèves ?	-Quelles sont ses finalités : apprendre des noms de figures, savoir les tracer, raisonner... ? -Quels sont les points délicats que vous constatez ?	Croyances, conceptions des enseignants sur la perception qu'ont les élèves de la géométrie	
1.3 Je vais vous demander une chose a priori étonnante, de dessiner des figures courantes à main levée	1.1.1 Carré 1.1.2 Rectangle 1.1.3 Losange 1.1.4 Triangle 1.1.5 Cercle 1.1.6 Un segment et sa médiatrice	Dessins de figures particulières <i>Remarque : distribuer une feuille blanche avec les noms de figures</i>	(HP1)

1.4 Comment abordez-vous la géométrie avec vos élèves ?	-Parlez-moi des activités en classe : font-elles appel à des exercices ou problèmes « habillés » ? -La figure en jeu est-elle toujours donnée ?	Voir si l'introduction est théorique ou pratique (décrire le monde)	(HP3)
1.5 Prenez-vous des exemples tirés de la vie quotidienne pour illustrer les différentes figures géométriques ?	-Par exemple leur montrez-vous des images de panneaux, de pancartes, de logos... ?	Voir si le lien est fait avec le monde Voir s'il est signalé aux élèves que certaines figures qui sont annoncées comme étant des losanges sont en fait des carrés à des losanges	(HE4)
1.6 Que pensez-vous de l'enseignement de la géométrie ?	-Est-ce facile, difficile ? -Quelles sont les difficultés rencontrées : matérielles, conceptuelles... ?	Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie.	(HP3)

Maintenant, nous allons nous pencher sur une figure particulière : le triangle.

2. Les consignes déclarées du professeur

Question principale	Exemples de questions de relance	Renseignement cherché	Lien avec les hypothèses
2.1 Comment abordez-vous la notion de triangle avec vos élèves ?	-Constatez-vous des difficultés, des confusions entre les différents types de triangles ?	Comprendre le contrat concernant le vocabulaire employé, en particulier sur la notion de triangle quelconque.	(HE4)
2.2 Pensez-vous préférable de laisser les élèves tracer les figures dans les différentes activités ?	-Dans quelles proportions ?	Comprendre le contrat savoir si dans les petites classes les élèves sont entraînés à tracer les triangles répondant à une consigne particulière	(HE4)
2.3 Quel support utilisez-vous en géométrie ?	-Préférez-vous que les figures soient faites sur le cahier, papier blanc, papier quadrillé, document, à l'aide de l'informatique ?	Comprendre les pratiques de l'enseignant concernant le matériel	(HE4)

2.4 Dans une activité concernant le triangle dont la nature n'est pas précisée par l'énoncé, voici deux consignes : « Construire un triangle ABC » et « construire un triangle quelconque ABC » ? À laquelle adhérez-vous ?	-Laquelle utilisez-vous généralement ? -Laquelle vous semble la plus précise, la plus pertinente ? Pensez-vous utile le mot « quelconque » dans cette consigne ?	Déceler ce qui peut constituer une source de difficulté chez l'élève dans la consigne donnée.	
2.5 Quel type d'activité mentale attendez-vous des élèves en géométrie ?	-Avez-vous précisé aux élèves ce qui est attendu ? <i>Remarque : au besoin définir ce qu'est une activité mentale et à donner des exemples.</i>	Comprendre le contrat	

Dans les questions qui suivent, nous allons nous intéresser à l'activité des élèves, aux réussites qu'ils peuvent avoir ou aux difficultés qu'ils rencontrent.

3. Points forts et points faibles des élèves en géométrie

Question principale	Exemples de questions de relance	Renseignement cherché	Lien avec les hypothèses
3.1 Quelle appréciation générale avez-vous du niveau de vos élèves en géométrie ?	-Les résultats sont-ils corrects en géométrie ? -Avez-vous noté des différences de niveau entre élèves, selon les années ?		
3.2 Qu'est-ce que les élèves réussissent le mieux en géométrie ?	-Pouvez-vous donner des exemples ? -Comment valorisez-vous ces réussites ?	Regarder si l'enseignant a un regard critique sur les résultats.	
3.3 Qu'est-ce qui leur pose le plus problème en géométrie ?	-Dans quelle activité ont-ils le plus de difficulté en géométrie ?	Regarder si l'enseignant a un regard critique sur les résultats.	
3.4 Quels remèdes pensez-vous qu'on puisse porter aux difficultés qu'ils rencontrent ?	-Lorsque l'élève passe en classe supérieure avec des difficultés connues en géométrie, pensez-vous que l'enseignant puisse y remédier ?	Avis de l'enseignant sur les difficultés de l'élève et leur devenir	

Dans les questions qui suivent nous allons parler de vos observations sur les pratiques des élèves.

4. Ce que pensent les enseignants à propos des pratiques des élèves

Question principale	Exemples de questions de relance	Renseignement cherché	Lien avec les hypothèses
4.1 Comment s'effectue la construction de figures géométriques ?	-Leur demandez-vous d'utiliser le matériel de géométrie à leur place, au tableau ?	Comprendre le Contrat à propos des consignes (tracé à main levée, à l'aide du matériel de géométrie, au tableau ou à sa place)	(HE4) (HP2)
4.2 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?	-Avez-vous remarqué comment ils dessinent les triangles sur une feuille quadrillée ? -Par exemple, placent-ils les points et ensuite les côtés, ou procèdent-ils d'une autre manière ?	Comprendre le Contrat à propos des consignes	(HE4) (HP2)
4.3 Les élèves parviennent-ils en général à reconnaître les différents triangles ?	-Savent-ils nommer les différents triangles ?		(HE4) (HP2)
4.4 Exigez-vous qu'ils fassent un triangle correspondant à la consigne ou bien acceptez-vous la figure tracée telle quelle ?	-Par exemple acceptez-vous un triangle isocèle s'il est demandé un triangle quelconque ?	Comprendre le Contrat à propos des consignes	(HE4) (HP2)

Nous allons conclure l'entretien sur ces quelques questions qui me permettront de pouvoir affiner mon analyse.

5. Profil de l'enseignant

Question principale	Exemples de questions de relance	Renseignement cherché	Lien avec les hypothèses
5.1 Quel âge avez-vous ?	-C'est juste pour mieux vous situer, pour les statistiques	Influence de l'âge	
5.2 Depuis combien d'années enseignez-vous ?	-Vous avez toujours enseigné ?	Voir l'expérience	
5.3 Dans quel niveau enseignez-vous ?	-Quels niveaux avez-vous eus ?	Connaître l'expérience de l'enseignant	

5.4 Avez-vous toujours enseigné dans ce niveau ?	-Depuis combien de temps enseignez-vous dans ce niveau ?		
5.5 Quels souvenirs gardez-vous de votre cours de géométrie en tant qu'élève et étudiant ?	-Aimiez-vous la géométrie ? -Cela se passait-il bien en géométrie lorsque vous étiez élève ? -Trouviez-vous la géométrie difficile ?	Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie	(HP3)
5.6 Quel est votre ressenti quant à l'enseignement de cette matière ?	-Aimez-vous enseigner la géométrie ?	Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie	(HP3)

Annexe 4 : Verbatims des entretiens semi-directifs avec les enseignants du primaire

Annexe 4.1 : Verbatim enseignant PP1

ENSEIGNANT PP1

(0 :00) Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un travail de master MEEF dans le parcours Pratiques et Ingénierie de la Formation, parcours réalisé à l'ESPE de Guadeloupe. Il a pour but de mieux comprendre les pratiques des enseignants dans l'enseignement de la géométrie. Je te remercie du temps que tu m'accordes en répondant à ces questions.

1. Conception des enseignants sur la géométrie et les pratiques déclarées sur son enseignement

(0 :22) Les premières questions qui vont suivre concernent l'enseignement de la géométrie.

(0 :27) **Question 1.1 Selon toi quelle est la finalité de l'enseignement de la géométrie dans les cycles 2 et 3 ?**

Ah, mon Dieu ! La finalité de la géométrie (01 :19) Pouvoir reproduire des figures déjà, reconnaître des figures (06 :08), se repérer dans l'espace. (03 :26) À mon avis, pour l'instant c'est ce que je vois (03 :19).

(00 :59) **Question 1.2 Selon toi, comment l'enseignement de la géométrie est-il perçu par tes élèves ?**

(01 :05) Alors, (01 :01) au départ, ils ne comprennent pas ce que c'est que la géométrie. Ils n'en voient pas l'utilité. (01 :66) Ils ont beaucoup de mal (.) concernant la reproduction et aussi eh l'orientation lorsqu'il faut tracer des parallèles, des : perpendiculaires (01 :69) et eh : au début, donc ils ont eu beaucoup de mal, (.) mais au fur et à mesure qu'est-ce qu'ils ont remarqué ? Ils ont remarqué que la géométrie était (.) présente au quotidien, dans notre vie, dans l'art, parce qu'il y a beaucoup <(rép) de> d'artistes qui utilisent la géométrie comme art, et aussi eh : dans les objets autour d'eux. Voilà donc c'est souvent maintenant que je prends comme repère au départ quand il s'agit d'une découverte, d'objets utilisés au quotidien. (00 :97) Dans la cuisine, eh : voilà, la nourriture, tout. ((02 :17 :91)) ((passage non transcrit)) ((02 :34 :38)) Alors j'ai essayé aussi de les eh : de dédramatiser aussi la géométrie en utilisant beaucoup de : en pratiquant d'ateliers de tangram, voilà. Donc ils avaient à leur disposition des figures qu'ils devaient reproduire à l'aide de tangram. Ça aussi ça les a beaucoup aidés, les ateliers de tangram.

(02 :59) **Question 1.3 Je vais te demander une chose a priori étonnante, de dessiner des figures courantes à main levée.**

(00 :12) Donc un carré ; (01 :91) avec des côtés égaux normalement ((rire)), un rectangle contenant (00 :75) deux côtés égaux deux-à-deux, voilà. Un losange, alors le losange c'est assez difficile mais bon. Pourquoi c'est difficile le losange, parce que finalement, quand on dessine le losange à main levée, on a tendance à dessiner <((rire)) un carré> tout simplement. Un carré positionné d'une autre manière ; voilà. Le triangle (02 :22) voilà (01 :60), le cercle (03 :43), un segment et sa médiatrice. (03 :69) alors la médiatrice, je peux te dire que je ne vois pas ce que c'est.

(04 :12) **Relance 1.3.1 C'est la droite qui passe par le milieu du segment et qui est perpendiculaire à ce segment.**

Ah ! voilà. (03 :78) perpendiculaire, ça doit donner ça. Voilà. On n'utilise pas le terme « médiatrice », à l'élémentaire, je dis la droite

perpendiculaire. Je dis de dessiner deux droites perpendiculaires. Voilà. Et les élèves savent que deux droites perpendiculaires ce sont deux droites qui se croisent en formant un angle droit. Voilà. Mais on n'utilise pas le terme de médiatrice.

(04 :57) Question 1.4 Comment abordes-tu la géométrie avec tes élèves ?

Ben comme je t'ai dit eh à travers, d'abord des objets, surtout l'art. Je passe beaucoup par l'art parce qu'il y a beaucoup d'artistes qui utilisent l'art. donc reconnaissance de formes géométriques, voilà eh : leurs propriétés, voir comment elles sont constituées, le nombre de côtés, le nombre d'angles, eh : par rapport s'ils sont para-, les côtés sont parallèles, s'ils sont égaux. Voilà comment j'aborde la géométrie.

(05 :35) Question 1.5 Prends-tu des exemples tirés de la vie quotidienne pour illustrer les différentes figures géométriques ?

Oui, oui, tout-à-fait. Par exemple eh : là nous a-, nous avons beaucoup travaillé sur les solides dernièrement et dans les solides il y avait énormément d'objets de la vie quotidienne (.) qui revenaient.

(05 :58) Question 1.6 Que penses-tu de l'enseignement de la géométrie ? est-ce facile, difficile ?

Oui, c'est difficile. C'est difficile parce que eh : (02 :96) ce n'est pas toujours facile de dire aux élèves eh : comment dirais-je ? Ce n'est pas toujours facile (03 :20) de faire comprendre aux élèves cer-, certaines notions de la géométrie. Parce que la géométrie, eh reste abstraite pour eux. Ils ont l'impression que c'est quelque chose d'hyper-difficile parce qu'il faut faire une parallèle, parce qu'il faut être précis, voilà. Donc c'est assez difficile dans un premier temps d'enseigner la géométrie, au départ. Mais une fois que eh on a mis en place le vocabulaire de la géométrie, ce : les élèves commencent à comprendre, OK et : arrivent mieux à se repérer et à dessiner les figures géométriques qu'on leur demande de dessiner, voilà. Le plus difficile pour eux dans eh, dans le, dans l'exercice de la géométrie, c'est le tableau eh : de programmation de construction. La programmation d'une construction, voilà. Donc réaliser une figure à partir de consignes, c'est quelquefois difficile pour eux. Voilà parce que eh : ils ne savent pas toujours par quoi commencer. Pourtant eh à leur stade les consignes sont souvent données dans l'ordre de la construction mais eh quelquefois ils arrivent, ils ont du mal à appliquer leurs connaissances, leur vocabulaire, voilà.

2. Les consignes déclarées du professeur

(07 :58) Maintenant, nous allons nous pencher sur une figure particulière : le triangle.

(08 :02) Question 2.1 Comment abordes-tu la notion de triangle avec tes élèves ?

(05 :04) Comment aborder la notion de triangle ? <((rire)) Ben comme tous les autres, toutes les autres notions> eh bon. On part toujours <(rép) d'une> <(rép) objet familier>, et on : on le décrit. On le décrit et ensuite on donne, on part de cet objet familier pour arriver à appliquer à cet objet le vocabulaire de la géométrie. Voilà.

(08 :46) Question 2.2 Penses-tu préférable de laisser les élèves tracer les figures dans les différentes activités ?

Les laisser tracer les figures, c'est-à-dire ?

(08 :54) Relance 2.2.1 Faire les figures eux-mêmes.

Si pourquoi pas, oui. Il faut qu'ils tracent les figures pour qu'ils réalisent un petit peu, eh : la difficulté. Comment ils doivent s'y prendre. De toutes manières, le tracé eh : il n'est pas eh : comment dirais-je il peut être validé ou ne pas être validé. Il y a plusieurs essais qui sont permis de toutes manières donc il a le droit de se tromper. Donc oui, il me semble qu'il faut laisser eh : les élèves eh dessiner les figures.

(9 :36) Question 2.3 Quels supports utilises-tu en géométrie ?

(01 :28)

(09 :40) Relance 2.3.1 Est-ce du papier quadrillé, du papier blanc ?

Alors au départ, c'est du papier quadrillé. (02 :21) Et lors d'une phase de découverte on utilise du papier quadrillé, mais aussi tout de suite après du : du papier blanc. Voilà, des feuilles blanches. Parce que le papier quadrillé aide beaucoup au départ, mais eh pour pouvoir eh réaliser seul sa figure après sans aide comme on dit, on utilise la feuille blanche avec les instruments de géométrie, et c'est là justement que les élèves doivent montrer s'ils savent utiliser leurs instruments de géométrie pour dessiner les différentes eh pour eh, pour dessiner les différentes figures, voilà.

(10 :34) Question 2.4 Dans une activité concernant le triangle dont la nature n'est pas précisée par l'énoncé, voici deux consignes : « Construire un triangle ABC » et « construire un triangle quelconque ABC » ? À laquelle adhères-tu ?

(04 :75) Ça m'est égal. Je pense qu'on peut donner les deux consignes. Alors dans le cadre de cette consigne eh je travaillerais en groupe, je donnerais une consigne à un groupe et l'autre à l'autre groupe. Et on verrait les résultats et on comparerait les résultats des élèves. Et à ce moment-là on parlerait des différents triangles qui ont été dessinés par les élèves. Voilà.

(11 :25) Relance 2.4.1 Penses-tu utile le mot « quelconque » dans la seconde consigne ?

(01 :84)

(11 :35) Relance 2.4.2 Autrement dit, doit-on le préciser dans une consigne ?

Alors si effectivement on veut arri-, si on veut vraiment un triangle particulier, on peut préciser. Mais si le but c'est de eh : de découvrir les triangles, je pense que ce n'est pas nécessaire de préciser quelconque, et de laisser les élèves dessiner un triangle ; on peut même leur demander à ce moment-là de dessiner < (appui sur le mot) des triangles> au lieu d'un triangle.

(12 :11) Question 2.5 Quel type d'activité mentale attends-tu des élèves en géométrie ?

(12 :15) Relance 2.5.1 Activité mentale comme par exemple : lire l'énoncé, de rappeler d'un exemple similaire.

Alors moi j'exige de mes élèves qu'ils utilisent un vocabulaire géométrique précis. Ça je l'exige de mes élèves. J'ai eh, j'aime aussi que mes élèves réalisent eh des figures à main levée sans être obligé d'utiliser l'instrument de géométrie au départ pour la découverte. Je pense que c'est nécessaire d'utiliser eh le tracé à main levée. Et après pour plus de précisions, alors on lui dit de dessiner sa figure avec un instrument de géométrie. Mais ça permet déjà dès le départ de eh : de ne pas mettre dès le départ une difficulté en plus à l'élève parce qu'on sait effectivement qu'avec les instruments ça fait une difficulté en plus. Mais eh avec l'instrument il réalise que ben la figure est plus nette. (01 :61) elle est mieux tracée, voilà.

3. Points forts et points faibles des élèves en géométrie

(13 :33) Dans les questions qui suivent, nous allons nous intéresser à l'activité des élèves, aux réussites qu'ils peuvent avoir ou aux difficultés qu'ils rencontrent.

(13 :41) **Question 3.1 Quelle appréciation générale as-tu du niveau de tes élèves en géométrie ?**

(03 :97) Oh ! En général, au départ c'est difficile comme je disais par rapport au vocabulaire utilisé, par rapport aux différentes propriétés des figures. Quelquefois qu'ils ont du mal à énumérer, mais au fur et à mesure des années, le niveau quand même s'améliore, pourquoi ? Parce qu'on accorde quand même de plus en plus de place à la géométrie eh au niveau primaire. Parce qu'avant on avait tendance à la délaissier et à : et à favoriser la résolution de problèmes. Mais de plus en plus eh : <(rép) on> eh, de toutes manières il y a des problèmes de géométrie, eh : on utilise de plus en plus différents types de problèmes et dans les différentes matières avec les élèves. Donc eh oui le niveau est : s'améliore.

(14 :51) **Question 3.2 Qu'est-ce que les élèves réussissent le mieux en géométrie ?**

Alors ce qu'ils réussissent le mieux, ce sont les tracés eh des figures eh simples comme le carré, et le rectangle. Au début ils avaient du mal mais eh : non. Le carré et le rectangle ; alors la plus difficile c'est évidemment le losange. Le losange, voilà.

(15 :20) **Question 3.3 Qu'est ce qui leur pose le plus problème ?**

Alors ce qui leur pose le plus problème comme je disais ce n'est pas vraiment le tracé, après c'est eh : comment dirais-je ? C'est <(rép) la> réalisation d'un programme de construction. Quand ils doivent eux-mêmes eh : décider de l'instrument qu'ils ont à choisir, et s-, et à partir d'un début jusqu'à la réalisation finale. C'est ce qui leur pose problème parce que dans le programme de construction, il y a plusieurs propriétés <(rép) qui sont eh :>, comment dirais-je, qui doivent être comprises. Qui doivent être connues des élèves. Et s'ils ne connaissent pas ces différentes propriétés et bien ils ont du mal à construire. Voilà, c'est surtout ça.

4. Ce que pensent les enseignants à propos des pratiques des élèves

(16 :20) Dans les questions qui suivent nous allons parler de vos observations sur les pratiques des élèves.

(16 :26) **Question 4.1 Comment s'effectue la construction de figures géométriques ?**

Alors la construction de figures géométriques s'effectue d'une à partir d'observation de figures ; voilà, en détaillant les différentes propriétés de la figure, et en demandant aux élèves les instruments qui sont nécessaires à la réalisation des différentes étapes de la construction. Et ensuite ben l'élève a droit à plusieurs essais. Une première réalisation à main levée, pour voir à peu près comment il faudra construire, et une deuxième réalisation avec ses instruments. Et c'est là que la difficulté apparaît parce qu'il faut être précis. Voilà, et il faut utiliser le bon instrument.

(17 :26) **Question 4.2 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?**

Alors quelquefois, ils ont du mal eh à se repérer même dans <((rire)) le quadrillage>. Parce que les feuilles millimétrées que l'on utilise d'ailleurs ont eh : ont des tout petits carreaux et des grands carreaux, donc voilà encore une autre difficulté : se repérer dans le quadrillage. Ce n'est pas toujours facile de cont-, <(rép) de> de faire, de compter les nœuds. Voilà pour faire un tracé, eh : comment dirais-je ? un tracé passant par plusieurs points. (06 :88)

(18 :15) Relance 4.2.1 Lorsqu'ils font les figures, ont-ils tendance à placer d'abord les sommets puis les côtés, ou bien procèdent-ils autrement ?

Alors en général, justement, ils ne placent pas les sommets des figures, voilà. Ils se lancent directement dans la réalisation des côtés. C'est ça, alors que c'est vrai que eh de par le tracé qu'ils ont fait déjà à main levée, ils devraient déjà repérer les différents sommets des figures ; ils ne font pas toujours attention à ça et qu'est-ce qu'ils font, ils se lancent directement dans le tracé eh : des côtés. Quelquefois, ils oublient de mesurer aussi, pour savoir quelle mesure il faut appliquer à tel ou tel côté. Il faut leur dire de mesurer. Quelquefois aussi il faut leur faire remarquer que eh si la, l'unité a été donnée, en millimètres, il faut la traduire en centimètres par rapport aux, à l'instrument qu'il utilise qui est le double décimètre. Tous leurs instruments sont en centimètres. Voilà, donc c'est ces petites difficultés quelquefois, eh les conversions, voilà, les conversions de mesures qui apparaissent. Alors eh : on a mené une expérience l'année dernière où on avait donné des figures différentes aux élèves et on leur demandait, c'est-à-dire que les figures avaient été tracées eh, où et on leur demandait de les agrandir. Voilà, alors le problème pour les élèves était de eh pouvoir eh augmenter les dimensions pour pouvoir avoir la même figure en plus grand. Voilà encore un domaine où les élèves ont des difficultés, l'agrandissement de figures. Voilà.

(20 :25) Question 4.3 Les élèves parviennent-ils en général à reconnaître les différents triangles ?

Oui ; les différents triangles tels que le triangle équilatéral qu'on apprend. Le triangle isocèle et le triangle rectangle.

(20.45) Question 4.4 Exiges-tu qu'ils fassent un triangle correspondant à la consigne ou bien acceptes-tu la figure tracée telle quelle ?

Ah ! Si je demande une figure particulière, il faut me donner cette figure. Je n'accepterai pas n'importe laquelle, ça c'est sûr. Si je demande un triangle équilatéral et qu'on me donne un triangle rectangle je ne vais pas l'accepter. Cela veut dire qu'on ne connaît pas les propriétés du triangle, des triangles, des différents triangles. Voilà.

5. Profil de l'enseignant

(21 :15) Nous allons conclure l'entretien sur ces quelques questions qui me permettront de pouvoir affiner mon analyse.

(21 :21) Question 5.1 Quel âge as-tu ?

Cinquante-sept ans.

(21 :24) Question 5.2 Depuis combien d'années enseignes-tu ?

Plus d'une trentaine d'année.

(21 :30) Question 5.4 As-tu toujours enseigné dans ce niveau ?

Non j'ai fait tous les niveaux. De la maternelle au CM2. J'ai commencé à la maternelle, en petite section. Après je suis passée, j'ai fait tous les niveaux de la maternelle. Je suis arrivée au CP ensuite, et je, je suis restée plus, au moins douze ans au CP. Le CP c'était une classe, pour moi une classe merveilleuse. Parce qu'on construisait les savoirs, et eh : on avait des élèves bruts <((rire)) en début d'année comme on dit>, et en fin d'année on avait des élèves indépendants, autonomes, voilà.

(22 :14) Relance 5.4.1 combien d'années en maternelle ?

Je suis restée cinq ans en maternelle, voilà. Après comme je te dis, douze ans au cours préparatoire, et depuis que je suis à ((22 :27 :04)) ((passage non transcrit)) ((22 :27 :36)) alors j'ai enseigné au CM1 et au CM2. Donc je suis passée du CP au CM1. Ensuite j'ai fait la navette avec mes élèves : je prenais mes élèves au CM1 et j'allais au CM2 avec eux. Et depuis deux ans j'expérimente le double niveau CM1-CM2. Donc eh je trouve que c'est une bonne

chose puisque la plupart des élèves ont des difficultés en général et eh : quand eh quand c'est nécessaire, les élè-, les notions de CM1 qui sont étudiées sont revues donc par les CM2. Et ça les conforte dans leur, dans leurs connaissances. Et même chose pour les CM1, l'expérience du CM2 permet aux élèves de CM1 d'être plus attentifs et plus curieux. Et leur permet d'aller de l'avant, d'avoir envie d'aller plus haut. Voilà.

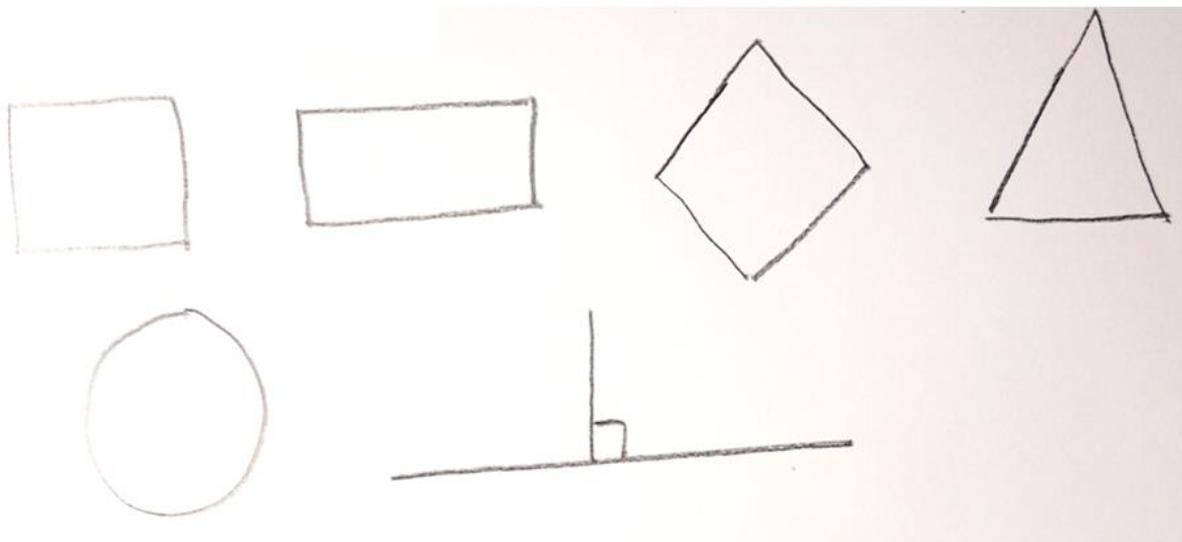
(22 :48) Question 5.5 Quels souvenirs gardes-tu de ton cours de géométrie en tant qu'élève et étudiant ?

C'est très loin, mais aussi loin que je me rappelle, <((rire)) je n'ai jamais aimé la géométrie, parce que justement il fallait toujours utiliser avec précision les instruments>. Voilà, et s'imaginer les figures pour les réaliser.

(24 :14) Question 5.6 Quelle est ton ressenti quant à l'enseignement de la géométrie ?

Alors maintenant je prends plaisir et j'essaie justement de eh <(rép) de> d'intéresser les élèves à cette matière. Parce que (.) en fait, les élèves n'en voient pas l'utilité parce que finalement, on ne résout pas, mais l'année dernière en tous cas ils ont et, quand on a commencé à faire des agrandissements, c'est <(appui sur le mot) là> qu'ils ont vu la difficulté. Ils ont vu finalement que la géométrie ce n'est pas que la géométrie, qu'ils ont besoin d'autres notions de calcul aussi, qui s'appliquent à la géométrie. Parce que comme je leur dis si vous voulez être un bon architecte, un bon dessinateur industriel, il faut savoir dessiner. Et la géométrie donc est la base. <((rire)) Voilà>.

Production de l'enseignant à la question 1.3



Annexe 4.2 : Verbatim enseignant PP2

ENSEIGNANT PP2

(0 :00) Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un travail de master MEEF dans le parcours Pratiques et Ingénierie de la Formation, parcours réalisé à l'ESPE de Guadeloupe. Il a pour but de mieux comprendre les pratiques des enseignants dans l'enseignement de la géométrie. Je vous remercie du temps que vous m'accordez en répondant à ces questions.

1. Conception des enseignants sur la géométrie et les pratiques déclarées sur son enseignement

(0 :22) Les premières questions qui vont suivre concernent l'enseignement de la géométrie.

(0 :26) Question 1.1 Selon vous quelle est la finalité de l'enseignement de la géométrie dans les cycles 3 ?

(02 :10) La finalité ? Eh : c'est déjà de : d'identifier des formes géométriques plus simples, mais en utilisant les instruments, et en étant précis quoi, ce n'est pas juste une reconnaissance visuelle à peu près quoi. Et aussi apprendre à déduire le nom d'une figure à partir d'une description.

(01 :06) Question 1.2 Selon vous, comment l'enseignement de la géométrie est-il perçu par vos élèves ?

Ça dépend des enfants ((rire)). Certains trouvent ça intéressant, amusant, d'autres non. D'autres n'aiment pas. Je pense que c'est lié aux difficultés de : Certains enfants ont des problèmes de l'espace en fait. Et ce n'est pas évident donc ils n'aiment pas trop, pas tous en tous cas. Quand c'est ludique, oui ; si ça passe par des jeux, ça peut être intéressant pour eux, si ce n'est pas des jeux, c'est difficile ((rire)). C'est difficile et ils n'apprécient pas d'utiliser les instruments.

(01 :50) Question 1.3 Je vais vous demander une chose a priori étonnante, de dessiner des figures courantes à main levée.

Alors eh un carré. (03 :89) On pourrait le faire autrement. (04 :34) Un rectangle, (04 :81) un losange. (04 :21) Ensuite le triangle, (02 :95) ensuite le cercle. (02 :78) Un segment et sa médiatrice. (06 :78) ((rire)) [(inaud.)].

(02 :47) Question 1.4 Comment abordez-vous la géométrie avec vos élèves ?

Alors comment j'aborde. Eh : Alors déjà eh : la manipulation. Beaucoup de manipulations. Eh : Des petits jeux, eh : en art visuel, et aussi le classique hein, on est obligé de passer par le classique. Et eh : on passe aussi par l'outil informatique maintenant. Avec le collège, mais c'est encore <((rire)) autre chose.>

(03 :22) Question 1.5 Prenez-vous des exemples tirés de la vie quotidienne pour illustrer les différentes figures géométriques ?

Eh : ça dépend oui ; en art visuel on peut prendre des peintures, on peut prendre eh : on peut aussi prendre les constructions. On fait souvent référence à la classe, la forme- les murs <(rép) des> salles, des bâtiments qui nous entourent et comment c'est utilisé pour la, dans la construction des maisons et tout ça. Des meubles aussi, on retrouve tout ça là-dedans. Donc oui.

(03 :58) Question 1.6 Que pensez-vous de l'enseignement de la géométrie ?

Alors, l'enseignement de la géométrie, je trouve qu'on devrait avoir des ateliers de constructions. Avec les formes pour que ça soit plus concret. Pouvoir utiliser des marteaux, des choses comme ça, mais c'est encore dangereux ((rire)). Eh comment encadrer vingt-et-un élèves, ça aurait été

bien d'avoir une salle avec des outils, des choses des formes et pouvoir construire Eh : en toute sécurité. Moi je trouve que ça serait vraiment intéressant d'avoir vraiment des classes atelier où on vient et il y a quelqu'un avec nous. Quelqu'un qui peut être un menuisier, peut être un : pour faire des petites boîtes, une bibliothèque qui va rentrer dans la classe. Des choses qui vont être utiles dans la classe. Ce ne serait pas juste, il faut que ça soit sur un cycle et il faut que ça soit toute l'année, comme eh, comme si on faisait de l'art visuel, ce serait des constructions. Et eh voilà, moi je trouve que c'est intéressant comme ça.

2. Les consignes déclarées du professeur

(05 :04) Maintenant, nous allons nous pencher sur une figure particulière : le triangle.

(05 :09) Question 2.1 Comment abordez-vous la notion de triangle avec vos élèves ?

Alors triangle. Déjà je passe par les polygones. D'abord eh : triangle c'est un polygone à trois côtés. Eh (02 :96) Déjà décrire, voir qu'est-ce qu'on va décrire. Ensuite eh : essayer de voir où est-ce que je peux trouver des triangles. Où est-ce qu'on retrouve des triangles. Eh : (02 :41). Il y a le tracé aussi, on apprend à tracer les triangles. Et ça demande l'utilisation du compas et ça c'est difficile ((rire)). C'est un apprentissage l'utilisation du compas ; et eh : on peut utiliser (.) sur un support aussi. Passe par le quadrillage, par le papier pointé, ensuite passer au papier blanc et eh : (01 :73), ouais en gros.

(06 :17) Question 2.2 Pensez-vous préférable de laisser les élèves tracer les figures dans les différentes activités ?

Au début oui. Et après à un moment donné on est obligé d'intervenir hein. Parce que : des fois ils sont bloqués donc on est obligé <(rép) de> venir aider. Et à des moments eh : Il y a des enfants qui vont réussir à faire tout seul mais il y en a d'autres il faudra guider. On sera obligé d'aller pas à pas, voilà.

(06 :51) Question 2.3 Quels supports utilisez-vous en géométrie ?

Alors les supports, donc on a eh : des objets, des formes géométriques, ça peut être du bristol pour les formes. On a aussi des petites formes en plastique. On a du papier bien sûr. Le tableau aussi. On a un petit groupe où on peut travailler sur le tableau, l'ardoise aussi, mais c'est plus compliqué pour l'ardoise puisque on ne peut pas utiliser le compas.

(07 :22) Relance 2.3.1 Concernant le cahier, vous utilisez plutôt du papier quadrillé ou du papier blanc ?

J'utilise les deux. J'utilise les deux, je fais coller en fait, le papier blanc. On est obligé d'aller au papier blanc.

(07 :37) Question 2.4 Dans une activité concernant le triangle dont la nature n'est pas précisée par l'énoncé, voici deux consignes : « Construire un triangle ABC » et « construire un triangle quelconque ABC » ? À laquelle adhérez-vous ?

(03 :02) Eh peut-être plus la deuxième puisque c'est plus précis ((rire)). Et qu'on risque eh, dans la première on risque d'avoir toute sorte de triangle en fait. Isocèle, rectangle, équilatéral.

(08 :07) Question 2.5 Quel type d'activité mentale attendez-vous des élèves en géométrie ?

(08 :11) Relance 2.5.1 Activité mentale comme par exemple se rappeler d'un exemple similaire.

Alors (01 :80) moi je pense surtout <(rép) c'est> traduire ce qu'on te demande par rapport au texte. Aller pas à pas, c'est-à-dire on te demande quelque

chose, tu fais ce exactement ce qu'on te demande, tu ne vas pas plus loin. On te demande de tracer un segment, on trace un segment. Et tu n'oublies pas de mettre ce, tu mets tous les indices tous les symboles en fait, c'est ça. Et eh aller pas à pas, c'est chaque eh cons- dans une consigne, dans un programme de construction, t'a plusieurs consignes en fait ; il faut vraiment y aller doucement, des fois même faire à main levée d'abord, pour avoir une idée de ce que je vais faire avant de prendre les outils et pour voir les étapes. Et eh : moi c'est ce que j'attends, tracer étape par étape, traduire le, la consigne en fait.

3. Points forts et points faibles des élèves en géométrie

(09 :13) Dans les questions qui suivent, nous allons nous intéresser à l'activité des élèves, aux réussites qu'ils peuvent avoir ou aux difficultés qu'ils rencontrent.

(09 :20) **Question 3.1 Quelle appréciation générale avez-vous du niveau de vos élèves en géométrie ?**

Ça dépend c'est mitigé. On peut avoir un groupe, sur une vingtaine d'élèves, huit élèves s'en sortent très bien en géométrie. Huit autres faut aider, c'est moyen, c'est vraiment très moyen. Et un autre groupe eh <((rire)) c'est faible> (03 :80).

(09 :51) **Question 3.2 Qu'est-ce que les élèves réussissent le mieux en géométrie ?**

Alors tout dépend, le carré je pense, le carré, le cercle, eh : (03 :27) le triangle s'il est quelconque, s'il n'y a pas de : voilà.

(10 :10) **Question 3.3 Qu'est ce qui leur pose le plus problème ?**

Alors ce qui leur pose problème, déjà, tracer par les diagonales, c'est compliqué. ((rire)) C'est quelque chose de : voilà (.) le quadrillage c'est beaucoup plus simple. Parce que les perpendiculaires sont déjà là. Je pense que le tracé des perpendiculaires sont difficiles, les angles droits (.) eh : je crois que ça leur demande beaucoup intellectuellement, et sur le plan moteur ((rire)). C'est beaucoup de choses en même temps et il faut connaître les leçons, il faut savoir. C'est trois choses à mettre <(rép) en> lien et c'est compliqué parce que ça fait trop d'informations en même temps.

(10 :57) **Question 3.4 Quels remèdes pensez-vous qu'on puisse porter aux difficultés qu'ils rencontrent ?**

Alors, difficultés, c'est beaucoup de travail eh dans l'espace. Dans l'espace avec eh : des formes, peut-être avec des gabarits, eh je ne sais pas, j'avoue que des fois eh ; est-ce qu'il faut répéter les exercices ? Mais est-ce qu'à la fin il reste quelque chose ? C'est ça. Il y en a qui comprennent parce que <(rép) ils ont> une vision de l'espace dans la tête ça va ; il y en a eh, la construction de l'espace dans le cerveau, c'est un peu compliqué ((rire)). J'avoue que je ne sais pas trop, à part eh manipuler, essayer encore, essayer jusqu'à ce qu'on y arrive, je ne vois pas d'autres solutions à part justement des petites constructions pour vraiment peut-être intéresser l'enfant un petit peu plus, voilà je ne vois pas trop.

4. Ce que pensent les enseignants à propos des pratiques des élèves

(12 :05) Dans les questions qui suivent nous allons parler de vos observations sur les pratiques des élèves.

(12 :10) **Question 4.1 Comment s'effectue la construction de figures géométriques ?**

Alors (02 :28) déjà eh si par exemple je ne sais pas moi, si on leur demande de construire <(rép) un> carré, d'arête quatre centimètres, la difficulté c'est de voir que je dois d'abord tracer un premier segment, ensuite faire un angle droit et eh et ensuite la longueur de ce côté. Donc eh la question c'était ?

(12 :44) Relance 4.1.1 Comment s'effectue la construction des figures ?

Moi je trouve que c'est intéressant de leur demander de, d'écrire un programme eux-mêmes, étape par étape, par exemple ils doivent tracer, faire tracer à un autre groupe eh le programme qu'ils auraient écrit ensemble, mais vraiment un programme pas comme ceux des exercices du livre hein, vraiment étape par étape et eux ils essaient. Et si la forme est correcte ça veut dire qu'ils ont réussi. Et inverser, ce genre de jeu je trouve que ça fonctionne bien.

(13 :19) Question 4.2 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

Eh : (02 :07) non. Vous avez certains qui, ça dépend qui, par exemple si on a un quadrilatère à tracer, il y en a qui vont mettre les points, qui vont, il y en a qui vont directement tracer sans mettre de points. Eh il y en a qui ne sont pas très adroits, qui doublent les traits, eh : c'est particulier ((rire)).

(13 :59) Question 4.3 Les élèves parviennent-ils en général à reconnaître les différents triangles ?

Oui, oui.

(14 :08) Question 4.4 Exigez-vous qu'ils fassent un triangle correspondant à la consigne ou bien acceptez-vous la figure tracée telle quelle ?

Je n'ai pas compris la question ((rire)).

(14 :19) Relance 4.4.1 Exigez-vous qu'ils fassent un triangle correspondant à la consigne donnée ou bien acceptez-vous la figure tracée telle quelle, même si elle ne correspond pas à la consigne ?

Ah non il faut que ça corresponde à la consigne. Sinon <(rép) ce n'est pas> réussi. <(rép) On peut> autoriser un millimètre d'écart pour les mesures, mais c'est tout. Et pour les angles quelquefois, un petit degré mais il ne faut pas que ce soit exagéré.

5. Profil de l'enseignant

(14 :53) Nous allons conclure l'entretien sur ces quelques questions qui me permettront de pouvoir affiner mon analyse.

(14 :58) Question 5.1 Quel âge avez-vous ?

Quarante ans

(15 :01) Question 5.2 Depuis combien d'années enseignez-vous ?

Eh je crois que c'est sept ou huit ((rire)). Je ne me rappelle plus.

(15 :08) Question 5.3 Dans quel niveau enseignez-vous ?

CM2.

(15 :11) Question 5.4 Avez-vous toujours enseigné dans ce niveau ?

Non, j'ai fait grande section, CP, CM1,

(15 :20) Relance 5.4.1 combien d'années de grande section à peu près ?

Alors j'ai fait une année de grande section, aussi j'ai fait des remplacements aussi TPS, PS, j'ai fait des chargés, comment on appelle ça ? Des décharges en fait. Une année j'ai fait une décharge petite-section TPS et : j'ai fait aussi eh, ce qu'on appelle la CLAD à l'époque j'ai fait ça la CLAD. J'ai fait ça en décharge.

(15 :52) Relance 5.4.2 Combien d'années en CP ?

CP j'en ai fait une.

(16 :01) Relance 5.4.3 Le reste c'est en CM2 ?

Deux en CM1 eh je crois, si je ne me trompe pas ((16 :08,10)) ((passage non transcrit)) ((16 :05 :26)) et le reste c'est CM2, oui.

(16 :14) Question 5.5 Quels souvenirs gardez-vous de votre cours de géométrie en tant qu'élève et étudiant ?

Alors moi j'aimais la géométrie donc eh. ((rire)) J'ai de bons souvenirs, je n'avais pas de difficulté en géométrie. Donc eh j'avais de bons profs en mathématiques aussi. Il y a ça aussi.

(16 :32) Question 5.6 Quelle est votre ressenti quant à l'enseignement de la géométrie ?

Alors mon ressenti, ce n'est pas facile à enseigner. Et quelquefois on manque de : d'outils ou de, de matériel en fait, et il faudrait une salle dédiée à ça où on a vraiment du matériel. On pourrait utiliser tout [(inaud.)] pour faciliter la tâche parce qu'en général, on est pris par le temps dans ce métier, et eh on peut choisir la facilité alors qu'il y a d'autres manières d'entrer dedans. Mais quelquefois on est pris eh, on est pris par le temps on va aller à ce que nous-mêmes, comme on nous a enseigné alors que ce n'est pas forcément, on sait que ce n'est pas ce qu'il faut faire

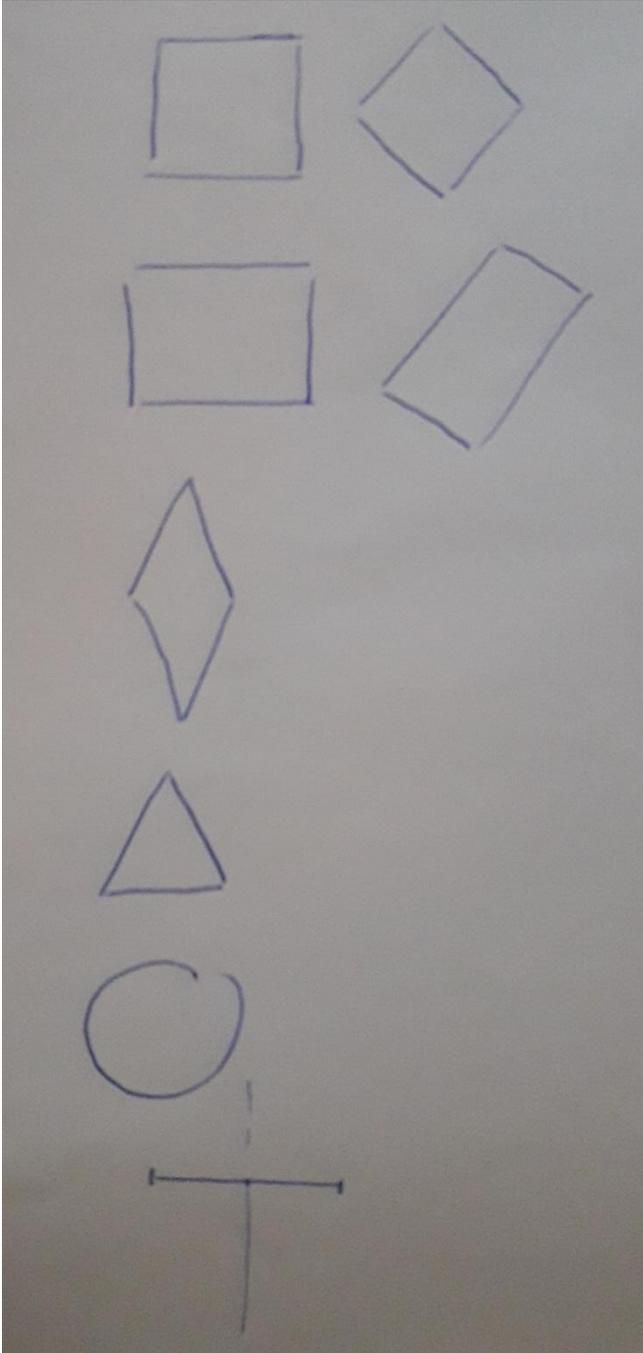
(17 :28) Relance 5.6.1 Est-ce que les élèves ont peur de la géométrie, est ce que c'est quelque chose qui fait peur, qui effraie ?

Pour certains je pense que oui. Parce que s'il n'y a pas de réussite ils en ont peur. Mais quand on rentre par l'art visuel, ils n'en ont pas peur. Ce n'est pas pareil. Parce que là ce n'est pas des mathématiques, ils ont l'impression en tout cas que ce n'est pas des mathématiques, et eh ça passe mieux je trouve et pour tout ce qui est manuel quand on construit des cartes, des choses comme ça je trouve que c'est bien.

(18 :00) Relance 5.6.2 Selon vous cela dépend de la façon dont c'est introduit ?

Et ça demande de prendre le temps. Ça serait bien en fait, bien avant, les enfants aient bien manipulé avant d'arriver au CM2. Parce que la difficulté elle est là aussi. Je sais, on a trop de choses à enseigner mais c'est ça qu'il faut [(inaud.)]. Mais quelqu'un aime la géométrie, c'est sûr qu'il en fera en manipulant et en faisant beaucoup de tout ce qui est art visuel. Moi je trouve que quand on fait des prolongements en art visuel aussi, on peut rentrer dedans, on peut commencer par-là, mais en faisant des prolongements en arts visuel ça donne de l'intérêt aussi puisque j'ai appris voilà, je le réutilise aussi et ça fait de l'automatisme après je trouve que c'est intéressant. Et il y a des fiches qui sont vraiment intéressantes que l'on trouve sur internet. On peut leur donner quand ils ont un petit peu de temps ils aiment bien comme ça quand c'est ludique, oui ils veulent. Mais c'est vrai que quand <((rire)) on rentre par la méthode que nous on nous a enseigné>, là ils en ont peur c'est sûr. C'est sûr.

Production de l'enseignant à la question 1.3



Annexe 5 : Grille des entretiens semi-directifs avec les enseignants de collège et de Lycée

ENTRETIEN SEMI-DIRECTIF (COLLÈGE-LYCÉE)

Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un travail de master MEEF dans le parcours Pratiques et Ingénierie de la Formation, réalisé à l'ESPE de Guadeloupe. Il a pour but de mieux comprendre les pratiques des enseignants dans l'enseignement de la géométrie. Je vous remercie du temps que vous m'accordez en répondant à ces questions.

Cet entretien sera retranscrit en respectant l'anonymat de l'enseignant interrogé.

Les premières questions qui vont suivre concernent l'enseignement de la géométrie.

1. Conception des enseignants sur la géométrie et les pratiques déclarées sur son enseignement

Question principale	Exemples de question de relance	Renseignement cherché	Lien avec les hypothèses
1.1 Selon vous quelle est la finalité de l'enseignement de géométrie au collège et plus particulièrement dans le cycle 4 ?	-Apprendre des connaissances ? -Apprendre à raisonner ? -Vous reportez-vous aux instructions officielles ? (quelle est la place de cet enseignement dans le programme)	Voir les conceptions que possède l'enseignant de la place de l'enseignement de la géométrie	(HP3)
1.2 Selon vous, comment l'enseignement de la géométrie est-il perçu par vos élèves ?	-Quelles sont ses finalités : savoir tracer les figures, apprendre des propriétés, raisonner... ? -Quels sont, selon vous, les points qui leur paraissent délicats ? -Si vous deviez hiérarchiser les thèmes du programme, comment les rangeriez-vous ?	Croyances, conceptions des enseignants sur la perception qu'ont les élèves de la géométrie	
1.3 Je vais vous demander une chose a priori étonnante, de dessiner des figures courantes à main levée	1.3.1 Carré 1.3.2 Rectangle 1.3.3 Losange 1.3.4 Triangle 1.3.5 Cercle 1.3.6 Un segment et sa médiatrice	Dessins de figures particulières <i>Remarque : distribuer une feuille blanche avec les noms de figures</i>	(HP1)

<p>1.4 Comment abordez-vous la géométrie avec vos élèves ?</p>	<p>-Parlez-moi des activités en classe : font-elles appel à des activités, exercices ou problèmes « habillés » ? -La figure en jeu est-elle toujours donnée ?</p>	<p>Voir si l'introduction est théorique ou pratique (décrire le monde)</p>	<p>(HP3)</p>
<p>1.5 Comment vous organisez-vous dans le temps d'enseignement de la géométrie ?</p>	<p>-Au cours de quel trimestre ? -En faites-vous un peu chaque trimestre ? En effet tous les enseignants ou presque « disent ne pas avoir le temps ». - Y a-t-il une partie du programme que vous ne traitez pas faute de temps</p>	<p>Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie.</p>	<p>(HE4)</p>
<p>1.6 Que pensez-vous de l'enseignement de la géométrie ?</p>	<p>-Est-ce facile, difficile ? -Quelles sont les difficultés rencontrées : matérielles, conceptuelles... ?</p>	<p>Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie.</p>	<p>(HP3)</p>
<p>1.7 Prenez-vous des exemples tirés de la vie quotidienne pour illustrer les différentes figures géométriques.</p>	<p>-Par exemple leur montrez-vous des images de panneaux, de pancartes, de logos... ?</p>	<p>Voir si le lien est fait avec le monde Voir s'il est signalé aux élèves que certaines figures qui sont annoncées comme étant des losanges sont en fait des carrés à des losanges</p>	<p>(HP3) (HE5)</p>
<p>1.8 Lorsque vous soumettez un problème de géométrie à vos élèves leur laissez-vous le temps nécessaire pour chercher ?</p>	<p>-Faites-vous la correction avant que tous aient trouvé ? -Faites-vous faire la correction par un élève ? -Pensez-vous disposer d'assez de temps pour la résolution des exercices ?</p>	<p>Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie.</p>	

1.9 Quels sont les éléments qui vous paraissent importants dans la résolution de problèmes en géométrie ?	-Demandez-vous à l'élève de décrire sa méthode ? -Comment leur présentez-vous les différents types de raisonnement ?	Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie.	(HE6)
1.10 Quelle aide apportez-vous aux élèves dans la résolution ?	-Généralement comment prenez-vous en charge la difficulté de l'élève ? -Dans le cas d'une démonstration, comment aidez-vous l'élève ?	Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie.	(HE6)
1.11 Les théorèmes sont-ils accompagnés d'un dessin permettant de les illustrer lorsque c'est possible ?	-Lorsque vous donnez les théorèmes, c'est fait sous forme de texte, ou bien vous les illustrez par un dessin (par exemple comme c'est fait pour le théorème de Pythagore)	Comprendre la nature du contrat avec les élèves sur cette consigne.	(HE6)
1.12 Quels autres éléments relatifs à votre pratique de l'enseignement de la géométrie souhaitez-vous ajouter ?		Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie.	(HE6)

Maintenant, nous allons nous pencher sur une figure particulière : le triangle.

2 Les consignes déclarées du professeur

Question principale	Exemples de question de relance	Renseignement cherché	Lien avec les hypothèses
2.1 Faites-vous des rappels sur les différents triangles ?	-De manière systématique en seconde ? -Occasionnellement dans les autres classes ? -Quand vous êtes appelés à faire ces rappels, comment introduisez-vous cette notion, présentez-vous les différents triangles, insistez-vous sur le côté particulier de certaines figures ?	Comprendre le contrat concernant le vocabulaire employé, en particulier sur la notion de triangle quelconque.	
2.2 Quel(s) support(s) utilisez-vous pour les figures en géométrie ?	-Préférez-vous que les figures soient faites sur le cahier, papier blanc, papier quadrillé, document, à l'aide de l'informatique ?	Comprendre les pratiques de l'enseignant concernant le matériel	(HP2) (HE4)
2.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?	-Avez-vous remarqué comment ils dessinent les triangles sur une feuille quadrillée ? -Par exemple, placent-ils les points et ensuite les côtés, ou procèdent-ils d'une autre manière ?	Comprendre le Contrat à propos des consignes	(HP2) (HE4)
2.4 Dans une activité concernant le triangle dont la nature n'est pas précisée par l'énoncé, voici deux consignes : « Construire un triangle ABC » « construire un triangle quelconque ABC » ? À laquelle adhérez-vous ?	-Laquelle utilisez-vous généralement ? -Laquelle vous semble la plus précise, la plus pertinente ? -Pensez-vous utile le mot « quelconque » dans cette consigne ?	Déceler ce qui peut constituer une source de difficulté chez l'élève dans la consigne donnée.	(HP2) (HE4)

2.5 Quel type d'activité mentale attendez-vous des élèves en géométrie ?	-Avez-vous précisé aux élèves ce qui est attendu ? <i>Remarque : au besoin définir ce qu'est une activité mentale et à donner des exemples.</i>	Comprendre le contrat	(HP2)
2.6 Quel rôle joue, selon vous, le brouillon en particulier en géométrie ?	-Avez-vous observé s'ils utilisent un brouillon pour la figure ? -Utilisent-ils le brouillon dans l'élaboration de leur démarche ?	Comprendre la nature du contrat avec les élèves sur cette consigne.	(HE6)
2.7 Des deux termes « figure » ou « dessin », lequel utilisez-vous ?	Est-ce la même chose pour vous, ou faites-vous une différence entre les deux ?	Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie.	
Lors de la prise de rendez-vous, vous rappelez-vous qu'on avait discuté sur la possibilité de d'analyser un de vos énoncés ? Pouvons-nous procéder à cela maintenant ?			
2.8 Comment s'est effectuée la compréhension de cet énoncé par les élèves ?	-Ont-ils eu des difficultés face à cet énoncé ? -À quel niveau étaient les difficultés ?		(HP3)

Dans les questions qui suivent, nous allons nous intéresser à l'activité des élèves, aux réussites qu'ils peuvent avoir ou aux difficultés qu'ils rencontrent.

3 Points forts et points faibles des élèves en géométrie

Question principale	Exemples de question de relance	Renseignement cherché	Lien avec les hypothèses
3.1 Quelle appréciation générale avez-vous du niveau de vos élèves en géométrie ?	-Les résultats sont-ils corrects en géométrie ? -Avez-vous noté des différences de niveau entre élèves, selon les années ?		
3.2 Qu'est-ce que les élèves réussissent le mieux en géométrie ?	-Pouvez-vous donner des exemples ? -Comment valorisez-vous ces réussites ?	Regarder si l'enseignant a un regard critique sur les résultats.	
3.3 Qu'est-ce qui leur pose le plus problème en géométrie ?	-Dans quelle activité ont-ils le plus de difficulté en géométrie ?	Regarder si l'enseignant a un regard critique sur les résultats.	

3.4 Quels remèdes pensez-vous qu'on puisse porter aux difficultés qu'ils rencontrent ?	-Lorsque l'élève passe en classe supérieure avec des difficultés connues en géométrie, pensez-vous que l'enseignant puisse y remédier ?	Avis de l'enseignant sur les difficultés de l'élève et leur devenir	
--	---	---	--

Dans les questions qui suivent nous allons parler de vos observations sur les pratiques des élèves.

4 Ce que pensent les enseignants des pratiques des élèves

Question principale	Exemples de question de relance	Renseignement cherché	Lien avec les hypothèses
4.1 Quelles compétences du collège vous semblent acquises par les élèves entrant en seconde ?	-Quelles compétences vous semblent acquises en géométrie, en algèbre ?		
4.2 Comment s'effectue les constructions de figures géométriques ?	-Leur demandez-vous d'utiliser le matériel de géométrie à leur place, au tableau ?	Comprendre le Contrat à propos des consignes (tracé à main levée, à l'aide du matériel de géométrie, au tableau ou à sa place)	(HP2) (HE4)
4.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?	-Avez-vous remarqué comment ils dessinent les triangles sur une feuille quadrillée ? -Placent-ils les points et ensuite les côtés ?	Comprendre le Contrat à propos des consignes	(HP2) (HE4)

<p>4.4 Avez-vous remarqué une tendance de vos élèves à faire des figures particulières ?</p>	<p>-Avez-vous remarqué si les élèves font des figures particulières, du genre triangle isocèle, équilatéral ou rectangle lorsqu'il est censé faire un triangle quelconque ? -Quelle est votre attitude face à ces figures particulières : acceptation, demande de refaire ? -L'usage des figures particulières peut-il poser problème ?</p>	<p>Comprendre le Contrat à propos des consignes et savoir si les élèves font des figures stéréotypiques.</p>	<p>(HP2) (HE4)</p>
<p>4.5 Quels sont les modes de raisonnement privilégiés par vos élèves ?</p>	<p>Par exemple : -une énumération des propriétés de la figure tracée ? -le choix d'un exemple particulier ? -utilisation de la dimension spatiale (données numériques) ? -dégagement des propriétés intrinsèques et non particulières à la figure tracée</p>	<p>Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie.</p>	<p>(HP2) (HE4)</p>

Nous allons conclure l'entretien sur ces quelques questions qui me permettront de pouvoir affiner mon analyse.

5 Profil de l'enseignant

Question principale	Exemples de question de relance	Renseignement cherché	Lien avec les hypothèses
<p>5.1 Quel âge avez-vous ?</p>	<p>-C'est juste pour mieux vous situer, pour les statistiques</p>	<p>Influence de l'âge</p>	
<p>5.2 Depuis combien d'années enseignez-vous ?</p>	<p>-Vous avez toujours enseigné ?</p>	<p>Voir l'expérience</p>	
<p>5.3 Dans quel niveau enseignez-vous ?</p>	<p>-Quels niveaux avez-vous eus ?</p>	<p>Connaître l'expérience de l'enseignant</p>	

5.4 Avez-vous toujours enseigné dans ce niveau ?	-Depuis combien de temps enseignez-vous dans ce niveau ?	Connaître l'expérience dans le niveau concerné	
5.5 Quels souvenirs gardez-vous de votre cours de géométrie en tant qu'élève et étudiant ?	-Aimiez-vous la géométrie ? -Cela se passait-il bien en géométrie lorsque vous étiez élève ? -Trouviez-vous la géométrie difficile ?	Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie	(HP3)
5.6 Quel est votre ressenti quant à l'enseignement de cette matière ?	-Aimez-vous enseigner la géométrie ?	Comprendre le rapport de l'enseignant à la géométrie	(HP3)

Annexe 6 : Verbatims des entretiens semi-directifs avec les enseignants de collège

Annexe 6.1 : Verbatim enseignant PC1

ENSEIGNANT PC1

(0 :00) Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un travail de master MEEF dans le parcours Pratiques et Ingénierie de la Formation, réalisé à l'ESPE de Guadeloupe. Il a pour but de mieux comprendre les pratiques des enseignants dans l'enseignement de la géométrie. Je te remercie du temps que tu m'accordes en répondant à ces questions.

1. Conception des enseignants sur la géométrie et les pratiques déclarées sur son enseignement

(0 :17) Les questions qui suivent concernant l'enseignement de la géométrie.
(0 :20) Question 1.1 Quelle est selon toi, la finalité de l'enseignement de géométrie au collège et plus particulièrement dans le cycle 4 ?

(06.04) Alors dans le cycle 4 ça va être eh : selon moi de pouvoir de préparer nos élèves évidemment au lycée mais il faut savoir qu'au cycle 4 on a quand même une bonne partie de nos élèves qui va au lycée professionnel. Et donc il y a une bonne partie de la : géométrie qui est quand même eh : c'est <(rép) une> partie des mathématiques qui a énormément de processus et de protocole, de résolution, d'algorithme de résolution et donc je pense que ça participe beaucoup surtout pour les élèves <(rép) en> difficulté à la structuration de la pensée logique et eh : <(rép) des> processus d'apprentissage. C'est-à-dire peu importe qu'un enfant plus tard sache toujours faire du Pythagore ou pas mais qu'il soit capable de repérer que face à une situation donnée et bien il faut mobiliser certains types <(rép) de> compétences et autres pour après organiser un algorithme de résolution ; ça c'est très important pour la suite quoi.

(1 :34) Question 1.2 Selon toi, comment l'enseignement de la géométrie est-il perçu par tes élèves ?

Hem : alors en début d'année la géométrie c'est en général très mal vu, c'est-à-dire vivement que l'on retourne au calcul parce que les calculs c'est quelque chose qu'on fait depuis qu'on est tout petit, étant donné que l'école primaire c'est le monde des calculs, le collège le monde des : (00.93) des nombres ; et bien de se retrouver balancé à l'intérieur de processus qui eux demandent une réflexion structurée, c'est plus embêtant, on a moins de repère. Et les élèves vont pouvoir commencer à apprécier la géométrie eh : ((02 :13 :14)) ((passage non retranscrit)) ((02 :19 :45)) bon je veux dire les élèves commencent à apprécier. En début d'année c'est une approche un peu : pas formidable du tout et puis au fur et à mesure et bien ils apprécient la géométrie, au contraire ils en redemandent puisque eh : moi j'aime bien porter l'accent sur les processus, d'accord sur les processus de résolution, sur les algorithmes de résolution ; donc à partir du moment ils ont repéré que dans un : dans une situation de géométrie et bien tu as tout un processus que tu mets en œuvre et qui te permet de balayer entièrement <(rép) des> champs entiers de problèmes, des catégories entières de problèmes, tu vas avoir des élèves qui maintenant sont demandeurs parce qu'ils ne sont plus perdus alors que quand on est au niveau de la géométrie de cinquième, à la toute première géométrie sur laquelle on utilise les propriétés, etcétera, et les, si c'est pas forcément enseigné en : avec une phase d'explicitation et de mise en relation avec des processus, et bien tu as des enfants qui sont perdus. Dans les calculs ce n'est pas compliqué ; dans les calculs les processus ils les connaissent. Ils savent qu'on est à la recherche, c'est un monde additif, c'est un monde multiplicatif ; une fois qu'on a repéré ça, ben les calculs ils les connaissent. Les processus et les algorithmes sont enseignés pour tout ce

qui est le monde algébrique depuis l'école primaire qui est assez bonne pour faire passer les algorithmes de résolution et de processus sur la pensée algébrique ; par contre en géométrie, les enseignants du premier degré ont : moins de facilité. C'est un peu plus survolé ce qui fait que les enfants ne sont pas outillés, mais dès que tu les outilles, ça va mieux. ((03 :51 :17)) ((passage non retranscrit)) ((03 :53 :93)).

(3 :54) Question 1.3 Je vais te demander quelque chose à priori étonnante, je vais te demander de dessiner un carré, un rectangle, un losange, un triangle, un cercle et sa médiatrice.

Les figures qui sont sur la feuille ? <(rép) aie> C'est pour me casser les pieds que tu fais ça, non ? Un rectangle, qu'est-ce que tu veux comme rectangle ? Un cercle ? Ah ça va être une patate hen. Un segment et sa médiatrice (02.45) allez on va faire ça.

(4 :49) Question 1.4 Comment abordes-tu la géométrie avec tes élèves ?

((04 :52 :94)) ((passage non retranscrit)) ((05 :01 :52)) Eh : Comment j'aborde la géométrie ? Et bien en général avec des situations problèmes. On essaie de : quand on tourne autour de, que ce soit la trigonométrie ou <(rép) les> théorèmes classiques, on est à la recherche des invariants, en faisant des espèces de petits jeux d'accord. Eh : et puis une fois qu'on a mis en place les, ces petits invariants et bien après, j'essaie assez rapidement de modéliser la situation et passer à la situ- à la mise en place <(rép) des> processus qui leur permettront de se repérer facilement.

(5 :36) Relance 1.4.1 La figure en jeu est-elle toujours donnée ?

Non pas forcément non. Eh il est important pour les élèves de, par contre il y a quelque chose qui est obligatoire : la figure en jeu pas toujours donnée mais par contre il n'y a pas de géométrie sans croquis. Donc ça veut qu'à partir du moment où on est en train de faire quelque chose et qu'ils ont repéré que c'est une situation géométrique, parce que je ne vais pas forcément le dire, (.), dès qu'ils ont repéré que c'est une situation de géométrie, en numéro un c'est faire un croquis.

(6 :04) Question 1.5 Comment t'organises-tu dans le temps pour l'enseignement de la géométrie, c'est-à-dire à quel moment pratiquement fais-tu de la géométrie dans l'année ?

Ah, c'est toute l'année, (01.53) toute l'année.

(6 :17) Relance 1.5.1 Y a-t-il une partie du programme que tu ne traites pas faute de temps ?

Moi je n'espère pas ! Normalement Non. (01.79) Mais enfin cette année ça va peut-être être particulier, <((rire)) je suis particulièrement en mode stress> et me rendre compte que le troisième trimestre va durer un mois et demie, ça me fait un peu flipper ; donc j'espère que je ne vais pas rater des trucs mais je ne sais pas.

(6 :38) Question 1.6 Et que penses-tu de l'enseignement de la géométrie ?

(02.72) Comment ça ?

(6 :44) Relance 1.6.1 Est-ce facile, difficile ? Quelles sont les difficultés rencontrées ?

Ah : eh : Ben ça peut être intéressant. Je pense que tu peux eh : Alors moi je trouve cela plutôt eh : pas très compliqué à enseigner, d'accord. Ça passe assez bien avec les élèves, mais je pense que c'est quelque chose qui pose problème quand tu discutes avec les collègues, je pense que ce n'est pas facile pour tout le monde. Parce que si tu restes scotché après ton manuel eh : la vie doit être compliquée, comme on dit.

(7 :16) Question 1.7 Prends-tu des exemples tirés de la vie quotidienne pour illustrer les différentes figures géométriques ?

Oui. <((rire)) ça dépend de la période, c'est carnaval, je m'inspire de choses qu'on a croisé ici>, non ? Peu importe.

(7 :30) Question 1.8 Lorsque tu soumetts un problème de géométrie aux élèves est-ce que tu leur laisses le temps de chercher ?

Oui et en même temps eh : le temps d'appropriation, il y en a un mais on ne va pas non plus eh : je ne vais pas les laisser bloquer. C'est-à-dire que eh : le, ce qui est intrinsèquement ancré chez les élèves c'est que la géométrie ce n'est pas facile et on ne va pas y arriver, donc je ne les laisse pas planter trop longtemps. Autrement dit on a le temps de démarrer, de chercher, mais quand je sais qu'ils ne sont pas encore outillés, c'est-à-dire quand on est en train de démarrer quelque chose, et ben on fait des petits break, c'est-à-dire de temps en temps, on s'arrête pap et on essaie de repérer les bonnes idées des autres pour essayer d'avancer, pas tous ensemble parce qu'évidemment ils ont : les niveaux sont tous différents mais on ne reste pas bloqué ; je ne veux pas qu'ils restent cinq, dix minutes comme cela face au truc parce que sinon, ben de nouveau va s'ancrer en eux le fait que c'est pas facile, alors que si on fait des petits break et puis on met en place au tableau sur une partie parallèle : le minimum de ce qu'on peut faire, on commence par faire ça, ensuite on fait le codage, ensuite on repère telle chose, etcétera, et ben ils ont des choses à faire et par conséquent on n'est pas devant la feuille blanche ; parce que ça sinon association géométrie dure-blanc, ça ne marche pas.

(8 :49) Relance 1.8.1 Fais-tu la correction avant que tous aient trouvé ?

<(rép) Ouais>, le but ce n'est pas forcément que tout le monde ait trouvé, le but c'est que tout le monde ait commencé à chercher les choses et que tous sachent vers quoi on s'oriente et puis ceux qui sont coincés, eh : il est intéressant, alors ça dépend, ça je te dis cela, ça dépend en même temps. Eh : ça dépend parce que si c'est dans une période où on est en train de construire les choses, oui. Je ne veux pas que eh : attendre que tout le monde ait fini et que ça prenne des plombes, mais par contre quand après ce sont des séances eh : d'entraînement, d'accord, quand on fait des séances d'entraînement autour de la géométrie, et ben eh : attendre que tout le monde ait fini, oui ! Mais on est quand même obligé de faire la correction au tableau parce qu'il y a une petite table à côté de mon bureau, ils se déplacent, ils viennent me voir et il y en a d'autres, ils s'apprêtent à venir me voir, je leur demande et c'est pour l'exercice 1, 2, 3 oui ; tu as réussi, oui et bien tu ne viens pas me voir puisque je sais que c'est bon. Et par contre tu t'intéresses au suivant. Donc eh : c'est variable.

(9.52) Relance 1.8.2 Fais-tu faire la correction par un élève ?

<(rép) Parfois>, ce n'est pas obligatoire. Je ne suis pas convaincu de la plus-value systématique d'envoyer un élève. Eh : ça veut dire que tout le monde, chez les autres on a le droit maintenant d'être en pause, puisqu'il y en a un qui est choisi, tous les autres c'est <(anglais) yes !>, donc c'est très variable. Il n'y a pas, en tous cas il n'y a pas de règle. Parce que comme cela il n'y a pas trop de repères.

(10 :15) Relance 1.8.3 Penses-tu disposer d'assez de temps pour la résolution des exercices ?

Non, (.) c'est pour cela que j'ai opté depuis maintenant trois ans à j'ai opté pour l'utilisation de la plateforme Kwyk. Ce qui fait que je dématérialise et je déplace hors de la place le bachotage. Et eh tout ce qui nécessite eh : bien l'identification, alors il n'y a pas de situation problème dans Kwyk, il n'y a pas de eh : il n'y a pas de situation structurée, ce sont des réponses et des QCM, enfin je veux dire c'est, (.) ce n'est pas formidable, mais tout ce qui est bachotage, je l'externalise de la classe parce que, c'est clair et net on n'a plus vraiment beaucoup de temps avec les élèves.

(10 :57) Question 1.9 Quels sont les éléments qui te paraissent importants dans la résolution d'un problème ?

Hm Ben l'identification des modèles, d'accord ; il faut être capable de leur, (.) alors en géométrie il faut être capable pour l'élève d'identifier quels sont les modèles et les comment <(rép) les> outils qu'ils vont identifier, et donc pour pouvoir les identifier, eh : on fait un travail sur hum : ((11 :29 :17)) ((passage non retranscrit)) ((11 :35 :97)) ce qui est important je te dis ce sont les modèles à identifier, les outils à organiser, et pour ce faire, on s'entraîne avec les élèves sur des sujets qui ne sont pas forcément bien compréhensibles par tous. Eh : on a fait ça beaucoup avec le DNB pro, tu sais les élèves de pro et en fin de compte, il y avait, on a pris des énoncés dans lesquels il y avait un mot comme, je ne sais pas des « portes busquées » et des « l'amont », « l'aval » etcétera, et on a demandé aux élèves de nous dire tous les mots qu'ils ne connaissaient pas. Et en fin de compte après au tableau, au vidéoprojecteur on les a mis en noir et on s'est aperçu que l'élève sur un énoncé de problème à par les articles et deux verbes et bien ils ne comprenaient pas tous les mots de l'énoncé, ils ne comprenaient pas les mots. Et malgré ça on a regardé, on a essayé d'outiller les élèves pour leur montrer qu'on pouvait quand même faire l'exercice. Ah oui c'est du charabia, mais par contre quelle est la question c'était la longueur de la porte et la porte était identifiable, à partir du moment où on a trouvé la porte dans quel type de triangle elle est puisqu'au collège on travaille que sur des triangles ; à partir du moment où tu as trouvé le triangle, tu en fais le croquis à côté, tu l'externalise, et puis tu t'aperçois en dix secondes en ayant mis l'angle droit et les deux longueurs qu'on t'a donnée, mais c'est du Pythagore. Conclusion tu sais faire. Par contre si tu te mets à vouloir comprendre tout l'énoncé, tu n'arriveras pas, les mots tu ne les comprends pas. Donc c'est les outiller comme cela, c'est face à un milieu hostile, c'est quel est le modèle géométrique présent, en faire le croquis mais simplifié, c'est-à-dire si on te parle que de la longueur $[AB]$ et qu'il y a dix-mille droites qui se croisent, $[AB]$ il est dans quoi, un carré, un triangle, un rectangle ? Tu ne reproduis que cela avec les informations et à partir de là tu réponds à la question et en général ils identifient quasiment tous, même les élèves, c'est ce qu'on leur dit, un élève qui ne sait pas faire, (.) moi j'ai des élèves qui ne savent, certains toujours pas faire Pythagore, mais par contre ils sont capables de dire dans un exercice complexe que l'exercice un est un croquis alors que la situation est complexe et que l'exercice un est une situation de Pythagore et que pour pouvoir calculer la longueur on va calculer la longueur de l'hypoténuse et ensuite ils ne le font pas parce qu'ils ne savent pas faire, les calculs ils n'y arrivent pas. Et ça, ben on les outille en quelque sorte, là c'est ce qu'on disait tout-à-l'heure, pour la vie plus tard d'un élève qui ira certainement en professionnel, si plus tard il est capable d'identifier un problème, et quel type de solution y apporter mais que lui n'est pas capable de le faire, puisque c'est un système électrique, mais il sait que c'est là le problème, et que c'est un problème de ce type-là, alors il va le dire au patron qui enverra la bonne personne pour corriger le problème. On a gagné énormément de temps et ça [(inaud.)] fait quand même malgré le fait que cet élève-là ne sera pas forcément compétent jusqu'au bout pour résoudre un problème, mais l'identification d'un problème est quelque chose d'important.

(14 :20) Question 1.10 Quelle aide apportes-tu aux élèves dans la résolution ?

Dans la résolution ? ((14 :24 :69)) ((passage non transcrit)) ((14 :28 :96)) alors dans la résolution, ben c'est ce que j'étais en train de te raconter, c'est-à-dire c'est eh : tout cet outillage de eh la procédure permettant de dire ben voilà, tu es dans une situation, est-ce que tu as fait tes- est-ce que tu as identifié quelle était la question, est-ce que tu as identifié quel est le mo- <(rép) le> schéma ou le croquis

dans lequel on fonctionne, est-ce que tu as ensuite identifié et donc en mettant en place cette procédure, ben ça les aide énormément, tu en as très peu qui vous- t'arrive pas les eh : au moins démarrer. Après tu as des enfants pour lesquels eh : à l'école primaire où : depuis toujours, eh : la multiplication, la division, là ce n'est pas ancré, non c'est autre chose mais ça ne les empêche pas, n'empêche, de reconnaître que c'est une situation de Thalès et qu'on va [(inaud)] le triangle ; ils ne savent pas le faire. Mais bon. Donc c'est eh : la- l'aide se fait par rapport aux procédures quoi.

(15 :14) Question 1.11 Les théorèmes sont-ils accompagnés d'un dessin permettant de les illustrer lorsque c'est possible ?

Eh : oui ((rire)) (02.36)

(15 :23) Question 1.12 Quels autres éléments relatifs à ta pratique de l'enseignement de la géométrie souhaites-tu ajouter ?

Eh : ben ce que je souhaite ajouter c'est l'utilisation du numérique qui est quelque chose de : hum comment dirais-je ? (01.17) Compliqué (.) dans la mesure où certaines années eh : moi ça fait un moment quand même qui je suis dans le même établissement, eh : un petit peu plus de vingt ans, et par conséquent eh : il y a eu des années où on était (.) mal équipé mais pas trop mal ; donc on y allait de temps en temps régulièrement (.) mas ce n'était pas loin de c'que- j'estimerai eh : suffisant, mais ça permettait eh : d'ouvrir aux élèves un champ de possible et puis une vision de la géométrie qui est quand même nettement plus importante. Là maintenant j'ai un, j'ai en poste dans l'éta- dans ma classe un vidéoprojecteur, c'est bien mais ce n'est pas eux qui font quoi. (00.73) Et eh : on a les tablettes, mais les tablettes ça a été un grand coup de marketing là, on sait très bien qu'une tablette ce n'est pas un ordinateur donc ça fait des choses mais pas tout. Ça ne les fait pas aussi bien et puis ce n'est pas aussi pratique. Il faut que tu arrives à modéliser deux choses, c'est-à-dire dans la tablette il faut que tu arrives à comprendre comment <(rép) elle> fonctionne, comment tu vas utiliser tes doigts, pour pouvoir ensuite utiliser l'outil de géométrie qui est lui-même un outil de modélisation où tu as des gamins ça fait trop d'étapes [(inaud.)] ils n'y arriveront pas. Quand tu étais juste avec la souris et que maintenant le programme il marche dès le début, il est clair ça allait mieux. Donc moi je dirais, à ajouter dans la géométrie c'est un accès on espère prochainement, plus facilité aux outils numériques eh : d'explicitation de modélisation mais ce n'est pas encore cas. (01.12) ((17 :06 :41)) ((passage non transcrit)) ((17 :08 :12))

2. Les consignes déclarées du professeur

(17 :08) Nous allons maintenant nous pencher sur une figure particulière : le triangle

(17 :12) Question 2.1 Quand tu fais le programme de géométrie, fais-tu des rappels sur les différents triangles ?

Ouais, mais en fin : ouais. <(rép) ouais> sachant que : globalement ce qui est primordiale pour un : (.) <(rép) si> bien sûr. Mais le triangle le plus important pour un : enfant de cycle quatre c'est le triangle rectangle. Après les autres oui bien sûr, mais de toutes façons quand ils devront les traiter ils les décomposeront quoi. (.) On reviendra toujours au triangle rectangle. (01.08)

(17 :38) Question 2.2 Quel(s) support(s) utilises-tu pour les figures en géométrie ?

Eh : (01.15) Ya un truc que je voulais essayer, mais que c'est <(rép) j'ai> pas fait. Ben enfin bon. Qu'est-ce que j'utilise ?

(17.52) Relance 2.2.1 Préfères-tu que les figures soient faites sur le cahier, papier blanc, papier quadrillé, à l'aide de l'informatique ?

Alors principalement les élèves ont des quadrillages à petits carreaux pour leur faciliter la vie, ne pas oublier que moi j'ai hein, pratiquement que des : troisièmes donc des troisièmes ça veut dire qu'on travaille essentiellement sur des croquis. On fait très peu de figures eh : Peu importe globalement, on travaille que essentiellement sur des croquis mais sinon, pour ne pas perdre du temps avec eh : faut vraiment qu'ils arrivent à faire la petite passerelle entre la géométrie instrumentée et la géométrie : cette fois-ci eh : ((18 :26 :66)) ((passage non transcrit)) ((18 :34 :24))Et eh : celle avec laquelle on va travailler essentiellement sur les propriétés et par conséquent eh : on essaie de se décrocher un peu de : eh : (03.14) de la figure autre que le croquis. (00.70) Bien qu'il y ait des enfants encore qui sont en grande difficulté pour lesquels on n'est pas sur le même cycle ; j'ai des élèves pour lesquels on travaille encore sur le cycle trois. Ben eux ils font de la géométrie instrumentée sur du papier quadrillé ou non suivant les situations ça peut être du quadrillage isométrique de temps en temps

(19.04) Question 2.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

Non c'est ce que je te dis. On essaie de beaucoup travailler sur eh : <(rép) le but> c'est de les faire passer sur le croquis. C'est-à-dire sur les : on utilise les propriétés. Que ton triangle il soit rectangle eh : je m'en fiche à partir du moment tu as mis un angle droit, il est rectangle.

(19 :28) Question 2.4 Dans une activité concernant le triangle dont la nature n'est pas précisée par l'énoncé, voici deux consignes : « Construire un triangle ABC » et « construire un triangle quelconque ABC » ? À laquelle adhères-tu ?

(04.3)

(19 :43) Relance 2.4.1 « Construire un triangle ABC » et « construire un triangle quelconque ABC »

<(rép) Oui> j'ai bien compris. J'essaie de voir ce que j'ai tendance à dire (02.10) eh : (01.45) J'aurais tendance à dire quelconque mais en réalité je m'en fiche un peu. (00.92) C'est-à-dire qu'à partir du moment où on a : ce qui m'intéresse, moi c'est : le : (01.06) les réflexes et les comment ? comment [(inaud.)] tout-à-l 'heure au niveau de l'outillage, c'est-à-dire que les élèves à partir du moment où tu leur propose quelque chose qui est si peu clair, eh : ils doivent spontanément poser une question. (00.75) Donc eh : si je mets un : ABC un triangle (01.15) [(inaud.)] alors soit on est suffisamment : (00.83) on a suffisamment développé de situations usuelles qui dans laquelle bon ben voilà on va le dire, mais je pense que plutôt que je dirais quelconque, et si je ne le dis pas, ben eh : j'attends qu'il y ait un retour pour me dire <((imitation)) il est comment ?> Si on n'a rien dit à votre avis, ouais donc c'est pour l'interaction

(20 :48) Question 2.5 Quel type d'activité mentale attends-tu des élèves en géométrie ?

<(rép) Hen> Alors ça c'est : Ah je te dis, l'activité mentale minimale c'est <(rép) le :> les processus <(rép) les> <(rép) le> comment, le protocole de résolution dont je te parlais c'est-à-dire être capable d'identifier le modèle sous-jacent à un problème donné, dans quel type de figure on est, <(rép) etcétera>. Ça c'est le minimum du minimum. Et puis après eh : les, la petite activité mentale ben c'est par exemple si je te demande hen : ça c'est hen, on peut les retrouver les activités mentales sous forme de questions flash. Si je te dis justement on parlait tout-à-l 'heure de triangle quelconque, si tu as un triangle équilatéral tu dois être capable de m'en faire un croquis dans la seconde et de me le coder. (00.59) dans ta tête (.) il y a des associations comme ça faire, c'est -à-dire qu'un triangle ou un rectangle ou n'importe quoi, ce n'est pas un carré de papier que j'ai découpé quoi. C'est un objet géométrique avec tout

un tas de propriétés et ça <(rép) elles> doivent être visibles très rapidement. Et puis après eh : aussi par exemple comme activité mentale, ben de me dire que : par exemple Pythagore ben c'est un théorème qui parle d'aire et non pas un théorème qui parle de longueurs au départ. [(inaud.)] De savoir un peu sur quel type de grandeur, dans quel type de grandeur on fonctionne.

(22 :21) Question 2.6 Quel rôle joue, selon toi, le brouillon en particulier en géométrie ?

Ben : c'est important dans la mesure où je t'ai dit, le plus important pour eux c'est de fonctionner sur (01.31) eh : les : les croquis, les essais enfin je veux dire <(rép) faut> tester des choses quoi. Se tromper, peu importe au contraire même. (.) Mais surtout pas ne rien faire.

(22 :44) Question 2.7 Des deux termes « figure » ou « dessin », lequel utilises-tu ?

Alors figure (.) dessin moins souvent. On peut parler d'un dessin à partir de : si on parle d'un dessin, je ne sais pas ça va être eh : Kandinsky [(inaud.)] Ya un tableau, le gars a fait un dessin, à partir de ce dessin-là eh quel type de figure géométrique on va pouvoir retrouver dedans quoi ?

(23 :06) Lors de la prise de rendez-vous, tu te rappelles-vous qu'on avait discuté sur la possibilité de d'analyser un de tes énoncés ? Pouvons-nous procéder à cela maintenant ?

(23 :13) Question 2.8 Quel était ton objectif dans cet exercice ?

L'enseignant n'a pas fourni d'énoncé

((rire)) ((23 :14 :40)) ((passage non transcrit)) ((23 :28 :99))

3. Points forts et points faibles des élèves en géométrie.

(23 :28) Dans les questions qui suivent, nous allons nous intéresser à l'activité des élèves, aux réussites qu'ils peuvent avoir ou aux difficultés qu'ils rencontrent.

(23 :36) Question 3.1 Quelle appréciation générale as-tu du niveau de tes élèves en géométrie ?

Quelle appréciation générale ? (00.98) Hein : qu'est-ce que je peux te dire ? (04.63) Ben généralement je pense que ça va quand même. C'est pas mal. Mais évidemment en général m'embête un peu dans la mesure où : mes élèves ne sont pas généraux. C'est-à-dire que : j'ai des profils différents : alors j'en ai qui étaient bons et qui maintenant sont très bons, j'en ai qui étaient moyens et qui maintenant sont plutôt bien, et j'en ai qui n'avaient rien compris du tout et qui maintenant ont moins peur. Donc je dirai que c'est pas mal. Mais eh : <((rire)) celui qui a moins peur, ce n'est pas encore bon quoi. Il a juste moins peur, avant il ne faisait rien. Maintenant il a moins peur.>

(24 :24) Question 3.2 Qu'est-ce que les élèves réussissent le mieux en géométrie ?

Eh : (10.79) Ben je dirai que par les temps qui courent avec <(rép) le manque de> qu'on a tu sais un peu pour bachoter des choses ils réussissent à peu près bien tout. Le problème c'est qu'au bout d'un moment eh : ils oublient. Donc globalement eh quand on est sur la trigonométrie ben ils s'en sortent, bien qu'après ils ont du mal un peu avec l'utilisation de : leur calculatrice, mais sinon ils s'en sortent bien, ça va ils savent à peu près comment on trouve les cosinus, sinus, tangente n'y a pas de soucis. Quand tu après, tu fais les fonctions affines, machin, etcétéra il faut tracer eh : ils y arrivent. Quand on fait Thalès, Pythagore etcétéra mais ben ils y arrivent. et puis ben après parce qu'il faut continuer à avancer et que tu as beau faire ça de façon spiralee tu ne vas pas faire des boucles en permanence toutes les semaines, tu n'as pas le temps. Eh : ben au bout d'un moment ils oublient. Donc eh : [(inaud.)] je dirais à peu près ce que-

, à peu près tout ce qui y a à proposer, mais ils l'oublient vite. (.) Et ça, ça < ((appui sur le mot)) m'embête>. Évidemment je parlais tout-à-l'heure du profil des élèves, (00.90) tous n'oublient pas (00.90) ah certains oui, le fait de revenir tous les mois ou des trucs comme ça sur les choses ben ça leur suffit, il y en a d'autres non il faudra revenir un peu plus souvent. (.) Et ben moi je n'ai pas le temps.

(25 :50) Question 3.3 Qu'est-ce qui leur pose le plus problème en géométrie ?

(03.43) Alors pour les élèves qui sont en difficulté, (01.32) ça va être eh : (00.82) eh : en troisième, <(rép) la> géométrie eh : <(rép) et> vraiment connecté avec l'analyse, c'est-à-dire que : tu ne restes pas juste sur de la géométrie. La géométrie, tu vas terminer sur eh : après eh : des fractions avec Thalès ; tu vas jouer dans les racines carrées etcétera, et ben alors c'est <(rép) le changement de cadre> alors ils y arrivent jusqu'à la formule eh : trouver les : expressions, etcétera ça va, et puis ensuite, ben ceux qui ont des difficultés qui se sentent un peu plus ancrés dans plusieurs champs, ben le fait de changer de cadre, et de : (.) ben après de passer d'une situation géométrique après on rentre dans totalement calculatoire, on perd quelques-uns en route quoi.

(26 :50) Questions 3.4 Quels remèdes penses-tu qu'on puisse porter aux difficultés qu'ils rencontrent ?

((26 :54 :83)) ((passage non transcrit)) ((27 :01 :55)) Eh : quelles difficultés et ben eh : faudrait eh je pense capable de (03.91) [(inaud.)] peut-être <(rép) plus> régulier à côté d'eux. (.) C'est-à-dire que comme je disais tout à l'heure, on court en permanence, eh : le programme nous bouscule un peu, on a quand même eh : on a beau dire ce qu'on veut on a moins d'heure pour faire à peu près les mêmes choses donc eh soit on : est plus : raisonnable, mais raisonnable dans le terme eh tu vois ? (02.04) On en demande moins. (01.00) et : c'est dommage parce qu'il y en a plein qui peuvent faire quand même. Et donc pour les aider ben il suffit d'être un petit peu plus avec eux. Quand tu es un petit peu plus avec eux que tu as un peu plus de temps à leur consacrer, quand tu veux- tu as plus de séances dans lesquelles eh : eh : tu peux les faire travailler sur ce qui leur pose problème alors ils posent des questions. Et au tableau, vous voulez bosser sur quoi ? Moi je veux faire un peu de trigo, moi je veux faire un peu de Pythagore, je veux faire un peu de ceci, et puis <(rép) poup> tu distribues tout ça et chacun fait ses petites affaires. Et puis surtout ils viennent te voir toutes les dix secondes, mais eh : alors après il y a évidemment le : comme ce sont des îlots ils fonctionnent par tutorat, c'est-à-dire que tu viens me voir quand tu veux mais à partir du moment où tu t'es mis d'accord avec ta voisine quoi. (.) Tu dois d'abord en discuter avec ton voisin et ta voisine. Si tous les deux vous ne savez pas faire alors bien sûr vous venez me voir. On ne reste pas sans savoir-faire. Mais si <(rép) elle> sait un petit peu mieux que toi, d'abord elle t'explique puis ensuite tu viens me voir. (.) Donc là oui, tous ces éléments-là ça aide mais on en fait pas assez.

4. Ce que pensent les enseignants des pratiques des élèves

(28 :35) Dans les questions qui suivent nous allons parler de vos observations sur les pratiques des élèves.

(28 :42) Question 4.1 Quelles compétences du collègue te semblent acquises par les élèves entrant en seconde ?

<((baille)) Oh : ben alors là c'est ce que je t'ai dit, on a tendance à avoir de jolis petits poissons rouges> Donc il y en a certains à mon avis eh : ben ce n'est pas compliqué hein ; eh : comme moi je côtoie les collègues qui sont au lycée, j'en ai ils viennent me dire, c'est formidable, ils sont super tes élèves ils savent faire plein de trucs. (00.95) Dix minutes plus tard tu rencontres le deuxième prof qui dit <((rire)) et <(rép) mais> ils

n'ont rien fait ce n'est pas possible.> Et ben voilà, qu'est-ce qu'il pense avoir fait ? Ben ça dépend vachement des profils. Étant donné qu'ils ont tous fait tout ce qu'il fallait faire mais qu'ensuite ben eh il y en a qui l'ont fait tranquille ou qui sont restés dans le mode de fonctionnement qui est souvent celui du collège sur lequel tu travailles sur une notion puis tu passes à une autre, etcétera, en formatant le disque pratiquement à chaque fois. Eh : alors j'essaie de ne pas faire ça, c'est-à-dire que systématiquement poser des questions sur <(rép) tout> le temps. Ça les bouscule un peu mais eh : ouais, qu'est-ce qu'ils semblent avoir bien fait ? Ça dépend des profils, certains à peu près tout (.) d'autres (.) à peu près la moitié de tout (.) puis d'autres (.) tu te demandes s'ils étaient présents ((rire)).

(30 :00) Question 4.2 Comment s'effectuent les constructions de figures géométriques ?

Eh : Alors ben il y a double commande. <(rép) Quand> ce sont-ils [(inaud.)] je n'en fais pas beaucoup hein. Je n'en fais pas beaucoup parce que je veux vraiment passer à l'abstraction et au croquis. Mais quand de temps en temps j'en demande, alors ben il y a construction avec les, construction instrumentée (.) et ensuite à la maison faut me le refaire sur support numérique.

(30 :26) question 4.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

[(inaud.)] ((rire)) Eh : <(rép) mais non !> Parce que quand ils utilisent le quadrillage qu'est-ce qu'ils font ? Ils suivent les lignes. D'accord donc c'est plutôt des fon-, c'est plutôt des, c'est <(rép) des> figures prototypiques que tu vas retrouver.

(30 :51) Relance 4.3.1 Placent-ils les sommets d'abord et ensuite les côtés ?

(03.91) Alors les : en général les élèves ils préfèrent (.) quand ils ont une long-, un segment de longueur AB (02.90), hein pour nous c'est le trait qui est important. (01.65) Et donc c'est quelque chose eh : auquel il faut revenir ; c'est pour cela que je préfère les croquis, (.) où les croquis ben c'est justement les propriétés, les sommets, les propriétés de ces sommets etcétera qui sont importantes, (.) parce que sinon sur le reste ce sont les traits. Quand tu as tracé un trait, quand ensuite l'autre tu l'as mis selon les lignes du cahier perpendiculaires tu as une succession de traits, ben ça ne veut pas dire que ça fait une figure. (00.79) et eh : les sommets ben non évidemment parce que quand tu fais des traits tu as des quatre centimètres, tu en voulais pour quatre centimètres, je t'ai tracé un truc qui fait quatre. Alors qu'en réalité nous ce qui nous intéresse c'est l'ensemble des points compris entre A et B et [(inaud.)] et ben on n'en est pas là du tout. Alors que sur un croquis, justement (01.33) ben ce sont les propriétés qui sont intéressantes. (00.53) Donc oui, ce n'est pas en même temps, ça dépend. Une fois que les enfants ont bien fonctionné eh : toujours pareil, une famille d'enfants, il y en a qui savent faire.

(32 :03) Question 4.4 As-tu remarqué une tendance de tes élèves à faire des figures particulières ?

(03.03) Ben oui bien sûr. Tu vas retrouver ça chez les élèves eh : chez les élèves qui ont des difficultés. (01.00) Ah : les élèves qui sont en difficulté systématiquement <(rép) des> figures prototypiques. Ça doit s'approcher des lignes du cahier etcétera. Et en même temps eh : comme là on est sur des procé- des procédures de résolution et autre, de temps en temps (.) je laisse faire, ce n'est pas très grave. Mais eh : (00.51) au tableau et dans ce que je leur demande de faire au niveau des croquis, il n'y a jamais de droit, il n'y a jamais un truc droit, ils sont tous tordus, ils sont tous couchés, ils sont tous en biais (00.32) parce qu'en fin de compte eh : un carré ce n'est pas un truc eh : (00.48) deux côtés horizontaux

et les deux autres verticaux, si (00.91) un carré (.). Il peut et justement vaut mieux qu'il soit crochu pour t'aider à chercher ses propriétés.

(23 :03) Question 4.5 Quels sont les modes de raisonnement privilégiés par les élèves ?

(02.49) Un raisonnement court. (01.48) d'accord (.) tu vas retrouver eh : (04.06) tu vas avoir bon des déductions, ça c'est sûr. (03.96) Hem : (01.05)

(33 :28) Relance 4.5.1 Est-ce que tu as des élèves qui se contentent d'une énumération des propriétés de la figure au lieu de rentrer dans la démonstration même, ou l'emploi d'exemples particuliers pour après en faire une généralité ?

Très peu, <(rép) très peu>. (01.03) Parce que justement (.) quand tu systématises un mode de fonctionnement, (01.06) eh : <(rép) tu es à la :> recherche de l'outil. Donc en fin de compte pour eux <(rép) c'est> la recherche permanente de l'outil. Des fois ils peuvent se tromper d'outils mais ils se trompent de l'outil entre eh : entre le théorème et sa réciproque, mais donc c'est à la recherche de l'outil. Donc eh : je n'ai pas, alors je crois que tu vas retrouver ça mais ça fait longtemps que je n'ai pas eu de petits hein, je pense que c'est quelque chose que tu vas retrouver parce que je l'avais à l'époque quand j'avais des plus petits, oui où on va te faire la liste complète de toutes les caractéristiques d'une figure. Qu'est-ce qui permet de dire que c'est un vrai angle, que c'est un carré ou je ne sais quoi, alors et <(rép) pap> t'as droit à leur dictionnaire complet alors que ça n'a rien à voir avec la figure.

(34 :27) Relance 4.5.2 Est-ce que tu as des élèves qui utilisent la dimension spatiale, c'est-à-dire que pour faire une démonstration, ils utilisent les mesures sur la figure ?

Ben comme je te disais assez peu. Assez peu dans la mesure où on travaille eh : Alors si quand tu utilises <(rép) le> quand tu fais quand tu es dans une situation conjecture sur le numérique, oui. (01.16) Là ils peuvent aller à la recherche de. (00.99) Là c'est de l'observation. Mais sinon sur du croquis, non.

5. Profil de l'enseignant

(35 :01) Nous allons conclure l'entretien sur ces quelques questions qui me permettront de pouvoir affiner mon analyse.

(35 :08) Question 5.1 Quel âge as-tu ?

Quel âge as-tu ; ben je n'en sais rien je suis tellement vieux maintenant ! Eh : faut que je calcule on est en deux-mille machin : quarante-sept.

(35 :21) Question 5.2 Depuis combien d'années enseignes-tu ?

(02.16) Eh : je ne sais plus. Eh : tout <(rép) depuis> la sortie de la fac quoi. (00.80) Je ne sais pas ça va faire vingt : (02.97) vingt-cinq je dirais vingt-six dans ces eaux-là.

(... ..) Question 5.3 Dans quel niveau enseignes-tu ?

Cette question n'a pas été posée.

(35 :40) Question 5.4 As-tu toujours enseigné dans ce niveau ?

Non (01.37) J'ai fait le lycée (01.10) collège, lycée, collège (00.90) en ensuite collège tout le temps.

(35 :54) Question 5.5 Quels souvenirs gardes-tu de tes cours de géométrie en tant qu'élève et étudiant ?

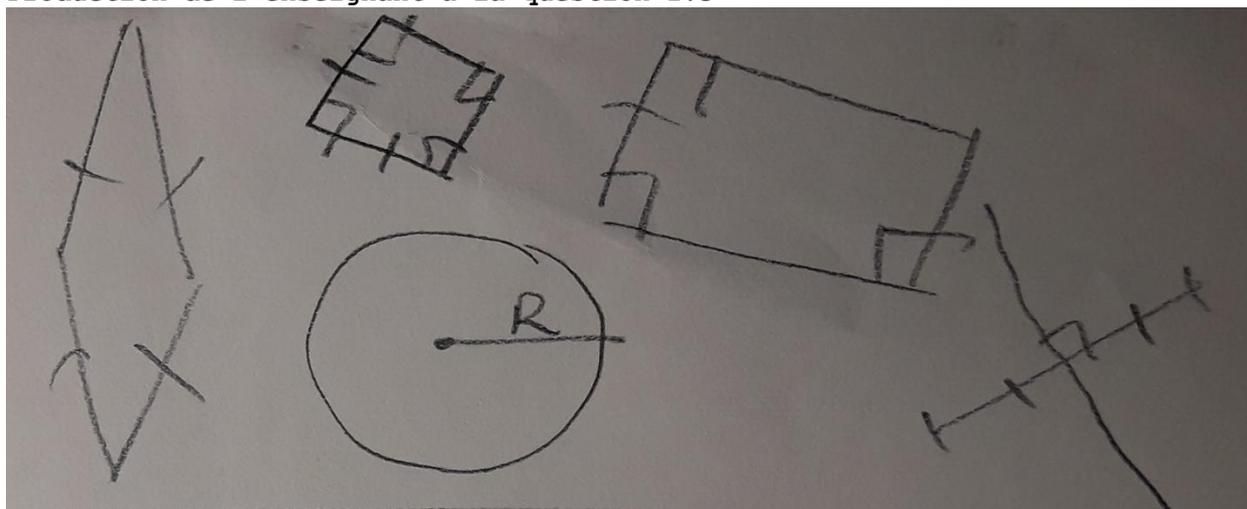
(05.16) Alors géométrie élève eh : au début je n'aimais pas. Comme c'était de la géométrie déductive avec les propriétés pures là, la géométrie vraiment de la géométrie on va dire : la géométrie sérieuse comme on en fait en cinquième eh : celle-là eh : élève j'avais du mal parce que

justement tu, on est en manque ; il faut beaucoup d'intuition, il faut beaucoup de : eh : de situations (.) de références pour pouvoir se débrouiller, (.) et eh donc c'est très difficile d'avoir des processus de résolution. À partir du moment où c'est devenu la géométrie analytique eh : j'ai trouvé cela super parce que c'est (00.72) hyper (00.93) protocolaire, autrement dit eh : tu en as fait un, tu en as fait dix donc le douzième ça sera pareil, quoi.

(36 :49) Question 5.6 Quel est ton ressenti quant à l'enseignement de cette matière ?

(01.84) ((36 :55 :25)) ((passage non transcrit)) ((37 :06 :46)) ((rire))
L'enseignement de la géométrie eh : (03.06) Ben je ne sais pas où on va. (.) Je ne sais pas où on va, je pense que : on : Il y a des choses qui sont faites dans les programmes avec des modifications de programmes avec parfois tu vois que eh : ceux qui les ont écrits ils n'ont pas forcément les mêmes intentions, quoi. C'est-à-dire que de temps en temps tu vois des éléments tu vois bien la continuité jusqu'au lycée etcétera, au supérieur, tu vois le fil directeur etcétera. Et puis de temps en temps tu as quelque chose et puis après tiens pour ça disparaît et puis après ça réapparaît et puis tu as l'impression qu'il y a eu négociation quoi. Ah non on ne va pas faire quand même partir ça, il faut quand même en laisser. Et eh : donc eh : ça pourrait être certainement amélioré ouais. Et puis requestionner maintenant avec l'arrivée des nouveaux outils, de la programmation et compagnie, je pense que c'est pareil ; il y a des choses qu'il faudra (01.28) faut certainement rester attentif.

Production de l'enseignant à la question 1.3



Annexe 6.2 : Verbatim enseignant PC2

ENSEIGNANT PC2

(0 :00) Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un travail de master MEEF dans le parcours Pratiques et Ingénierie de la Formation, réalisé à l'ESPE de Guadeloupe. Il a pour but de mieux comprendre les pratiques des enseignants dans l'enseignement de la géométrie. Je te remercie du temps que tu m'accorde en répondant à ces questions.

1. Conception des enseignants sur la géométrie et les pratiques déclarées sur son enseignement

(0 :17) **Les questions qui suivent concernant l'enseignement de la géométrie.**
(0 :21) **Question 1.1 Quelle est selon toi, la finalité de l'enseignement de géométrie au collège et plus particulièrement dans le cycle 4 ?**

(04.48) Je pense que l'objectif principal c'est la réflexion. Eh <(rép) arriver à> argumenter. Arriver eh à utiliser des hypothèses pour avoir une conclusion. Et <(rép) même pas> la géométrie en elle-même mais un cheminement pour structurer la pensée.

(00 :57) **Question 1.2 Selon toi, comment l'enseignement de la géométrie est-il perçu par tes élèves ?**

Une grosse difficulté, eh <(rép) surtout lorsqu'il s'agit> ((01 :07 :86)) ((passage non transcrit)) ((01 :12 :02)) de représenter en trois dimensions, se représenter en trois dimensions, certaines choses, certaines formes, ils ont du mal. À partir du moment où c'est la géométrie plane, ça va encore, sans démonstration, mais les démonstrations <(rép) sont> compliquées pour eux. C'est tou-, il y a toujours des freins, pour eux <(rép) c'est long> de démontrer, et toujours mettre ah ! madame tout ça ! et ils ne voient pas trop l'intérêt (05.20).

(01 :52) **Question 1.3 Je vais te demander quelque chose à priori étonnante, je vais te demander de dessiner un carré, un rectangle, un losange, un triangle, un cercle et sa médiatrice.**

(44.48)

(02 :45) **Question 1.4 Comment abordes-tu la géométrie avec tes élèves ?**

Alors je vérifie les connaissances. Alors <(rép) c'est> un peu là ; ça dépend du niveau, en cinquième ? En cinquième je vérifie leur niveau déjà en leur posant des questions, en vérifiant ce qu'ils ont fait au cycle trois ; heim : j'ai du mal à répondre à cette question parce que c'est tellement large. Par exemple la façon dont je vais aborder Pythagore, qui plutôt est axé sur la démonstration, ou le théorème de Thalès, ne va pas être la même <(rép) que> je ne sais pas, les inégalités triangulaires, ou eh : les représentations de quadrilatères donc c'est avec une activité que j'essaie de faire une activité manipulatrice mais bon ce n'est pas toujours le cas. Heim : quand même assez rarement pour aborder avec geogebra. En général, c'est plutôt en cours de séquence que j'utilise le logiciel de géométrie mais eh : oui avec une activité. <((rire)) je ne sais pas si j'ai répondu à la question>.

(04 :10) **Question 1.5 Comment t'organises-tu dans le temps pour l'enseignement de la géométrie, c'est-à-dire à quel moment pratiquement fais-tu de la géométrie dans l'année ?**

Eh : j'en fais un peu pendant toute l'année ; j'essaie en utilisant la progression, d'alterner eh : organisation et gestion de données en amont. Donc ça va être nombres et calculs, géométrie, peut-être eh on va dire pour, de façon grosso modo on va dire deux nombres et calculs, un organisation et gestion de données, deux géométries. En gros c'est ça.

(04 :44) Question 1.6 Et que penses-tu de l'enseignement de la géométrie ?

Ah du point de vue du professeur ? Heim : à mon sens c'est quelque chose qui prend beaucoup de temps, qui fait que je fais beaucoup de travail à la maison. <(rép) Parce que> en classe, la différenciation est vraiment compliquée. Certains n'arrivent pas à se représenter les choses. Eh d'autres au niveau de la démonstration ont du mal ; pour certains c'est vraiment eh facile, du coup je fais, j'essaie de raccourcir un peu les séances en classe et faire, j'essaie même avec les troisièmes de faire un peu de classe inversée en géométrie mais <((rire)) ce n'est pas facile, je débute>. Eh : mais c'est quelque chose qui prend vraiment beaucoup de temps, surtout eh : surtout que les élèves eux-mêmes n'accrochent pas toujours <(rép) à> la partie explication, démonstration et tout ça ; eux ils aiment bien peut-être représenter, faire de jolis dessins, mais eh : lorsqu'il faut expliquer ils ne comprennent pas trop l'intérêt. Donc j'essaie de leur faire faire ça quand même, mais c'est un combat.

(05 :56) Question 1.7 Prends-tu des exemples tirés de la vie quotidienne pour illustrer les différentes figures géométriques ?

Oui dans, plutôt dans la, <(rép) l'introduction> de nouvelles figures ou alors pour réactiver certaines notions, oui on utilise, je leur demande d'ailleurs d'essayer de ramener des objets de chez eux ou de me montrer autour d'eux. Je fais ça oui.

(06 :21) Question 1.8 Lorsque tu soumetts un problème de géométrie aux élèves est-ce que tu leur laisses le temps de chercher ?

Eh : sincèrement je ne trouve pas assez. Parce que : en fait là c'est encore un souci de différenciation. Là, il y a des moments où les élèves sont vraiment bloqués et : j'ai du mal avec cette partie-là parce que les élèves <(rép) sont> bloqués, sans, en leur donnant des petites pistes, déjà eh : ils sont presque en train de trouver la solution alors que du coup, finalement si je les laisse un petit peu chercher on, sur une classe, on va dire de vingt-cinq, il y en a sept qui vont vraiment jouer le jeu, et d'autres qui vont rapidement abandonner, donc j'essaie de les motiver mais je trouve que ce n'est pas nécessaire ; je cherche encore <(rép) les> idées pour qu'ils puissent arriver à vraiment chercher, arriver à se débloquer tout seuls <(rép) sur> la durée.

(07 :16) Question 1.9 Quels sont les éléments qui te paraissent importants dans la résolution d'un problème ?

Eh : comprendre <(rép) comment> démontrer, ce qui est nécessaire, à quoi ça sert de démontrer et de bien expliquer. Eh : la maîtrise de la langue française aussi. Et puis avoir eh : avoir les notions lorsqu'on est <(rép) en> cinquième, avoir <(rép) bien> appuyé toutes les bases de cycle trois et ensuite en troisième [(inaud.)] surtout de cinquième, vraiment oui de cinquième, parce que là j'ai beaucoup de troisième qui n'arrivent pas à faire certaines choses parce que pour eux eh : ce qu'on a fait en cinquième ce n'est pas très important. Donc ça les bloque après lorsqu'il faut démontrer certaines choses.

(08 :05) Question 1.10 Quelle aide apportes-tu aux élèves dans la résolution ?

Heim : parfois ça va, ça peut être des modèles. Lorsqu'il s'agit encore de Thalès, Pythagore eh pour les démonstrations je, j'essaie de leur montrer sans que ce soit vraiment cadré, trop cadré mais <(rép) de> leur montrer comment on fait, eh : comment est-ce qu'on rédige. Après lorsqu'il s'agit de problèmes un petit peu plus complexes là j'essaie de voir, je ne sais pas si c'est vraiment une aide <((rire))> mais de faire ceux qui ont bien réussi essayer d'expliquer à ceux qui ont du mal, enfin du tutorat, et puis moi-même leur apporter des petites pistes, leur dire par exemple tiens le

triangle est rectangle, est-ce que ça ne te rappelle pas quelque chose eh : <(rép) ça> dépend vraiment de l'exercice et du problème.

(09 :02) Question 1.11 Les théorèmes sont-ils accompagnés d'un dessin permettant de les illustrer lorsque c'est possible ?

Oui, je pense eh tout le temps ((rire)) Je dis lorsque c'est possible ; j'ai l'impression qu'ils sont toujours accompagnés <(rép) d'un> dessin parce que pour moi la géométrie ça va avec le visuel de toutes façons. Donc oui, oui.

(9 :24) Question 1.12 Quels autres éléments relatifs à ta pratique de l'enseignement de la géométrie souhaites-tu ajouter ?

Heim : (02.96) ma pratique de la géométrie en début de cycle j'essaie de la faire, de l'associer à : comment dire ? D'associer le programme à des événements comme peut-être le carnaval, essayer de rendre un petit peu tout ça un petit peu plus ludique. Parce que vraiment au début du cycle, ils ne voient vraiment pas trop l'intérêt et puis eh : donc voilà. Si on doit parler de ma pratique, eh : j'essaie d'utiliser un petit peu le numérique donc les différents logiciels et applications qu'on a sur les tablettes, et eh : les faire manipuler quand je peux. Quand je peux, <((rire)) quand j'ai des idées>.

2. Les consignes déclarées du professeur

(10 :24) Nous allons maintenant nous pencher sur une figure particulière : le triangle

(10 :28) Question 2.1 Quand tu fais le programme de géométrie, fais-tu des rappels sur les différents triangles ?

Oui, tout le temps.

(10 :33) Question 2.2 Quel(s) support(s) utilises-tu pour les figures en géométrie ?

Eh : tous les supports, papier, numérique, eh : qu'est-ce qui existe encore ?

(10 :44) Relance 2.2.1 Préfères-tu que les figures soient faites sur le cahier, papier blanc, papier quadrillé ?

Ah d'accord c'était ça plutôt papier blanc, ça dépend. Non au début souvent papier quadrillé oui, (.) mais eh en fin de séquence, papier blanc.

(11.03) Question 2.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

Non, lorsqu'ils ont les feuilles quadrillées ils utilisent très peu l'équerre. Ils se contentent d'une règle, ils ne mesurent pas toujours. Si par exemple ils doivent faire un triangle isocèle, ils vont juste compter les carreaux. Eh : voilà c'est pour ça que en général, même quand je fais les évaluations, je leur fais faire les figures au dos sur une partie blanche pour vérifier quand même qu'ils savent utiliser les instruments.

(11 :34) Question 2.4 Dans une activité concernant le triangle dont la nature n'est pas précisée par l'énoncé, voici deux consignes : « Construire un triangle ABC » et « construire un triangle quelconque ABC » ? À laquelle adhères-tu ?

(06.84) Eh : j'adhère aux deux ; ça dépend vraiment de ce que l'on recherche ((rire)). Eh : je pense que j'aurai plutôt mis construire un triangle quelconque ABC pour être sûre que les élèves ne soient pas orientés par un triangle isocèle ou équilatéral ou rectangle. Eh : mais parfois on s'en moque en fait ((rire)). <(rép) Ça dépend> de l'énoncé.

(12 :19) Question 2.5 Quel type d'activité mentale attends-tu des élèves en géométrie ?

Heim : eh : le calcul mental, ça compte ? On fait un peu de calcul mental, je trouve que c'est important de savoir avec certaines figures, je ne sais pas, inégalité triangulaire avec eh : uniquement oralement pouvoir dire si un triangle est constructible sans passer par les instruments, la règle etcétera. Eh : expliquer aux camarades aussi lorsqu'il y a un élève qui a bien compris, j'essaie de <(rép) faire> retranscrire à la classe ce qu'il a compris, ce qu'il a fait, son raisonnement justement pour qu'il puisse s'habituer à démontrer et à raisonner en expliquant parce que le but c'est que les autres comprennent eh : dans une démonstration.

(13 :19) Question 2.6 Quel rôle joue, selon toi, le brouillon en particulier en géométrie ?

Eh : le brouillon permet, je pense déjà, de visualiser (.) lorsqu'on a un énoncé et qu'on parle d'une figure. Je pense qu'il n'est pas nécessaire à chaque fois de la construire avec les instruments. Donc ça permet déjà de faire une figure à main levée pour visualiser eh l'objet. Eh : puis faire des calculs <(rép) si> besoin. Il n'a pas forcément besoin de brouillon pour faire des calculs, plutôt représenter chercher aussi eh : <(rép) chercher> lorsqu'on ne sait pas dans quelle direction aller. Souvent en cycle 4 on sait où on va <((rire))> mais bon. Ça peut servir pour ça, pour chercher>.

(14 :04) Question 2.7 Des deux termes « figure » ou « dessin », lequel utilises-tu ?

Figure.

3. Points forts et points faibles des élèves en géométrie.

(14 :13) Dans les questions qui suivent, nous allons nous intéresser à l'activité des élèves, aux réussites qu'ils peuvent avoir ou aux difficultés qu'ils rencontrent.

(14 :20) Question 3.1 Quelle appréciation générale as-tu du niveau de tes élèves en géométrie ?

Générale ? Heim <((rire)) je veux dire faible>. Eh : oui de façon très générale hétérogène. Hétérogène mais avec beaucoup d'élèves faibles en géométrie, (.) eh : qui n'arrivent pas forcément à passer du concept du problème à la résolution après ; parce que pour eux il n'y a pas forcément toujours tous les automatismes eh : qu'ils peuvent avoir en calcul. Heim voilà. Et eh les élèves que j'ai actuellement, ce serait <(rép) plutôt> <((rire)) faible>.

(15 :05) Question 3.2 Qu'est-ce que les élèves réussissent le mieux en géométrie ?

Heim : qu'est-ce qu'ils réussissent le mieux ? j'hésite. ((rire)) ((15 :20 :55)) ((passage non transcrit)) ((15 :32 :48)) Eh : le théorème de Pythagore en troisième je pense que je leur ai tellement rabâché que finalement ça devient assez basic et sinon <(rép) pas> les représentations en tous cas. Ça eh : surtout en classe il y a beaucoup de problèmes de manipulation des élèves qui ne savent pas toujours mesurer les angles (.) donc eh : (.) oui je pense que ce qu'ils réussissent ce serait peut-être les démonstrations mais qui sont <(appui sur le mot) guidées>.

(16 :07) Question 3.3 Qu'est-ce qui leur pose le plus problème en géométrie ?

Heim : les problèmes ouverts de géométrie, puisqu'il y a une question qui est assez courte, eh : une question de recherche courte. Eh : dans un problème complexe qui fait appel à <(rép) plusieurs> notions, plusieurs propriétés ensemble.

(16 :31) Questions 3.4 Quels remèdes penses-tu qu'on puisse porter aux difficultés qu'ils rencontrent ?

Je pense plus d'individualisation. Moi ce qui me manque c'est le temps par rapport à mon nombre d'élèves donc si j'avais des petites séances en demi-groupe, ce qui n'est pas le cas, lorsque j'en avais, je trouve, j'arrivais plus à avancer justement <(rép) sur> la géométrie ; on faisait d'ailleurs plus de géométrie dans ces moments-là. Des petits groupes de dix, quinze élèves grand maximum, eh : <(rép) ça> nous permet de travailler et de les faire progresser.

4. Ce que pensent les enseignants des pratiques des élèves

(17 :13) Dans les questions qui suivent nous allons parler de vos observations sur les pratiques des élèves.

(17 :18) Question 4.1 Quelles compétences du collège te semblent acquises par les élèves entrant en seconde ?

Eh : de façon générale, compétences eh : mathématiques ? la compétence <((rire)) calculer à la calculatrice>. Eh : la compétence calculer. On parle des six compétences, hein c'est bien ça ? je pense oui que c'est la compétence la plus acquise. Eh : modéliser non, raisonner pas trop, représenter. Je pense quand même qu'en cycle, oui fin de cycle 4 la compétence représenter est maîtrisée. Je dirais calculer et représenter.

(18 :05) Question 4.2 Comment s'effectuent les constructions de figures géométriques ?

Eh : dans ma classe ? (04.66) je ne comprends pas trop la question.

(18 :18) Relance 4.2.1 C'est-à-dire leur demandes-tu d'utiliser le matériel de géométrie, fais-tu à leur place, au tableau ?

Ah d'accord. Eh : non ils font (.) souvent c'est : un élève va faire au tableau, si c'est pour débiter un élève va faire au tableau et ensuite eux vont faire sur leur cahier ou une feuille. Eh : pour certaines choses comme qu'est-ce que je pourrais dire ? (03.43) non même, enfin oui bon, après ça c'est cycle 3 on mesure un angle, là je vais peut-être leur montrer au départ, mais eh : non la plupart du temps, c'est plutôt un élève que je vais interroger pour qu'il puisse, un élève volontaire, pour qu'il puisse montrer aux élèves au tableau. Ou alors ils ont un petit programme de construction, ils essaient tous de faire et je fais le tour dans les rangs pour voir finalement ce que ça donne, et ensuite on fait ensemble au tableau.

(19 :21) question 4.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

(03.25) Ce n'est pas la même question ? ((rire)) que tout-à-l'heure ? Eh : au final c'est la même réponse. Non, non puisque, puisqu'avec les feuilles quadrillées ils utilisent souvent les angles droits et ils ne pensent pas toujours même quand je leur dis ils ne pensent pas toujours à faire les figures obliques, pas à suivre les traits. Je leur dis mais, souvent ils suivent des traits donc eh : ils n'utilisent pas trop le compas, ni l'équerre et parfois même le rapporteur, non.

(20 :07) Relance 4.3.1 Placent-ils les sommets d'abord et ensuite les côtés ?

Je pense que ça dépend. Ça dépend eh : sur papier quadrillé. Sur papier quadrillé je pense qu'ils tracent d'abord. Ils tracent d'abord, ensuite ils mettent les points et comme par hasard les points seront dans <(rép) les> les intersections. Eh : si c'était sur papier blanc, à priori ils mettent d'abord les points.

(20 :36) Question 4.4 As-tu remarqué une tendance de tes élèves à faire des figures particulières ?

Oui, les triangles sont souvent équilatéraux. Dès le départ, <(rép) si> on n'insiste pas sur le côté quelconque, rarement rectangle, souvent équilatéraux et eh : avec toujours une base bien horizontale. Quand c'est au tableau, bien parallèle au sol, et sur le cahier, les figures qui sont obliques on va dire ça les dérange.

(21 :11) Question 4.5 Quels sont les modes de raisonnement privilégiés par les élèves ?

(01.94)

(21 :16) Relance 4.5.1 Est-ce que tu as des élèves qui se contentent d'une énumération des propriétés de la figure au lieu de rentrer dans la démonstration même, ou l'emploi d'exemples particuliers pour après en faire une généralité ?

(02.97) Eh : (02.36) lorsqu'ils font des démonstrations je pense qu'ils essaient de retrouver un exemple similaire pour pouvoir après le reproduire. Eh ils ne vont pas forcément essayer de voir quelles sont les propriétés mêmes de la figure qu'ils ont mais plutôt essayer de se dire cette figure-là elle ressemble à une que j'ai déjà une auparavant. Heim : oui c'est ça.

5. Profil de l'enseignant

(22 :10) Nous allons conclure l'entretien sur ces quelques questions qui me permettront de pouvoir affiner mon analyse.

(22 :15) Question 5.1 Quel âge as-tu ?

Trente-six.

(22 :18) Question 5.2 Depuis combien d'années enseignes-tu ?

Dix ans.

(22 :20) Question 5.3 Dans quel niveau enseignes-tu ?

Eh : cycle 4 et cette année cinquième, troisième ;

(22 :27) Question 5.4 As-tu toujours enseigné dans ce niveau ?

Non, j'ai fait du lycée et de la sixième aussi.

(22 :33) Relance 5.4.1 Combien d'années de lycée ?

Une seule année.

(22 :38) Question 5.5 Quels souvenirs gardes-tu de tes cours de géométrie en tant qu'élève et étudiant ?

Eh : apprentissage par cœur des propriétés. Eh : (.) toujours faire une figure à main levée. Et : une rigueur extrêmement stricte des professeurs sur toutes les hypothèses qu'il fallait toujours mettre. Des propriétés parfaitement énoncées. Eh : <(rép) beaucoup de rigueur>, ce que j'aimerais, pouvoir transmettre mais je n'y arrive pas du tout <(rép) parce que> les élèves n'adhèrent pas.

(23 :16) Relance 5.5.1 est-ce que ça se passait bien ?

Oui en tous cas <((rire)) j'aimais ça ; j'aimais le côté strict de la géométrie>. Eh : après ça ne se passait sûrement pas bien pour tout le monde.

(23 :29) Question 5.6 Quel est ton ressenti quant à l'enseignement de cette matière ?

La géométrie ou les mathématiques ?

(23 :32) Relance 5.6.1 La géométrie d'abord, puis les mathématiques.

Eh : la géométrie, (.) je : je trouve que c'est important, et après c'est, il y a quand même eh : au niveau de la préparation, pour l'enseignement, ça me prend beaucoup plus de temps parce que j'essaie d'anticiper tous les

problèmes qu'il y aura qui, ce qui est moins évident <(rép) dans d'autre> thèmes. Heim : (02.15) mais eh : (00.94) ça me plait quand même oui. Pas forcément ce qui me plait le plus, à enseigner, c'est ce que, parce que j'aimais faire mais je le vois vraiment de façon différente, eh : maintenant. Et les mathématiques en général eh : malheureusement je n'ai plus trop l'impression de faire des mathématiques, un petit peu mais de moins en moins.

(24 :36) Relance 5.6.2 Est-ce que les élèves aiment la géométrie ?

Les élèves aiment représenter, les plus jeunes en tous cas, mais eh : pas démontrer, et sûrement pas apprendre une propriété, donc ni la rigueur dont on a besoin. Une propriété nécessite des données particulières, si on a une en moins on ne peut plus. [(inaud.)] la propriété, ça, ça les dérange parce que, <(rép) il faut> quand même être assez strict là-dessus.

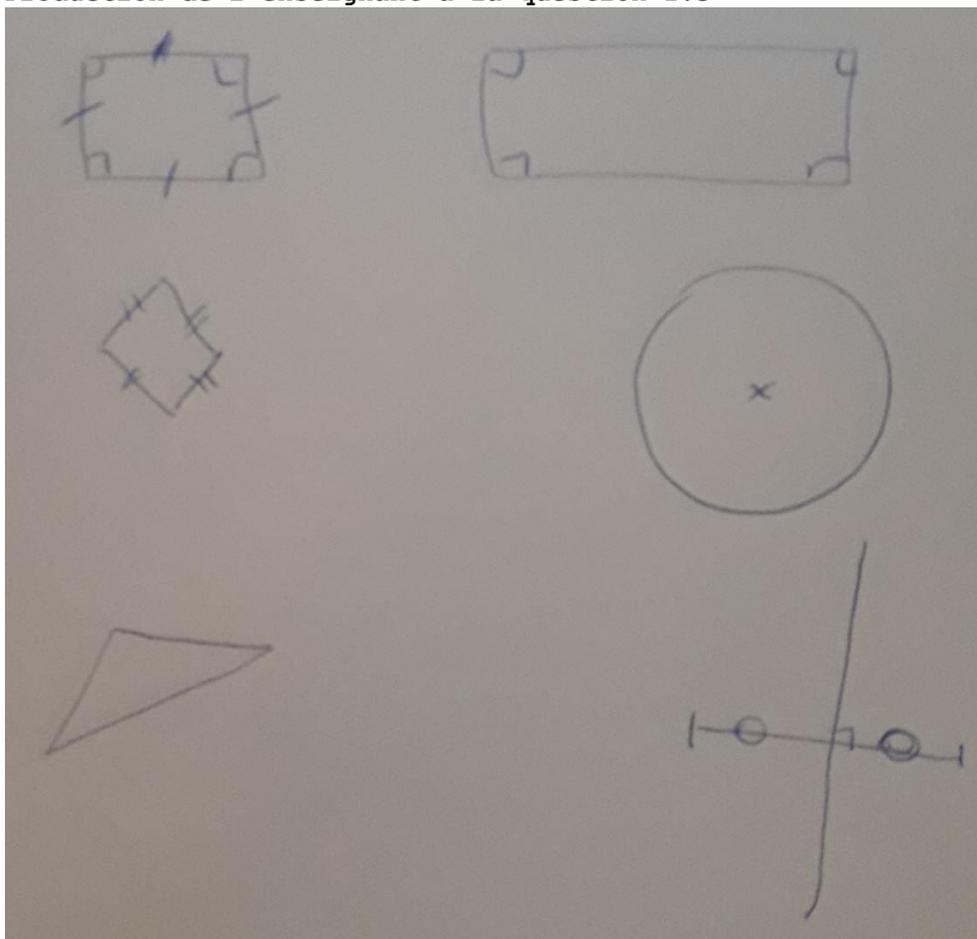
(25 :12) Relance 5.6.3 Est-ce que c'est quelque chose qui leur fait peur ?

Je ne dirais pas peur quand même. Je ne dirais pas peur quand même mais c'est vrai que lorsqu'on regarde par exemple les copies de brevet blanc, on voit des exercices qui sont vides parce que <(rép) c'est> une démonstration. Peut-être pour certains.

(25 :29) Relance 5.6.4 Est-ce qu'il y a des élèves qui aiment les mathématiques.

Oui. Heureusement ((rire)). Oui il y en a qui aiment bien et qui essaient de faire les choses correctement lorsqu'on leur demande.

Production de l'enseignant à la question 1.3



Annexe 7 : Verbatims des entretiens semi-directifs avec les enseignants de lycée

Annexe 7.1 : Verbatim Enseignant PL1

ENSEIGNANT PL1

(0 :00) Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un travail de master MEEF dans le parcours Pratiques et Ingénierie de la Formation, réalisé à l'ESPE de Guadeloupe. Il a pour but de mieux comprendre les pratiques des enseignants dans l'enseignement de la géométrie. Je te remercie du temps que tu m'accordes en répondant à ces questions.

1. Conception des enseignants sur la géométrie et les pratiques déclarées sur son enseignement

(0 :11) Les questions qui suivent concernant l'enseignement de la géométrie.

(0 :19) **Question 1.1** Selon toi quelle est la finalité de l'enseignement de géométrie au lycée et plus particulièrement dans le cycle terminal ?

Pour moi la géométrie a pour but de toujours développer les compétences mathématiques, raisonner, chercher, communiquer mais en fait [(inaud.)] avec un accent qui sera plus prononcé à pouvoir s'approprier l'espace, davantage l'appropriation de l'espace, c'est-à-dire des propriétés, comment en quelque sorte on peut se rendre compte effectivement de passer du plan à l'espace, il y a des propriétés qui changent ; principalement ça et bien sûr avec toutes les compétences, à calculer, à démontrer [(inaud.)] voilà ne serait-ce que ces deux-là mais il y a plein de compétences qui sont développées au niveau de la géométrie dans l'espace <(rép) hm>.

(1 :08) **Relance 1.1.1** Te rapportes-tu aux instructions officielles ?

Oui, oui donc j'essaie de faire en sorte que justement toujours eh : ancrer mon enseignement [(inaud.)] dans les règlements officiels, de ce qu'on attend du programme, oui effectivement

(1 :28) **Question 1.2** Selon toi, comment l'enseignement de la géométrie est-il perçu par tes élèves ?

Ça c'est une sacrée question. Alors Pour moi, eh : selon moi, eh : pour les élèves, c'est quelque chose qui n'est <(appui sur le mot) pas> si facile que cela, dans la mesure, en fait selon moi, c'est plus en termes de, eh : programmes ; c'est-à-dire en seconde, on voit un petit peu de la géométrie, de base, dans l'espace et après en première en fait ce n'est pas vraiment inscrit, c'est-à-dire on va le faire mais en fait c'est pas, ça sera pas trop forcément central, voire même effectivement, en termes de pourcentage, ça sera un pourcentage <(appui sur le mot) faible> par rapport à l'ensemble donc je pense qu'il y a une rupture et après, en terminale, on leur demande carrément de s'approprier carrément tout ce qu'ils ont vu en seconde, voire au collège. Donc c'est ce qui est [(inaud.)] particulier de ce fait pour les élèves c'est une tâche <(appui sur le mot) rude>, rude pour les élèves parce qu'en fait ils doivent s'approprier et se réapproprier l'espace avec en plus des compétences de niveau terminale pour la démonstration [(inaud.)].

(2 :29) **Relance 1.2.1** Et selon toi quelles sont les finalités, est-ce que c'est apprendre des propriétés, raisonner ou autre chose ?

Alors pour moi c'est carrément, eh : moi, selon moi effectivement, [(inaud.)] ce chapitre effectivement, cette notion, c'est quelque chose de, qui développe toutes les compétences, vraiment toutes les compétences, raisonner, conjecturer, démontrer, communiquer, s'approprier un environnement, voire même faire du, <(rép) des> , enfin travailler <(rép) dans> du concret, bon parce que lorsqu'on travaille $f(x) = e^x - x$, etcetera,

ce n'est pas forcément directement lié à du concret pour certains, mais dans l'espace, c'est sûr que effectivement on travaille sur du concret et on peut aller dans, très loin en termes de raisonnement. Donc en plus c'est, selon moi aussi c'est un : c'est un sujet effectivement qui peut ou pour lequel effectivement on peut aborder pratiquement (.) toutes les notions, c'est-à-dire à travers la géométrie dans l'espace on peut travailler sur des fonctions. On peut travailler effectivement sur les suites aussi, pourquoi pas, effectivement, donc en fait sur toutes les thématiques, [(inaud.)] je peux donner un exercice de géométrie dans l'espace et avec aussi la (.), soit la congruence en spécialité, soit carrément Bézout, eh : voilà donc eh : c'est vraiment, c'est propice pour pouvoir aborder < (appui sur le mot) tous>, tous les thèmes effectivement de : du programme de terminale S.

(3 :49) Relance 1.2.2 Quels sont selon toi les points délicats ?

Oui, oui. En fait il y a pas mal de points délicats. En fait, le premier point délicat effectivement, selon moi, c'est déjà eh : déjà l'histoire qui consiste à vraiment se dissocier des propriétés du plan et de l'espace. Exemple concret, lorsqu'on dit effectivement, par exemple, si deux droites sont perpendiculaires à une même droite alors donc, elles sont parallèles entre elles. Mais là ça ne marche plus effectivement au niveau, <(rép) de> de l'espace ; puisqu'on peut avoir deux droites qui sont perpendiculaires dans l'espace, c'est-à-dire au sens, effectivement perpendiculaires au sens classique du terme et finalement <(rép) les> les, deux droites qui peuvent être perpendiculaire à une même droite et finalement ces droites-là ne sont pas être parallèles. Par rapport à tout ça c'est extrêmement délicat et en fait eh : la difficulté c'est que ça devient une rupture, c'est-à-dire ce qu'on a l'habitude de faire, devient une rupture effectivement, demande une certaine attention, une certaine < (appui sur le mot) vigilance> justement, cette vigilance-là que, de que, qui : est parfois difficile pour les élèves. C'est ça donc eh : hen par exemple ce point-là, donc des propriétés qui ne sont plus adaptées à l'espace Ok. Comme autre point de vigilance c'est-à-dire ça demande aussi une très grande attention au niveau des objets, parce qu'en fait, il ne faut pas se tromper entre vecteur normal, vecteur directeur. En termes de vocabulaire il faut être encore plus précis pour pouvoir eh : avoir les bons outils, la [(inaud.)] la bonne façon de faire pour pouvoir démontrer en quelque sorte des propriétés. Et c'est c : et c'est ce qui selon moi effectivement, demande la plus grande vigilance. Il ne faut pas se tromper dans ce qu'on fait, les schémas, dans le vocabulaire, dans les propriétés, dans la visualisation. Par exemple [(inaud.)] beaucoup d'élèves, des élèves effectivement pour démontrer par exemple <(rép) qu'un :> qu'un plan et une droite sont parallèles, il suffisait effectivement de voir carrément si, je ne sais pas, si les vecteurs effectivement, parler de vecteurs colinéaires. Alors que justement il faut voir si le vecteur normal est perpendiculaire au vecteur directeur de la droite. Donc c'est pour cette raison effectivement, on ne peut pas carrément traiter ce thème-là de façon automatique. C'est-à-dire si effectivement allez, une recette, allez on applique la recette. Il faut voir les choses et c'est ça selon moi la grande vigilance à avoir.

(6 :05) Relance 1.2.3 Si tu devais hiérarchiser les thèmes du programme, comment les rangerais-tu ?

En fait c'est eh : à l'ensemble des thèmes, tous les thèmes du, tous les thèmes [(inaud.)] ?

(6 :20) Relance 1.2.4 Hm hm

Bon alors moi (.), eh : [(inaud.)] en fait selon moi [(inaud.)] il faut vraiment faire de la eh : [(inaud.)] eh : une progression spiralée. Bien sûr mais commencer, selon moi par les fonctions parce qu'effectivement cet objet-là on va le rencontrer dans pas mal de thèmes. Après donc fonctions avec pas mal de : les limites eh : comprendre comment les choses

fonctionnement effectivement au niveau de bon, des variations même si on sait déjà, ça a déjà été réactivé en première, ça a déjà été fait en première, mais aller plus loin au niveau de la classe de terminale. Après j'aurais abordé les suites (00.08) Ok eh : et après j'aurais abordé, alors c'est difficile de voir dans l'ensemble, dans son ensemble eh : les probabilités très tôt, aussi puisque bon on peut toujours intégrer les probabilités dans pas mal de thématiques. Eh la partie eh espace, j'aurais pu la mettre suffisamment tôt, mais selon moi il leur manque des fois une certaine maturité. Donc selon moi, il faudrait carrément hiérarchiser ou ordonner les thèmes en termes de la maturité nécessaire pour pouvoir vraiment faire en sorte que les élèves abordent les notions de façon effectivement optimale. C'est ça selon moi c'est, ça serait < (appui sur le mot) surtout> cela ; [(inaud.)] alors bien sûr après faut faire des progressions spiralées, revisiter les notions, revisiter régulièrement les notions. Mais en tous cas il ne faut pas que la géométrie dans l'espace se fasse trop tardivement. Selon moi, au plus tard février, au plus tard février effectivement.

(7 :50) Relance 1.2.5 Donc en fin de deuxième trimestre ?

Donc je dirais même, pas forcément fin, février, c'est-à-dire pour nous ça serait effectivement eh : eh : oui allez fin deuxième trimestre, mais vraiment <(rép) au plus tard>. À la limite, l'idéal ce serait de le voir plus tôt, mais en fait des fois ils ont besoin cette, de maturité alors qu'on aborde <(rép) certains thèmes> plus simples un petit peu avant ; par exemple, probabilités, eh : une première approche des suites, etcétera, eh : ouais, donc pour pouvoir faire en sorte qu'au moins, à même l'idéal ce serait selon moi, <(rép) janvier>. C'est-à-dire début de, début du second trimestre <(rép) hm>.

(8 :29) Question 1.3 Je vais te demander quelque chose à priori étonnante, de dessiner un carré⁹¹.

Un carré. Alors <(rép.) hm> <(rire)>, pour le carré, <(rép.) j'aurais> traité quelque chose j'utiliserais effectivement les traits <(rép) du> cahier, Ok. Alors chose étonnante je vais mettre aussi quatre, alors un quatre c'est un carré en termes de forme algébrique, là aussi c'est un carré de forme géométrique. Moi j'aurais mis ces deux, c'est-à-dire pour pouvoir avoir une approche un petit peu, allez eh : ou qui dépasse purement le contexte géométrie. Voilà.

(9 :04) Relance 1.3.1 Un rectangle

Un rectangle. Allez, un rectangle, allez (02.24). OK (01.02), oui.

(9 :13) Relance 1.3.2 Un losange

Alors un losange alors là c'est un petit peu plus embêtant, mais on y arrivera, quand même. (01.38) Je vais m'appuyer sur les diagonales quand même [(inaud.)] (05.50) [(inaud.)] (01.35). Oui.

(9 :33) Relance 1.3.3 Un triangle

Un triangle alors [(inaud.)] (01.25).

(9 :39) Relance 1.3.4 Un cercle

Un cercle, <(rép.) hm> (01.17).

(9 :43) Relance 1.3.5 Un segment et sa médiatrice.

Un segment (01.57), et sa médiatrice. Sa médiatrice [(inaud.)] (05.44). Ça va.

(10 :00) Question 1.4 Comment abordes-tu la géométrie avec tes élèves ?

⁹¹ Les figures sont visibles à la fin du verbatim pour chaque enseignant.

Alors comment j'aborde la géométrie ? La géométrie je l'aborde eh : bien sûr en partant du réel. Principalement (.) je pars de leur, ce qu'ils connaissent dans leur environnement, principalement et à partir de là c'est carrément essayer de résoudre des problèmes, °donc situations problèmes° à travers des situations concrètes effectivement pour pouvoir <(rép) leur> faire prendre conscience que : les objets géométriques ont des propriétés. La notion de propriété, et derrière ces propriétés-là on peut utiliser ces propriétés-là pour faire des démonstrations. C'est essentiellement ça.

(10 :43) Relance 1.4.1 La figure en jeu est-elle toujours donnée ou bien est-ce que les élèves vont construire eux-mêmes la figure ?

Alors le plus souvent j'aime bien que les élèves (.) construisent la figure dans la mesure où ça [(inaud.)] donne <(rép) la> compétence, ça les aide à développer la compétence eh : représenter. Un peu comme en probabilités lorsqu'on a les situations effectivement dans certaines séries on donne l'arbre effectivement et des fois on ne donne pas l'arbre. Moi effectivement, en géométrie le plus souvent je préfère effectivement leur donner une situation où ils construisent eh : la figure ; mais des fois aussi lorsque la situation peut être un petit peu complexe, OK, je peux aussi leur proposer une situation avec la figure. Par exemple lorsqu'on travaille avec tout ce qui est notion de section plane, effectivement donc le plus souvent je leur donne un début de figure pour pouvoir faire en sorte que les élèves effectivement puissent être dans une démarche <(rép) de> production qui ne soit pas bloquée voilà donc <(rép) hm>.

(11 :35) Question 1.5 Comment t'organises-tu dans le temps pour l'enseignement de la géométrie, c'est-à-dire à quel moment pratiquement est-ce que tu fais de la géométrie dans l'année ?

Alors donc en fait alors bon là c'est vrai que bon ça fait un petit moment que je fais des terminales S, j'essaie d'améliorer au fur et à mesure mais en fait je [(inaud.)] ce que je fais c'est que je visite effectivement la notion eh : de géométrie eh : non je fais carrément la notion de géométrie effectivement presque d'un bloc. Presque d'un bloc effectivement mais tout en sachant que eh : c'est pour cela que j'ai dit début de deuxième trimestre, tout en sachant que je vais revisiter cette notion-là <(rép) jusqu'au>, c'est-à-dire jusqu'à juin effectivement, donc c'est ça. Donc c'est difficile pour moi de faire eh : de revenir à, de revenir sur les différents chapitres mais par contre ce que je fais je reviens à travers les exercices, c'est dire mais par contre du fait de vraiment tout, en fait, je fais vraiment tout pratiquement d'un bloc. Dans la mesure où je trouve que c'est une belle cohérence au niveau de la notion ; mais en fait ce n'est même pas moi qui eh : <(rép) qui> incite à pouvoir effectivement faire enfin qui me fixe les directives de faire toute la notion d'un seul coup mais en fait c'est des questions. C'est-à-dire je les mets dans une situation de recherche et au fur et à mesure les questions viennent, et au fur et à mesure que les questions viennent, faut répondre aux questions et finalement, on fait carrément, on comble <(rép) toute> la notion et en fait pour moi c'est la meilleure pédagogie effectivement d'aborder [(inaud.)], c'est-à-dire les mettre dans une situation de questionnement où justement qu'eux-mêmes s'interrogent pour pouvoir voir si véritablement eh pour les faire carrément construire la notion comme construire le cours. Un exemple concret par exemple j'ai fait la même chose effectivement pour par exemple les lois de probabilités et certains ne comprenaient pas que sur un ensemble infini on puisse avoir une fonction de densité. Pour eux effectivement ce n'est pas possible. Et finalement, en faisant la notion on est tombé sur la loi exponentielle. Donc c'est au fur et à mesure, j'essaie de faire ça dans la pratique.

(13 :44) Relance 1.5.1 Y a-t-il une partie du programme que tu ne traites pas faute de temps ?

En fait, eh : je m'organise pour faire tout le programme, ah non. ; pour moi effectivement ils vont, les élèves vont au bac d'une part, d'autre part en plus il faut qu'ils aient toute la connaissance du programme, d'autre part. Certaines parties, je dirais plutôt il y a certaines parties que je passe un petit peu plus vite. Par exemple il y a la notion effectivement en probabilités je sais effectivement que, bon eh : j'ai été un petit peu vite sur la notion de eh : événements indépendants. Tu vois, donc il y a des notions comme cela où je passe un petit peu plus rapidement. Tu vois c'est plus ça que ne pas faire. Plus vite parce qu'en fait, comme par rapport à la notion intuitivement on a déjà fait, on a déjà traité ce type de situation, on a déjà compris la démarche effectivement donc à la limite effectivement eh : je vais passer un peu plus vite <(rép) hm>.

(14 :40) Relance 1.5.2 Et concernant la géométrie, tu y vas en profondeur ou bien s'il y a des parties du programme de géométrie que tu ne traites pas ?

Oui en fait j'essaie de tout faire effectivement [(inaud.)] de la partie, par contre il y a des parties effectivement qui vont de demander de revisiter par exemple j'ai déjà fait pratiquement toute la notion mais il y a deux notions par exemple je sais effectivement qu'il faudrait que je revienne, sur lesquelles il faut que je revienne, c'est eh : la notion de section plane parce qu'ils ont besoin de temps pour pouvoir bien voir, eh : bien comprendre cette notion, Ok. Eh : Donc c'est ça, section plane. Donc revisiter avec une plus grande temporalité mais sur la fin de l'année. On va faire ça certainement au mois de mai, revisiter ça, on a déjà fait mais on, je sens encore qu'il y a encore des hésitations. Et aussi eh : quelle notion en géométrie qui est plus la notion de comment démontrer, la notion de eh : de plan avec le fait que par exemple que trois vecteurs effectivement eh : bon eh : on va dire en termes de notion effectivement de supérieur, démontrer qu'un vecteur effectivement est combinaison linéaire de deux autres. Voilà c'est ça. Comment arriver à démontrer ça effectivement ou carrément comment démontrer qu'un point appartient à un eh : que trois points eh : non, plutôt que quatre points effectivement eh : sont coplanaires. Donc la question que démontrer que quatre points effectivement sont coplanaires, ou pas. Tu vois donc par exemple, pour ça effectivement il faut vraiment rentrer dans la notion de vecteurs effectivement donc je sais que cette notion-là c'est un petit peu délicat. Donc finalement, donc l'idée effectivement c'est essayer de trouver un moyen de contourner ça mais de donner des outils aussi pour pouvoir comprendre effectivement cette démarche-là. Tu vois ?

(16 :26) Question 1.6 Que penses-tu de l'enseignement de la géométrie ? est-ce facile, difficile ? S'il y a des difficultés, de quel ordre ?

Alors c'est : pour moi ce n'est pas si difficile. Pas si difficile. Mais en fait la difficulté aussi c'est que certains ont dû, certains élèves ont du mal à se représenter l'espace (.). Je t'avoue qu'il y a quelques élèves vraiment qui n'arrivent pas à visualiser en 3D. Ils ont du mal par contre alors pour ce faire justement, pour contourner ça je demande carrément d'avoir une petite boîte, d'avoir une gomme, d'avoir un petit objet pour pouvoir facilement voir, par exemple, eh : le fait de voir effectivement les trois vecteurs dans l'espace, tu vois. Donc voir les choses, à la limite ça pour toucher, manipuler. En fait, je pense que la difficulté de la géométrie dans l'espace c'est qu'en fait ils ont du mal à eh : se l'approprier par rapport au fait que comme [(inaud.)] ils ont du mal à manipuler donc de ce fait effectivement eh : ils ont du mal à visualiser. Donc pour pouvoir selon moi faciliter eh : la compréhension, l'appropriation effectivement des notions en eh : en géométrie il ne faut pas hésiter à utiliser un logiciel, il ne faut pas hésiter à utiliser le numérique, utiliser une gomme un objet pour pouvoir mieux approprier les situations ; même les sections planes je dis carrément à la limite si vous êtes au bac vous avez du mal à visualiser, prenez une gomme faites votre cube, mettez

les points, coupez la gomme pour voir la section , et là effectivement ça marche, mais là il faut, mais je pense qu'il faut vraiment leur dire aux élèves qu'ils, que tous les coups sont permis depuis que vous êtes rigoureux effectivement scientifiquement et après utiliser les propriétés [(inaud.)] et mettez plusieurs petites gommes effectivement pour avoir plusieurs sections planes.

(18 :12) Question 1.7 Prends-tu des exemples tirés de la vie quotidienne pour illustrer les différentes figures géométriques ?

Oui. Le plus souvent oui mais en fait c'est de la vie quotidienne ou carrément de l'espace où on est eh : on peut dire effectivement, on peut définir effectivement ou carrément <(rép) dans un> cube ou <(rép) dans> un parallélépipède effectivement. De la vie quotidienne, mais plus, encore plus effectivement des objets concrets, proches d'eux, voilà c'est ça, oui.

(18 :37) Relance 1.7.1 Tu as par exemple concernant la géométrie plane pour les figures, est-ce que tu leur montre des images de panneaux, des logos, des choses comme ça ?

Par contre effectivement là, peut-être pas assez, je suis d'accord, effectivement pas forcément assez. Il faudrait que je puisse faire effectivement <(rép) plus> facilement pour se rendre compte en quelque sorte que ces objets, c'est des objets courants, effectivement <(rép) de leur> vie effectivement quotidienne, donc à ce niveau-là effectivement pas forcément assez. Je le fais eh : plus par rapport à des objets que je peux avoir en main, ou bien un prisme ou bien dire bon ben voilà on a une forme particulière, donc ça existe. Donc c'est plus pour pouvoir montrer que tout ce que qu'on fait effectivement, tout ce qui est dans le programme c'est quelque chose qu'ils fréquentent, voilà ; ((sonnerie)) mais c'est vrai qu'il faudrait que je montre plus davantage effectivement les situations.

(19 :25) Question 1.8 ((sonnerie)) Lorsque tu soumetts un problème de géométrie aux élèves est-ce que tu leur laisse le temps nécessaire pour chercher ?

((sonnerie)) Oui, ah oui. À ce niveau-là effectivement je vais toujours, premier temps recherche individuelle, puis recherche avec votre, le camarade voisin, effectivement. Donc toujours effectivement ces deux phases-là, toujours cette phase-là, c'est très, très important.

(19 :45) Relance 1.8.1 Et au niveau de la correction, fais-tu la correction toi-même ou la fais-tu faire par un élève ?

Donc le plus souvent je fais faire par un élève. C'est vraiment si le temps me manque je peux éventuellement faire mais le plus souvent les élèves ont déjà compris, que, effectivement il vaut mieux qu'il y ait un élève qui puisse expliquer aux autres. J'essaie de toujours faire en sorte que c'est un élève qui explique aux autres, c'est ça, oui, <(rép) hm>.

(20 :04) Question 1.9 Quels sont les éléments qui te paraissent importants dans la résolution d'un problème de géométrie ?

Alors pour loi [(inaud.)] il y a plusieurs phases selon moi. C'est pourquoi effectivement les problèmes de géométrie selon moi c'est quelque chose de très, très intéressant. C'est déjà l'histoire d'appropriation. L'appropriation des notions effectivement, dans un premier temps c'est ça, dans un deuxième temps c'est carrément essayer de modéliser des objets, tu vois, tout ce qui concerne la modélisation, c'est-à-dire retrouver les plans, retrouver les points, c'est cela. Après carrément la eh : carrément mettre en place la problématique, c'est-à-dire, carrément mettre en place effectivement qu'est-ce qu'on cherche, c'est-à-dire la formulation des questions. Et il faut qu'ils arrivent clairement parce qu'en géométrie, je dirais encore plus que dans les autres, les autres notions, il faut clairement savoir qu'est-ce qu'on veut, tu vois ? Et là, à l'issue de cela, effectivement, on peut plus facilement trouver des outils après bien sûr

la deuxième phase, après avoir fait toute la phase d'appropriation, de questionnement, et après savoir en quelque sorte quelle stratégie, c'est la notion de stratégie pour pouvoir résoudre le problème. Parce qu'effectivement ce qu'il y a de bien c'est que l'on peut résoudre le problème dans différentes façons. Donc là il faut chercher la stratégie la plus efficace.

(21 :15) Relance 1.9.1 Demandes-tu aux élèves de décrire leur méthode ?

Oui, oui exactement (.) et même voire même confronter leur méthode. Voire même effectivement et ça j'aime bien faire aussi, pour moi c'est le top effectivement, montrer <(rép) que> deux méthodes différentes permettent d'aboutir au même résultat. Un exemple que j'aime bien donner en géométrie c'est la distance minimale eh : d'un point par rapport eh : sur une droite, eh : d'un point par rapport à une droite. Par rapport à cela on peut résoudre cela de deux façons différentes, avec la notion de fonction et avec la notion aussi effectivement de perpendicularité et montrer qu'en quelque sorte, qu'aussi bien la démarche avec le produit scalaire et la démarche avec eh : déterminer le minimum d'une certaine fonction, cela donne le même résultat. OK, ou bien d'autres approches donc cela c'est extrêmement riche et pour les élèves c'est <(Rép) très> intéressant. Ah oui, pour moi c'est le top de la géométrie.

(22 :07) Relance 1.9.2 Montres-tu aux élèves l'utilisation des connecteurs logiques ?

Oui, exactement. Donc je leur montre aussi effectivement cet aspect-là qui est très important pour pouvoir eh : même ce serait lien entre exercices de QCM parce que justement la particularité de eh : sur ce thème-là, il y a dès fois pas mal de QCM et à travers les QCM on peut essayer de voir effectivement toutes les stratégies pour pouvoir justement aboutir à la bonne solution, soit carrément eh : la contraposée ou carrément aussi en éliminant effectivement <(rép) des> mauvaises réponses ; ça peut être effectivement tout ce qui concerne effectivement les indications eh : effectivement donc toute la partie connecteurs logiques, effectivement aussi, eh : et tout presque la notation aussi quelque que soit il existe, effectivement implication, équivalence, donc tous ces objets effectivement, ce n'est pas forcément de formaliser comme dans le supérieur, mais ça permet déjà de montrer, de leur faire comprendre bien la notion de connecteur logique encore mieux, je pense effectivement encore mieux que la notion de fonction. Par exemple lorsqu'on est sur une droite, existe-t-il un certain point, un certain t , par exemple un certain paramètre tel que le point effectivement A puisse appartenir, effectivement, tel que le point A puisse appartenir à la droite. Il y a la notion de l'existence. Est-ce qu'il existe, est-ce qu'il n'existe pas ? Alors là aussi et aussi il y a la notion de pour tout point T , effectivement donc cela donne l'ensemble des points de la droite. Donc on parle de toute cette dimension-là, moi je pense que c'est effectivement, ce thème-là c'est le thème idéal pour pouvoir bien comprendre la notion de, il existe, pour tout, l'implication, l'équivalence, voilà. Au niveau des connecteurs c'est très bien.

(23 :58) Relance 1.9.3 Leur présentes-tu les différents types de raisonnement ?

Oui aussi, alors contre effectivement pas forcément formalisés, peut-être que là aussi qu'il faut que je m'améliore à ce niveau-là. C'est dire mais je ne donne pas une sorte de descriptif des listes mais c'est vrai que je leur montre quel type de raisonnement qu'on a fait pour pouvoir aboutir effectivement à la solution. Ça c'est vrai, je le fais effectivement eh : peut-être. Moi je pense effectivement faudrait que je, dans ma manière de faire, peut-être même formaliser ça, une sorte de recueil, tu vois ? Pour qu'ils puissent bien voir les différents types de raisonnement : par déduction effectivement, par substitution, après voilà, par contraposée, c'est ça, c'est vrai. Mais c'est que je le fais mais, pas formalisé (.)

Mais en même temps quand je le fais, je fais un rappel : nous avons déjà vu ça, de cette façon-là. J'essaie toujours de faire un petit rappel.

(24 :50) Question 1.10 Quelle aide apportes-tu aux élèves dans la résolution ?

Alors, l'aide que je peux faire, en fait l'aide c'est à tous les niveaux, sous forme de différenciation. Déjà, en termes de compréhension (.) : j'essaie de voir si tout le monde a compris, donc par rapport à la reformulation, mais pas forcément directement moi bien sûr, toujours j'essaie de faire toujours faire par un autre élève ; compréhension, tout ce qui concerne aussi la problématique : quel est le problème, qu'est-ce qu'on cherche ? OK donc là aussi, l'aide aussi, j'ai pu constater que les élèves ont besoin [(inaud.)] qu'ils puissent, enfin ils ont besoin d'aide pour pouvoir mieux eh : construire leur problématique. Quel est le problème et comment on transforme le problème fait, enfin dit dans une phrase, en eh : en phase de modélisation ? Tu vois, ce passage, c'est souvent ce passage qui leur pose problème. Donc cela revient à résoudre quel type de problème : est-ce que c'est un problème de colinéarité, de je ne sais pas, de perpendicularité ? Donc c'est tout à ce niveau-là, c'est plutôt, qu'est-ce qu'on demande ? C'est-à-dire arriver à éclaircir qu'est-ce qu'on demande. Et le plus souvent lorsqu'ils ont bien vu qu'est-ce qu'on demande, et qu'ils se posent, c'est-à-dire ils essaient de ne pas fonctionner comme un robot, tu vois, là après ils arrivent facilement à trouver la solution. Donc c'est plutôt à ce niveau-là, c'est plutôt aide, compréhension, modélisation, aide par rapport à la stratégie, savoir s'il n'y a pas d'erreur dans le raisonnement aussi. Là aussi s'il y a une erreur j'essaie de faire en sorte que toute la classe puisse apprendre : est-ce que vous pensez que votre camarade a fait un raisonnement juste ? Qu'est-ce qui ne va pas dans ce raisonnement ? Pourquoi [(inaud.)] <(rép) hm> ?

(26 :31) Question 1.11 Les théorèmes sont-ils accompagnés d'un dessin permettant de les illustrer lorsque c'est possible ?

Oui, oui exactement. Donc effectivement, donc je fais cet exercice de toujours leur donner effectivement. Des fois c'est sous forme de résumé. C'est-à-dire, ce sont des dessins qui sont accompagnés toujours, systématiquement et après je les entraîne aussi à passer de l'un à l'autre. Face à tel dessin, qu'est-ce qu'on peut dire ? Face à telle phrase, quel dessin peut-on faire ? Donc là aussi j'essaie de faire cela sous forme de question flash.

(27 :03) Question 1.12 Quels autres éléments relatifs à ta pratique de l'enseignement de la géométrie souhaiterais-tu ajouter ?

Eh : En fait justement <(rép.) ce que je> pourrais ajouter dans ma pratique c'est que je fais beaucoup de questions flash, qui consistent à donner des situations (.) rapides et demander aux élèves de trouver la méthode pour pouvoir résoudre le problème. On a une équation de plan, comment fait-on effectivement pour trouver effectivement, démontrer si un point appartient ou n'appartient pas <(rép) à> une droite. On remplace les coordonnées. Comment démontrer que deux plans sont parallèles ? On prend les vecteurs normaux et on regarde s'ils sont colinéaires. Comment le montre-t-on effectivement ? Voilà c'est ça. Donc régulièrement j'essaie de faire ça, par exemple quand on a deux points comment fait-on pour trouver eh : je ne sais pas, l'équation paramétrique d'une droite ? Je pense que c'est ce qui selon moi donne des résultats, enfin, à la limite le fait de faire un recueil de pratiques, donne des résultats pour faire en sorte, pour savoir pourquoi les élèves réussissent dans cette démarche-là.

2. Les consignes déclarées du professeur

(27 :58) Nous allons maintenant nous pencher sur une figure particulière : le triangle

(28 :09) Question 2.1 Quand tu fais le programme de géométrie, fais-tu des rappels sur les différents triangles ?

Alors eh : en fait je le fais en situation. Lorsqu'on doit montrer qu'un triangle est isocèle ou bien, ou lorsqu'on doit démontrer qu'un triangle est équilatéral, là effectivement eh : on le fait oralement eh : juste pour réactiver des bases, tu vois, pour réactiver des choses, des propriétés mais pas non, je ne fais pas spécifiquement de rappels effectivement c'est ça, ouais, [(inaud.)] surtout que ces notions-là sont revues, revisitées aussi pour eh : sur des nombres complexes. Donc effectivement c'est une occasion pour pouvoir voir que tout ce que l'on fait en géométrie dans l'espace [(inaud.)], on peut le revoir en géométrie eh : dans le plan effectivement concernant les triangles eh : avec une autre approche, tu vois ?

(28 :58) Relance 2.1.1 Quand tu fais ces rappels, est-ce que tu insistes sur le côté particulier de certaines figures ?

Oui, oui, exactement, tout-à-fait. Puisqu'en fait comme il y a certains objets mathématiques, qui ne reviennent pas trop souvent au niveau de la classe de terminale, effectivement, la notion de médiatrice, la notion de hauteur, donc ça sera l'occasion pour pouvoir <(rép) les> réactiver en quelque sorte ces notions-là parce qu'on ne sait jamais. C'est vrai qu'on pense souvent au bac en terminale, mais on fait on peut avoir un problème, voir résoudre ce problème, il faut se rappeler des propriétés effectivement <(rép) de ces> droites particulières dans une configuration particulière. Par exemple dans un triangle équilatéral, la hauteur donne la même chose que la bissectrice, etcétera. C'est l'occasion pour réactiver ça, c'est <(rép) hm>.

(29 :46) Question 2.2 Quel(s) support(s) utilises-tu pour les figures en géométrie ?

Oui hm hm Alors le plus souvent pour les figures de géométrie, directement le tableau ((rire)). Directement le tableau, alors c'est plutôt là, c'est plutôt une question de temps et : de moyen qui n'est pas encore très optimal, c'est-à-dire que pas tellement en termes de moyen, récupérer le vidéoprojecteur tout ça [(inaud.)] ; en plus dans les salles dans lesquelles je suis, ce n'est pas toujours des salles très pratiques, tu vois ? Donc finalement, principalement soit le tableau ou soit carrément un support papier, tu vois ? Donc c'est principalement, effectivement ce que je ce que je fais.

(30.19) Relance 2.2.1 Préfères-tu que les figures soient faites sur le cahier, papier blanc, papier quadrillé, document, à l'aide de l'informatique ?

Le plus souvent effectivement, papier blanc, mais carrément c'est carrément le plus souvent ce que je fais c'est carrément, c'est des photocopies. Et carrément Je fais des bandes sur une feuille A4 je fais effectivement plusieurs schémas, après ils ont tous effectivement un schéma après ils peuvent compléter effectivement à côté, le plus souvent c'est ça.

(30 :42) Relance 2.2.2 Donc ce sont des figures à compléter ?

Voilà. Figures à compléter, c'est ça exactement, ou carrément reproduire, mais c'est plutôt des figures à compléter.

(30.50) Question 2.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

Alors donc pour les feuilles quadrillées, non. En fait le plus souvent ils utilisent largement le quadrillage [(inaud.)]. Parce qu'en fait ce qu'il y

a c'est que pour beaucoup de situations, eh : en fait, comme on leur demande de démontrer, ils prennent le plus souvent la figure comme un support. Ce n'est pas comme au collège où on leur demandait de dessiner un triangle ou bien de faire un cercle, ou un losange etc. Tu vois, donc c'est plutôt la géométrie comme outil de démonstration. Non figure comme outil de démonstration. C'est pour ça effectivement eh : donc le plus souvent ils utilisent le truc le plus rapide effectivement : feuille quadrillée, ils font leur schéma. Et c'est rare effectivement que je leur demande effectivement de faire une figure sur du papier blanc effectivement. Là aussi il faudrait que j'y pense, mais bon. C'est vrai que : là c'est intéressant d'échanger sur ça.

(31 :53) Relance 2.3.1 As-tu remarqué comment ils dessinent les triangles sur une feuille quadrillée, par exemple, placent-ils les points et ensuite les côtés, ou procèdent-ils d'une autre manière ?

Donc le plus souvent ils font ainsi effectivement, ils placent les points, et après ils font la figure, oui tout-à-fait.

(32 :10) Question 2.4 Dans une activité concernant le triangle dont la nature n'est pas précisée par l'énoncé, voici deux consignes : « Construire un triangle ABC » « construire un triangle quelconque ABC » ? À laquelle adhères-tu ?

Construire un triangle ABC . Construire un triangle ABC . Oui c'est ça.

(32 :32) Relance 2.4.1 Donc tu ne précises pas « quelconque » ?

Non, non. Pourquoi ? parce qu'en fait, c'est tout simplement parce qu'en fait il faut que les élèves, surtout effectivement comme j'ai une terminale S, puissent s'appropriier le fait que lorsqu'on dit triangle ABC , il faut, il y a une analyse effectivement pour qu'ils puissent en fait c'est pour pouvoir travailler sur le non-dit, Ok, sur l'implicite. Et cet implicite-là justement ça fait partie du cœur de la formation de l'élève, du scientifique. C'est-à-dire quand on lui dit ça, il faut absolument qu'il puisse se dire qu'on ne va pas faire un triangle équilatéral, on ne va pas faire un triangle rectangle, etc. c'est vraiment une situa-. Donc en fait il faut travailler l'implicite, et je pense que le cœur de notre métier c'est carrément surtout à ce niveau-là pour les scientifiques les préparer à analyser l'implicite, à anticiper l'implicite.

(33.22) Relance 2.4.2 Donc pour toi le mot « quelconque » n'est pas utile dans cette consigne ?

Pour moi ce n'est pas utile dans cette consigne bien au contraire, c'est dire, c'est vraiment, à la limite je dirai même mieux, c'est trop les guider. C'est dire, c'est important mais il faut que les élèves justement, on ne les guide pas trop. Parce que si on leur dit trop de choses, finalement, ils vont carrément se dire que le professeur doit faire, doit mâcher le travail pour toi alors justement, on est censé justement ne pas mâcher le travail. Selon moi effectivement.

(33 :51) Question 2.5 Quel type d'activité mentale attends-tu des élèves en géométrie ?

Ah oui, par contre effectivement, à ce moment-là, l'activité mentale principale c'est carrément s'appropriier tous les objets rencontrés dans le programme. Certes effectivement je suis très attaché au programme effectivement mais vraiment être à l'aise avec les objets. Quand on parle d'une droite, il faut visualiser, c'est-à-dire être à l'aise avec tout ce qui est visualisation des objets classiques : plans, droites, points, ((sonnerie)) cube, triangle ; voilà tout cela effectivement il faut qu'ils voient cela ((sonnerie)). Un triangle ((sonnerie)), OK on voit ça, un plan parallèle, deux plans perpendiculaires, ce sont tous ces objets-là [(inaud.)] et trouver quels sont <(rép) des> outils nécessaires pour pouvoir justement faire des démonstrations avec ces objets.

(34 :40) Relance 2.5.1 Est-ce que l'activité mentale se situe plus autour de l'analyse de l'énoncé ?

Oui Ce sera plutôt, l'activité mentale à tous les niveaux. En partant de l'énoncé d'une part, déjà s'appropriier l'énoncé, donc c'est une activité mentale. Bien sûr il peut, ils peuvent aussi s'aider d'un support mais c'est surtout activité mentale parce ça demande quand même un certain entraînement, OK. Et dans un deuxième temps, [(inaud.)], l'activité mentale va consister à trouver la stratégie OK, la stratégie pour faire des démonstrations. Donc les deux, à deux niveaux, c'est-à-dire aussi bien la conception, voire carrément la stratégie, la démonstration, voire même effectivement pourquoi telle personne aurait fait une erreur dans la démonstration. Donc carrément le [(inaud.)], c'est-à-dire la dimension scientifique d'une démonstration à tous les niveaux <(rép.) hm>.

(35 :35) Question 2.6 Quel rôle joue, selon toi, le brouillon en particulier en géométrie ?

Eh : Par contre le brouillon c'est très important, un peu comme l'arbre en probabilités, c'est pour pouvoir se libérer, libérer l'élève de la surcharge cognitive. Donc à ce niveau-là effectivement donc eh : l'élève a besoin effectivement des fois, comme dans tout dans tout problème, se libérer en quelques sorte <(rép) de :> certains objets pour laisser la place eh : à la stratégie pour trouver la solution. Tu vois, donc c'est pour cela en fait qu'ils ont besoin de brouillon, pour voir comment les choses se passent effectivement voilà, mais tout en sachant que des fois les dessins peuvent tromper par rapport à la visualisation en 3D, c'est pour cela qu'effectivement, je privilégie davantage la visualisation 3D où justement là on peut plus facilement prendre l'objet, tourner dans tous les sens, alors que pour eh : pour effectivement, la figure, la figure peut être un piège. Je me rappelle dans un sujet de bac, il y avait un objet en 3D effectivement, il y avait sur une face effectivement deux points qui étaient reliés, et là c'était un point qui était carrément plus profond, mais en fait on avait l'impression que ce point-là était le milieu des deux autres donc c'est pour cela je leur ai déjà dit d'être vigilant avec les dessins. Tu vois, d'être <(rép) très> vigilant.

(36 :52) Relance 2.6.1 As-tu observé s'ils utilisent un brouillon pour la figure ou pour la démarche ?

Alors donc en fait eh : ça dépend des élèves. Certains qui ont besoin de brouillon, eh : par contre je les entraîne à pouvoir être à l'aise avec les deux. Mais je privilégie également l'activité mentale, la visualisation et bien sûr si on n'y arrive pas, s'aider d'un brouillon, tu vois, ; mais en fait je constate que les élèves effectivement, ça serait peut-être plus par paresse, effectivement qu'ils n'utilisent pas trop le brouillon. Ils utilisent le brouillon lorsqu'ils n'y arrivent pas du tout. C'est plus ça dont là encore il y a une éducation de formation à comment utiliser le brouillon en géométrie. Là pour le moment je pense que je ne suis pas porté, je ne suis pas encore bon à ce niveau-là mais je pense c'est plutôt le fait que les objets utilisés dans la plupart des situations qu'on rencontre tu vois, nécessite de faire quelque chose d'assez relativement classique, tu vois, c'est peut-être cela. Mais dès fois, je pense qu'il faudrait que, peut-être, je les prépare à des situations un petit peu plus complexes qui nécessiteraient un brouillon effectivement. Donc là, effectivement, eh : mais je pense qu'ils pourraient quand même se débrouiller parce qu'effectivement comme je les ai déjà entraînés fréquemment à passer d'un problème sans figure au problème avec figure, je pense que ça devrait aller quand même.

(38 :14) Relance 2.6.2 Et quel pourcentage d'élèves utilise le brouillon dans ta classe ?

Ah pas beaucoup, je dirais effectivement eh : brouillon, <(rép) trente pour cent>. Oui <(rép) voilà> trente pour cent.

(38 :29) Question 2.7 Des deux termes « figure » ou « dessin », lequel utilises-tu ?

Figure. Figure, exactement. Figure, pourquoi parce qu'en fait ça fait référence eh : au codage, on peut ajouter du codage, effectivement, de la couleur <(rép) tout ça>, tandis que dessin c'est presque justement, c'est ce qui me gêne dans le dessin ; dessin peut être trompeur tandis que dans la figure c'est toujours l'histoire de on se fait juste une représentation d'une situation, tu vois ? Tandis que [(inaud.)] l'élève se dit que la figure c'est la réalité. C'est dire par exemple toujours l'histoire du point, du point I milieu de $[AB]$, mais en fait finalement il est dans une profondeur plus importante ti vois, donc finalement il n'est pas milieu, c'est ça effectivement. Par rapport au dessin effectivement, on pourrait dire c'est le milieu. Ça ne représente pas la réalité ; une réflexion, bon c'est juste un petit mot mais c'est juste ça.

(39 :27) Relance 2.7.1 Donc pour toi une figure serait plus précise qu'un dessin ?

Oui, qu'un dessin, exactement, surtout (.) pour eh : pour que les élèves comprennent qu'il y a un contrat tu vois ? Un contrat c'est-à-dire ce n'est pas la réalisé, mais en même temps ça permet d'aider à résoudre son problème. Pour moi, ça serait plus en termes de, voilà, une figure ça serait lié au contrat : aider à réussir, tu vois ? Tandis qu'un dessin ça serait plus l'aspect presque photographie du réel, tu vois ?

(40 :02) Lors de la prise de rendez-vous, si tu te rappelles qu'on avait discuté sur la possibilité de d'analyser un de tes énoncés ? Pouvons-nous procéder à cela maintenant ?

Oui d'accord, <(rép) hm>. On va prendre peut-être le premier si tu veux.

(40 :35) Question 2.8 Quel était ton objectif dans cet exercice ?

L'objectif de cet exercice l ça sera clairement de eh : enfin de carrément de voir si les élèves ont acquis les compétences pour pouvoir résoudre un problème de géométrie niveau terminale S. Voilà c'est cela tout simplement. Alors c'est carrément eh : comment, pour moi c'est voir le fait que l'élève puisse à partir d'un problème, puisse voir, puisse faire la correspondance entre chaque question et la stratégie pour pouvoir effectivement le, pour pouvoir effectivement le résoudre, voilà c'est cela.

(41 :14) Relance 2.8.1 Quand tu mets à la question 2) a) « Déterminer les coordonnées », à quoi t'attends-tu en termes de stratégie ?

Alors, quand je dis déterminer les coordonnées du point M telles que la distance soit minimale effectivement, alors là stratégie ça serait effectivement justement à plusieurs stratégies, il y a plusieurs choses que j'attends effectivement. Premièrement que l'élève puisse interpréter l'histoire de distance minimale. Donc déjà eh : et en fait, la question 2) a) elle est délicate, mais elle ne va pas forcément perturber la suite de l'exercice. C'est pour cela effectivement cette question-là est très particulière, dans la mesure où cette question-là, pile, effectivement, pour moi c'est la question qui a posé le plus de problèmes à l'ensemble des élèves. Mais en fait, ce que j'attends c'est carrément une prise d'initiative. Deuxièmement c'est carrément, allez pour ceux qui n'arrivent pas, passer à l'exercice <(rép) suivant> aussi. Troisièmement, ça va être aussi carrément traduire, aller le plus loin possible dans ce que ça veut dire. OK, donc en fait, cette question-là, pour moi c'est la question <(Rire)la plus délicate> de l'ensemble du problème parce que là il n'y a pas de stratégie eh : dite et là l'élève doit construire sa stratégie pour pouvoir construire ce problème.

(42 :40) Relance 2.8.2 Et pourquoi est-ce que ça leur a posé problème ? Est-ce qu'à posteriori tu as analysé ?

Oui, j'ai analysé pourquoi. En fait c'est simplement parce qu'en fait, c'est parce qu'en- à la base on avait fait un exercice de ce type-là mais en fait, c'est surtout selon moi, c'est plutôt la position de la question qui a posé problème. Selon moi si cette question-là avait été posée à la fin du problème, tu vois, là il aurait été mieux abordé ; mais en fait je les prépare à justement être dans cette démarche, c'est-à-dire où carrément on peut te donner une question très, enfin un peu embêtante dès le début d'un exercice. Donc c'est plus en termes de travail sur le mental, la détermination, sur le fait que des fois passe une question tu vois ? Donc c'était plus par rapport à ça effectivement que, la persévérance, c'est-à-dire plus pour un travail de persévérance que j'ai posé cette question-là, et en plus à ce moment-là très tôt dans l'exercice.

(43 :36) Relance 2.8.3 Et quand tu mets « déterminer » puisque je vois que tu utilises le terme trois, quatre fois dans l'énoncé, par exemple à cette question 2) a), tu t'attends à quoi ? À ce qu'ils fassent un calcul, à ce qu'ils le trouvent peut-être à l'intuition ?

En fait c'est vraiment un calcul après [(inaud.)] justement résoudre un problème pour pouvoir, résoudre une équation, tu vois ? Pour pouvoir eh : trouver effectivement cette solution-là mais le fait que « déterminer », j'aime bien le mot « déterminer » parce qu'en fait c'est polymorphique au sens que on peut penser effectivement plusieurs stratégies derrière. Et c'est ce qui est intéressant, c'est que dans le mot « déterminer » c'est l'élève qui doit construire qu'est-ce que ça signifie « déterminer ». Est-ce que c'est carrément trouver la solution ou bien certes effectivement mais (00.75) quel type de solution ? Quand on dit par exemple « déterminer une solution », ça peut être une solution exacte, une valeur approchée ; ça peut être quelle stratégie pour y arriver ? Qu'est-ce que- quelle modélisation on doit faire effectivement. Donc en fait c'est lui qui doit en quelques sortes construire sa démarche pour arriver à la solution. Donc c'est cela.

(44 :39) Relance 2.8.4 Donc un élève qui par exemple, aurait par un moyen trouvé la solution mais sans faire de calcul, acceptes-tu sa solution ?

Alors je vais, en fait je vais valider deux choses, effectivement : la solution, certes, effectivement avec un certain poids, pas tout le poids mais c'est plutôt la démarche. Mais je leur dis toujours, effectivement, vous êtes en terminale S, effectivement, on attend vraiment qu'on voit la démarche surtout qu'on n'a pas dit trouver directement. Déterminer, certes mais c'est vrai que, on veut, on s'attend effectivement à la solution, plus la stratégie, plus la démarche voire même la modélisation [(inaud.)], voir la modélisation qui a permis d'arriver à la démarche. Il faut vraiment les trois étapes.

(45 :18) Relance 2.8.5 Donc cela veut dire que sur un exercice quand tu mettrais « déterminer », si l'élève fait une lecture graphique pour toi la démarche est correcte ?

La démarche est correcte mais après effectivement, tout dépend du contexte effectivement qu'on aura donné. C'est-à-dire si, à priori, leur contexte permet de faire effectivement une lecture graphique, pas de problème. Mais si le contexte ne permet pas, effectivement, de trouver la solution rigoureusement par une lecture graphique et qu'on est obligé de passer par la résolution d'une équation par exemple, mais effectivement là il n'aurait pas de point s'il faisait la lecture graphique ; parce cela n'aurait pas été précis donc c'est ça. Mais par contre le fait d'avoir proposé une démarche, pour moi c'est [(inaud.)], une prise d'initiative, c'est essentiel. Alors c'est-à-dire, à la limite entre celui qui ne met pas de solution et celui qui fait la lecture graphique, c'est déjà bien la lecture graphique.

3. Points forts et points faibles des élèves en géométrie.

(46 :07) Dans les questions qui suivent, nous allons nous intéresser à l'activité des élèves, aux réussites qu'ils peuvent avoir ou aux difficultés qu'ils rencontrent.

(45 :15) Question 3.1 Quelle appréciation générale as-tu du niveau de tes élèves en géométrie ?

Alors, eh : globalement, effectivement je dirai le niveau moyen. Niveau moyen, ça veut dire au sens où donc ils ont compris les notions de base. Ils ont compris déjà effectivement eh : les propriétés de base. Mais il y a encore des élèves qui ont encore du mal, en quelque sorte à faire, à : à passer de la phase du problème à la modélisation. Donc ça c'est une grande difficulté. Eh : et aussi, des élèves aussi qui sont encore trop dans la recette. C'est-à-dire carrément, si on a deux plans parallèles c'est qu'il faut chercher que telle chose parallèle tu vois. Donc une droite et un plan parallèle donc on va chercher parallèle. Tu vois, donc ça aussi c'est encore dans cette dimension-là, tu vois ? Ce qui me gêne, certes ça évolue, mais par contre effectivement on sent que ces élèves-là avaient déjà du mal très tôt avec les mathématiques. Ceux qui sont en S effectivement, mais globalement, on sait que bon à la limite, peut-être qu'ils ont eu du mal effectivement avec tout ce qui est mathématique, sens, etcétera, parce que vraiment pour eux ils voient les mathématiques comme un truc de recettes. C'est en ce sens-là pour moi bien sûr, il y a des élèves qui sont bons, [(inaud.)]. Je dirai effectivement il y a un tiers qui bons, un tiers qui sont moyens et d'autres qui vont se débrouiller, [(inaud.)] en géométrie pure ils seront entre 6 et 8 tu vois ?
Mais pas trop moins de 6.

(47 :52) Question 3.2 Qu'est-ce que les élèves réussissent le mieux en géométrie ?

Appliquer les formules ((rire)). Ce qu'ils réussissent le mieux c'est appliquer les formules. C'est-à-dire, ce qui est dommage effectivement, c'est que beaucoup d'élèves effectivement, pour eux faire des mathématiques, mais pas seulement que la géométrie, c'est carrément appliquer les recettes ; par exemple on te donne deux points, chercher l'équation paramétrique de la droite (AB), OK ils sauront faire. D'autres vont commencer, vont mélanger aussi attention ! Mais appliquer effectivement les formules, le plus souvent ils vont appliquer les formules, c'est cela qu'ils réussissent le mieux.

(48 :26) Question 3.3 Qu'est-ce qui leur pose le plus problème en géométrie ?

Alors en géométrie, c'est souvent eh : arriver à la modélisation. C'est-à-dire traduire sous forme d'équation, d'équations, enfin d'objets mathématiques une situation concrète, c'est ça qui leur pose problème. Le plus souvent c'est ça. Ils y arrivent mais après c'est à force de s'entraîner, faire des questions flash, des cartes mentales, etcétera <(rép) hm>.

(48 :51) Question 3.4 Quels remèdes penses-tu qu'on puisse porter aux difficultés qu'ils rencontrent ?

Alors le plus souvent c'est le questionnement. Le remède c'est plutôt les aider à se questionner sur leur erreur. C'est-à-dire soit des erreurs au niveau de la compréhension du sujet, soit des erreurs au niveau de la représentation, soit des erreurs carrément au niveau de la stratégie, il y a des erreurs de stratégie. Soit de raisonnement, voire [(inaud.)], mais dès fois tout simplement de calcul. Et le plus souvent j'essaie de voir, de lister l'ensemble des erreurs possibles, tu vois ?

(49 :28) Relance 3.4.1 Lorsque l'élève passe en classe supérieure avec des difficultés connues en géométrie, penses-tu que l'enseignant puisse y remédier ?

Oui, je pense qu'un élève- qu'un enseignant peut y remédier. Mais en fait le problème c'est plus en termes, (01.54) du fait qu'on court souvent derrière le temps. C'est ce qui me gêne effectivement. On court toujours derrière le temps effectivement au niveau du programme effectivement, et en fait c'est qu'on n'a pas forcément le < (appui sur le mot) temps> de pouvoir revenir sur certaines notions, c'est ce qui est dommage, particulièrement en géométrie, mais aussi le fait qu'il y ait une rupture dans le programme aussi entre le programme de seconde, première et terminale en géométrie, je pense que ça pose problème. Je pense qu'on aurait dû donner un petit peu plus de place à la géométrie directement de l'espace depuis la classe effectivement de seconde, je pense que ça va y venir puisque le niveau de troisième, de quatrième effectivement, on peut déjà commencer à voir effectivement eh : les coordonnées en trois dimensions : ils appellent cela longueur, largeur et altitude <(rép) hm>.

4. Ce que pensent les enseignants des pratiques des élèves

(50 :32) Dans les questions qui suivent nous allons parler de vos observations sur les pratiques des élèves.

(50 :39) Question 4.1 Quelles compétences du collège te semblent acquises par les élèves entrant en seconde ?

Alors les compétences acquises ? Waouw il n'y en a pas beaucoup, selon moi eh : je dirai en cours d'acquisition, pratiquement toutes, celles qui pourraient le plus effectivement être acquises parmi les six compétences c'est communiquer, le plus souvent ils se débrouillent de mieux en mieux dans la compétence communiquer, ils semblent de plus en plus à l'aise pour comprendre, pour faire une phrase etcétera, pour dire ce qu'ils ont dit, ce qu'ils n'ont pas compris, à ce niveau-là [(inaud.)]. Alors après, eh : calculer, donc avec la calculatrice <((rire)) ils se débrouillent un petit peu mieux>, on va dire cela comme ça. Eh : Moi effectivement, c'est bien sûr c'est la compétence modéliser qui pose le plus de problème. C'est modéliser, comment arriver effectivement à traduire en mathématiques un problème ? C'est souvent ça effectivement qui pose le plus de problèmes aux élèves qui arrivent effectivement en classe de seconde.

(51,40) Question 4.2 Comment s'effectuent les constructions de figures géométriques ?

Alors pour, alors pour les constructions géométriques, au niveau de- à quel niveau ?

(51 :49) Relance 4.2.1 Et bien c'est-à-dire est-ce qu'on leur demande d'utiliser le matériel de géométrie, est-ce qu'on fait à leur place, comment est-ce que cela se passe ?

Alors, donc en général, effectivement le plus souvent on leur demande de construire effectivement, de faire, de procéder à la construction de figures géométriques avec le matériel effectivement. Eh : Donc à ce niveau-là effectivement ça fait longtemps que je n'ai pas eu tellement de collégiens effectivement eh : cela fait très longtemps que je n'ai pas eu de collégiens effectivement. Mais ce qui est sûr effectivement, ne serait-ce que par rapport au fait que les élèves de brevet effectivement, je les accompagne régulièrement chaque année, tu vois ? Donc de ce fait, je n'ai pas l'occasion d'intervenir mais chaque année effectivement, j'interviens pour la préparation du brevet ; cette année on n'a pas fait de session, on n'a pas eu le temps de faire des sessions de brevet, mais c'est toujours quelque chose d'assez classique construire une figure, triangle effectivement toute sorte de figure effectivement comme on l'a vu tout à l'heure, donc différentes configurations de Thalès, Pythagore, etcétera, c'est quelque chose d'assez classique. Mais le plus souvent là aussi, c'est tellement la

même chose, tu vois ? Donc c'est souvent les mêmes types de figures, de configurations, tu vois ? C'est pour cela effectivement que les élèves sont habitués à un certain nombre de configurations. Après le plus souvent lorsqu'on sort de cette zone-là, effectivement, ils sont un petit peu perdu, tu vois c'est ça.

(53 :01) Relance 4.2.2 Quand tu dis habitués à certaines configurations, c'est-à-dire, qu'est-ce que tu entends par là ?

Alors les configurations qui sont, sur lesquelles je pense que les élèves ont le plus travaillé ce sont les configurations de triangle et de Pythagore. Triangles rectangles avec des côtés eh : donnés, trouver l'autre côté, configurations de Thalès, donc effectivement classique ou bien version papillon, donc c'est surtout ces configurations-là. Ce qui est le plus souvent, le plus courant, c'est la configuration la plus courante effectivement rencon- eh : rencontrée. Autres configurations des figures classiques, carré, rectangle, eh : losange un petit peu pas tant que cela, parallélogramme, un peu plus que le losange, tu vois ? Il y a ces configurations de base-là qu'ils fréquentent souvent, mais quand même les configurations plus rencontrées Thalès et Pythagore.

(53 :54) Question 4.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

Non parce qu'en fait c'est ça, ils s'appuient toujours sur le quadrillage. Tant qu'ils peuvent faire les choses avec le quadrillage, on le fait avec le quadrillage. Ce n'est pas du tout la même façon. Si on dit à un élève de construire un carré là alors je pense que pas mal d'élèves auraient du mal à construire un carré.

(54 :19) Question 4.4 As-tu remarqué une tendance de tes élèves à faire des figures particulières ?

Oui, c'est-à-dire que si on n'est pas eh : En fait selon moi, peut-être que je me trompe aussi, c'est qu'ils sont tellement habitués à des configurations comme on a dit classiques, comme le rectangle, un triangle isocèle, équilatéral effectivement, puisqu'on va souvent leur demander ça, même aux élèves de terminale effectivement, démontrer quelle est la nature du triangle ? Tout de suite on va dire effectivement, c'est rare qu'on puisse dire quelle est la nature du triangle ? Il est quelconque. C'est extrêmement rare qu'on ait cette situation-là, tu vois ? Donc à ce niveau-là, les élèves ont tendance à pouvoir anticiper, tu vois, des questions. Je pense que c'est cela.

(55 :06) Relance 4.4.1 Est-ce que ça signifie que le fait de leur proposer tout le temps des situations où ils ont des figures particulières, en quelque sorte on les conditionne ?

Complètement. Moi je pense qu'on les conditionne tout-à-fait, voilà. Et peut-être par rapport à la question que tu as posée effectivement « un triangle ABC quelconque », je pense que des fois, eh : là je ne le fais pas comme on a dit, je ne le fais pas mais je pense que des fois c'est nécessaire. C'est-à-dire pour bien rappeler que quand tu as un triangle ABC, ABC est quelconque. ((55 :34 :31)) ((ouverture de porte)) ((passage non retranscrit)) ((55 :50 :44))⁹² Tu vois, c'est ça effectivement selon moi on les conditionne ouais. C'est sûr, mais d'une façon générale, c'est vrai pour pratiquement tout. Pour les équations et même pour ce type de problème qui est assez classique. C'est-à-dire si en gros on leur donne un problème aussi classique, ils sauront, mais si après on change quelque chose, un peu comme les fusées ou bien telle chose, feux d'artifice, effectivement ou bien carrément, au lycée effectivement comme des sujets où l'on utilise les mêmes objets, là effectivement je pense que les élèves

⁹² L'interview a été interrompu par une collègue qui a souhaité saluer PL1.

on les conditionne. Eh : Des fois effectivement c'est pour les rassurer mais finalement, on fait <((rire)) plus de peur que de mal> tout simplement en ne leur montrant pas qu'il y a une m- une multitude de configurations. Je pense que c'est cela, c'est pour cela qu'il faut selon moi effectivement dans la formation des élèves, leur rappeler tout le temps qu'effectivement, on est dans telle situation, mais vous pouvez avoir telle autre situation, on peut avoir, moi je le dis régulièrement on peut avoir [(inaud.)], on peut avoir un peu plus compliqué mais on peut avoir cinq fois plus compliqué aussi, mais c'est toujours les mêmes outils. Il suffit de raisonner de la même façon. Donc il faut tout le temps rappeler effectivement que les situations sont diverses, tu vois ?

(57 :03) Relance 4.4.2 Mais par exemple sur ton sujet quand tu dis cinq fois plus compliqué, qu'est-ce que tu pourrais changer dans le sujet pour qu'il soit plus compliqué ?

Ce serait plutôt carrément le contexte. C'est-à-dire donner une situation ou carrément le contexte effectivement, ça peut être carrément un contexte de, par exemple eh : très concret du style effectivement on est dans une situation, on est dans une, je ne sais pas, une [(inaud.)] pyramide, étudier une situation pour voir si telle hauteur est égale à la distance minimale de telle chose. C'est plus la notion de contextualisation tu vois ? Et en fait c'est cette contextualisation ça fait que les élèves peuvent être plus facilement perdus tu vois c'est ça. Donc c'est ça effectivement. Au niveau des élèves, toujours lié à la compétence modéliser d'ailleurs effectivement, ça fait que les élèves peuvent très rapidement être perdus, complètement perdus. En fait plus on va utiliser la compétence modéliser, dans les situations Ok, plus en quelque sorte il y aura des chances d'être perdu. En fait ce qui peut se passer aussi, la compétence modéliser, le fait qu'on la mette régulièrement, cela complique effectivement, ça complexifie effectivement, pour l'élève, le sujet, tandis que si on en fait un petit peu, par exemple là, c'était principalement la question 2) a), sinon les reste après bon, c'est pratiquement facile. [(inaud.)] Même s'il y a une partie un petit peu plus compliquée mais tu as les éléments lorsqu'on te parle de perpendiculaire, tu penses au produit scalaire etcétera. Donc on te donne quelques éléments tu vois ? Mais pour revenir, comme tu disais effectivement la notion de eh : fréquence d'objets que les élèves utilisent en termes de configurations, ça habitue l'élève à avoir toujours ce type de configurations.

(59 :02) Relance 4.4.3 Quelle est ton attitude face à ces figures particulières : acceptation, demande de refaire ?

Alors je fais un point, je fais un point. Avec les élèves toujours tu fais un point : dans une situation, pense toujours à ne pas faire de figures particulières et on ne fait pas de figures particulières. Dans la mesure où après dans la démarche même effectivement, ça va se traduire effectivement par des situations particulières, tu vois, Je demande justement dans une situation, faites un triangle quelconque.

(59 :38) Question 4.5 Quels sont les modes de raisonnement privilégiés par tes élèves ?

Le plus souvent c'est si alors sinon, le type de raisonnement privilégié, c'est si alors sinon. Si telle chose alors telle chose. Effectivement tout ce qui est déduction, donc tu vois, effectivement si on a telle chose alors on a telle chose, le plus souvent c'est ça. Alors eh : est-ce qu'on a d'autres types de eh : non pas trop.

(1 :00 :00) Relance 4.5.1 Par exemple est-ce que tu as des élèves qui se contentent d'une énumération des propriétés de la figure au lieu de rentrer dans la démonstration même, ou l'emploi d'exemples particuliers pour après en faire une généralité ?

J'ai les deux, j'ai les deux effectivement, j'ai vraiment les deux donc c'est carrément deux cas effectivement qui eh : une tendance à la généralisation effectivement. [(inaud.)] Pour eux après ils ont déjà tout démontré. On a effectivement la situation effectivement où l'on part d'un truc particulier et qu'on va généraliser. Le cas général effectivement, donc on a telle propriété donc on a ça. Et ils ne précisent pas vraiment quelle propriété on a utilisé, comme c'est un carré donc finalement les diagonales sont perpendiculaires. Par contre à ce niveau-là je les aide à me dire vraiment qu'est-ce qui fait vraiment marcher les choses. Quelle propriété spécifique qui fait marcher les choses ? et pour la généralisation, on ne peut pas généraliser comme cela, il faut vraiment faire la situation du cas général ou bien faire par récurrence tu vois ?

(1 ;01 ;10) Relance 4.5.2 Est-ce que tu as des élèves qui utilisent la dimension spatiale, c'est-à-dire que pour faire une démonstration, ils utilisent les mesures sur la figure ?

En fait, finalement je crois <(rép) que> certains élèves effectivement, j'ai pas mal d'élèves ont une approche plus physique, de physicien, tu vois ? Justement ils sont prêts à mesurer eh : ; ils mesurent et après ils trouvent la solution. Oui effectivement. J'ai cela, même je dirais, à ce niveau-là je suis quand même à entre soixante et quatre-vingt pour cent qui sont de cette démarche-là. Ils sont plus, je pense que les élèves effectivement eh : ont une approche de physicien. Donc c'est là que tu vois les influences de la discipline, ils s'entendent bien avec le professeur de sciences physiques, Ok [(inaud.)]. Ils ont une dimension de physique, alors ça se passe bien avec moi, mais c'est tout simplement que l'approche des mesures, tu vois c'est plus naturel chez eux.

(1 :02 :21) Relance 4.5.3 Est-ce que tu as des élèves qui te font réellement la démonstration attendue ?

Oui, oui tout-à-fait. J'en ai quand même quelques-uns ; là aussi les fameux trente pour cent qui sont à l'aise effectivement, ils vont carrément bien me donner la démonstration, avec les propriétés qu'il faut ; absolument, absolument, à ce niveau-là sans problèmes.

(1 :02 :41) Relance 4.5.4 Et tu as observé auprès de ces élèves s'ils utilisent un brouillon ou pas ?

Alors Ces élèves-là effectivement, oui. Ils utilisent un brouillon eh : en fait, ça serait en fait une sorte de mélange entre leur brouillon et <((rires)) leur écrit>. On va dire que ce n'est pas tant le brouillon mais c'est plutôt le fait que dans leur tête ils visualisent bien les choses ils arrivent à mettre étape après étape effectivement la démarche, c'est plutôt comme cela ; c'est-à-dire que dans leur tête, ce qui fait la différence pour ceux-là, c'est que dans leur tête ils voient bien la démarche. C'est plus en termes de, OK a ça, on a posé le problème, on met la stratégie, on met les différentes étapes de la stratégie et finalement c'est plus la structuration du cerveau où l'on fait les choses pas à pas, tu vois ? C'est ça leur force effectivement qui fait que finalement, ils construisent bien la démarche, tu vois ?

(1 :03 :38) Relance 4.5.5 Donc ils construisent bien la démarche, mentalement, ils n'ont pas besoin de l'écrit ?

Tout-à-fait. C'est-à-dire c'est cela la particularité aussi, selon moi, du niveau de terminale S, c'est que de plus en plus on a des exercices à un pas, deux pas, tu vois, on n'a pas besoin par exemple pour une solution, on n'a pas besoin de par exemple sept stratégies ou dix étapes. On a besoin à peu près de deux ou trois étapes éventuellement, cette question-là on a besoin d'une ou deux étapes. Celle-ci posait problème parce qu'en fait il y avait plus d'étapes. Mais sinon à chaque fois pour la plupart des exercices, maximum trois étapes, donc finalement on se dit, bon, trois étapes dans la tête, donc ça va je vais trouver. Mais par contre

effectivement c'est pourquoi je le dis il faut qu'ils soient prêts pour le supérieur, tu vois ? Avec des situations à plusieurs étapes.

5. Profil de l'enseignant

(1 :04 :32) Nous allons conclure l'entretien sur ces quelques questions qui me permettront de pouvoir affiner mon analyse.

(1 :04 :40) Question 5.1 Quel âge as-tu ?

J'ai 50 ans.

(1 :04 :43) Question 5.2 Depuis combien d'années enseignes-tu ?

Ça fait 23 ans.

(1 :04 :50) Question 5.3 Dans quel niveau enseignes-tu ?

En terminale, lycée terminale, effectivement ; première et terminale. Ces dernières années, ces dix dernières années c'était seconde, première, terminale. Surtout première et terminale.

(1 :05 :02) Question 5.4 As-tu toujours enseigné dans ce niveau ?

J'ai fait le collège aussi effectivement, collège donc effectivement dix ans et treize ans on va dire par ce que ((1 :05 :23 :94)) ((passage non retranscrit)) ((1 :05 :26 :03))⁹³, puisque j'ai travaillé dans un autre lycée

(1 :05 :28) Question 5.5 Quels souvenirs gardes-tu de tes cours de géométrie en tant qu'élève et étudiant ?

Alors géométrie, eh : alors ce que je retiens de la géométrie, ce que j'aimais particulièrement en géométrie, c'était la dimension de création. C'est-à-dire le fait que l'on pouvait faire carrément plusieurs chemins et eh : trouver la bonne réponse. C'est plus cet aspect-là que j'apprécie particulièrement dans la géométrie tout en sachant aussi que la géométrie demande quand même une bonne aptitude à rédiger quand même, parce qu'effectivement c'est une compétence très importante. Il faut qu'on voie les différentes étapes, qu'on structure les choses convenablement qu'on l'organise pour que ça soit compris de l'autre aussi. Par rapport aux compétences de communication, en géométrie effectivement c'est quelque chose est très formateur pour l'élève et pour l'individu. ((1 :06 :25 :83)) ((passage non retranscrit)) ((1 :06 :40 :67))⁹⁴. Arriver à exprimer des objets complexes mais simplement pour que ça soit compris de tous.

(1 :06 :48) Relance 5.5.1 Aimais-tu la géométrie ?

Oui. J'aime beaucoup la géométrie, parce qu'en fait comme je l'ai dit effectivement c'est <(rép) très> riche et je vois carrément, non je pense qu'effectivement la géométrie à la limite, moi je dirais même on devrait faire plus de géométrie que d'algorithmique. Selon moi effectivement puisque ça structure davantage les choses que l'algorithmique. Dans la mesure en fait, on aurait dû mettre plus de levier au niveau de la géométrie. Pourquoi parce qu'en fait selon moi, au niveau des objets, au niveau des raisonnements, c'est dire eh : ça apprend plus à faire des mathématiques, à raisonner, à comprendre, tu vois, avec toutes les possibilités que cela entraîne que d'autres notions.

(1 :07 :36) Relance 5.5.2 Cela se passait-il bien en géométrie lorsque tu étais élève ?

Oui.

⁹³ Passage non retranscrit pour préserver l'anonymat, puisqu'on donne des indications sur PL1

⁹⁴ Ibid.

(1 :07 :41) Relance 5.5.3 Trouvais-tu la géométrie difficile ?

Ça pouvait être difficile, effectivement parce que j'ai fait eh, effectivement. Il y avait des parties qui étaient assez complexes tu vois, en géométrie ; là tu vois les limites en quelque sorte de la visualisation où tu ne pouvais pas représenter les choses tu vois. Tu devais travailler sur plusieurs dimensions etcétera, avec les propriétés. Donc ça pouvait être oui, ça pouvait être compliqué, <(rép) très> compliqué. Et des fois quand c'était compliqué, en termes de contextes, alors là tu es complètement bloqué, tu es perdu. Là tu ne peux rien faire, c'est cela qui était difficile.

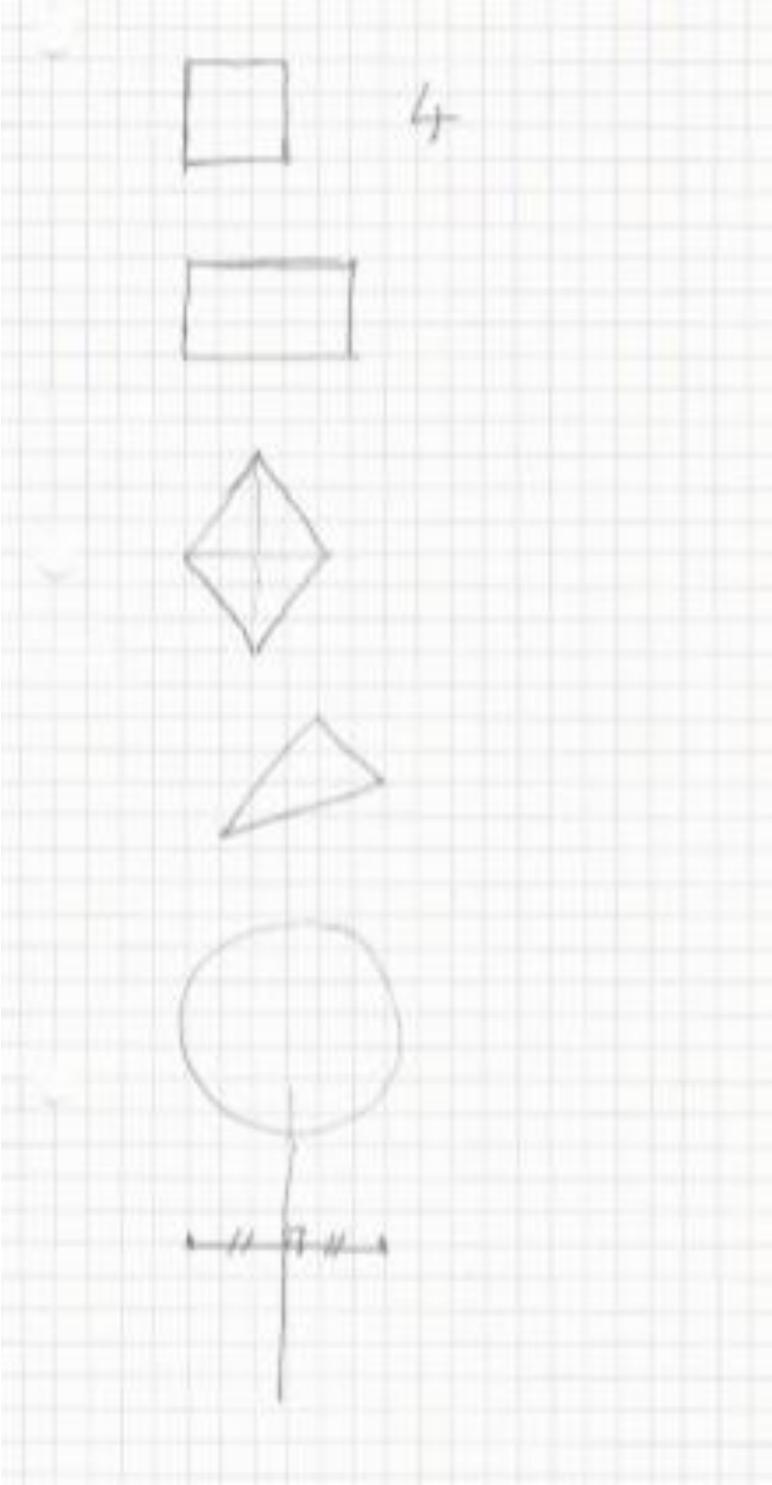
(1 :08 :20) Question 5.6 Quel est ton ressenti quant à l'enseignement de cette matière ?

Alors selon moi effectivement, surtout au niveau de la terminale, où j'enseigne, mais c'est la même chose en seconde, moi je pense que c'est un objet d'étude très intéressant. Moi je pense effectivement qu'il faudrait faire en sorte, il aurait fallu faire en sorte que la géométrie prenne plus de place mais avec plus la dimension ludique tu vois, avec des environnements, mais il aurait fallu les avoir. C'est vrai que je pense que, quoique c'est bien à priori qu'on ait maintenu la géométrie mais je pense qu'il ne faut pas qu'il y ait de rupture, entre seconde, première et terminale. Du point de vue des fonctions tout y est mais avec une diminution de la géométrie. Au moins géométrie dans l'espace, il faudrait qu'ils remettent un certain niveau.

(1 :09 :14) Relance 5.6.1 Aimes-tu enseigner la géométrie ?

Oui, pour moi effectivement j'aime bien. Franchement si on pouvait le faire même en décembre, ce serait le top. Le top ce serait carrément de l'enseigner en décembre pour pouvoir justement en faire plus.

Production de l'enseignant à la question 1.3



Exercice proposé par l'enseignant pour la question 2.8

Evaluation de mathématiques

Exercice 1

Dans l'espace muni du repère orthonormé $(O; \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ d'unité 1 cm, on considère les points A, B, C et D de coordonnées respectives $(2; 1; 4)$, $(4; -1; 0)$, $(0; 3; 2)$ et $(4; 3; -2)$.

1. Déterminer une représentation paramétrique de la droite (CD).
2. Soit M un point de la droite (CD).
 - a. Déterminer les coordonnées du point M tel que la distance BM soit minimale.
 - b. On note H le point de la droite (CD) ayant pour coordonnées $(3; 3; -1)$. Vérifier que les droites (BH) et (CD) sont perpendiculaires.
 - c. Montrer que l'aire du triangle BCD est égale à 12 cm^2 .
3.
 - a. Démontrer que le vecteur $\vec{n} \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ est un vecteur normal au plan (BCD).
 - b. Déterminer une équation cartésienne du plan (BCD).
 - c. Déterminer une représentation paramétrique de la droite Δ passant par A et orthogonale au plan (BCD).
 - d. Démontrer que le point I, intersection de la droite Δ et du plan (BCD) a pour coordonnées $\left(\frac{2}{3}; \frac{1}{3}; \frac{8}{3}\right)$.
4. Calculer le volume du tétraèdre ABCD.

Annexe 7.2 : Verbatim enseignant PL2

ENSEIGNANT PL2

(0 :00) Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un travail de master MEEF dans le parcours Pratiques et Ingénierie de la Formation, réalisé à l'ESPE de Guadeloupe. Il a pour but de mieux comprendre les pratiques des enseignants dans l'enseignement de la géométrie. Je te remercie du temps que tu m'accordes en répondant à ces questions.

1. Conception des enseignants sur la géométrie et les pratiques déclarées sur son enseignement

(0 :19) Les questions qui suivent concernant l'enseignement de la géométrie.
(0 :23) **Question 1.1** Selon toi quelle est la finalité de l'enseignement de géométrie au lycée et plus particulièrement dans le cycle terminal ?

Écoutes, (.) elle s'installe dans la continuité de l'exploration de l'environnement de l'élève qui se situe dans l'espace. Oui parce qu'il a fallu qu'il se repère et puis ça lui permet d'avoir un contact avec la réalité. Je pense que la géométrie c'est petit peu le contact avec la réalité, l'abstraction des mathématiques et la géométrie de ce qui l'entoure, le monde concret

(1 :08) **Relance 1.1.1** Et pour toi, la géométrie c'est quoi ? Apprendre des connaissances, apprendre à raisonner ?

La géométrie c'est des connaissances parce qu'on a besoin d'un certain nombre <(rép) de> concepts. Mais c'est aussi beaucoup de raisonnement, c'est surtout dans ce cadre-là que les premiers théorèmes que les élèves apprennent c'est cela et eh : leur faire comprendre qu'il faut ça pour pouvoir produire ça, du raisonnement. Le cadre est tout à fait propice aussi.

(1 :41) **Relance 1.1.2** Est-ce que tu te reportes aux instructions officielles ?

Eh : De temps en temps <((rire)) Normalement oui>. <(rire) Je regarde cela en début d'année en général>. Pour un petit peu savoir le cadre et puis l'intuition, comme d'habitude.

(2 :01) **Question 1.2** Selon toi, comment l'enseignement de la géométrie est-il perçu par tes élèves ?

Les élèves n'aiment <(appui sur le mot) pas> en général la géométrie. Dès que tu leur parle de géométrie, <((imitation)) ah non pas de géométrie !> Alors quand tu leur dis que tu ne vas pas trop en faire cette année, ils sont presque contents. Je ne sais pas pourquoi d'ailleurs ? C'est un concept qui ne leur plait pas. La géométrie analytique, ça va encore ; mais la géométrie eh : plane, tout court, ils tiquent un peu quand même.

(2 :34) **Relance 1.2.1** Et selon toi quelles sont les finalités, est-ce que c'est apprendre des propriétés, raisonner ou autre chose ?

Je ne pense pas que ça soit ça, ça, ou ça. C'est un petit peu de tout. C'est surtout pouvoir aussi résoudre des problèmes. Parce que, certes tu utilises une configuration pour pouvoir résoudre les problèmes eh : ; la difficulté qu'ils rencontrent c'est résoudre un problème tout court quel que soit la cadre, mais : ils ont du mal. Enfin ils ont du mal, certains ont du mal, mais ils sont quand même contents de voir des fois qu'ils arrivent à modéliser par une figure. Résoudre des histoires de distance, quand tu penses une seconde, à aller chercher le point, où est-ce qu'il faut mettre ce point-là, qu'il ne soit pas atteignable. Bon.

(3 :29) Relance 1.2.2 Si tu devais hiérarchiser les thèmes qui sont au programme en première par exemple, comment est-ce que tu les classerais ?

Eh : Écoutes, eh : en première, la géométrie ce qu'on, eh : l'étude déjà eh : des droites, eh : des équations de droites ça me semble quand même basique parce que ça ils vont retrouver ça tout le temps. Et après la géométrie repérée aussi. Parce que, les vec- enfin est-ce que je dois hiérarchiser ? Ce que je fais souvent à la fin, c'est le produit scalaire <((rire))> enfin, c'est hiérarchisé, non ! C'est dans le temps, c'est ce qu'on fait souvent au pas de course et on : je zappe toute la partie application, ce qui est dommage d'ailleurs. C'est quand je vais vite, je n'ai pas le temps de faire tout ça. Sinon on se contente de faire l'essentiel, ce n'est peut-être pas le mot mais eh : ; eh : on ne va pas chercher des détails par exemple de la triangulation. C'est quelque chose que je trouve intéressant, qu'on ne le fait pas souvent.

(5 :01) Question 1.3 Alors je vais te demander quelque chose à priori étonnant, je vais te demander de dessiner un carré.

Je dessine à main levée ? (01.35) [(inaud).] (20.82) un cercle. (02.03) Un segment et sa médiatrice (08.67).

(5 :56) Question 1.4 Comment abordes-tu la géométrie avec tes élèves ?

Alors que je me souviens. En général, et bien eh : écoutes, ça dépend, la géométrie comme tout le reste, c'est trouver une activité qui va introduire ça. Des fois il m'est arrivé aussi de faire avec eux des petits exposés, faire la construction. J'ai eu l'occasion avec une première S, il y a de cela, quatre ou cinq ans, l'année où Villani est venu en Guadeloupe, j'ai fait des constructions de solides, les solides de Platon, on les avait construits eh : pour ensuite après étudier un peu les droites, un petit peu le repérage dans l'espace [(inaud).] et après aussi, et ensuite on l'avait utilisé pour parler des propriétés des figures, des faces. On en avait utilisé aussi eh : pour faire un petit peu du dénombrement, le nombre de côtés, faire un petit peu de, la récurrence, mais enfin de voir si on pouvait trouver des formules, on avait fait ça, un petit peu ça.

(7 :15) Relance 1.4.1 La figure en jeu est-elle toujours donnée ou bien est-ce que les élèves vont construire eux-mêmes la figure ?

Ah non. Bien non. Des fois il y a des figures : données mais la plupart du temps ils ne l'ont pas (01.00). La plupart du temps ils doivent la construire et ce n'est même pas une obligation. Ça dépend il peut y avoir des exercices où je leur dis mais vous auriez pu au moins faire la figure pour voir, pour voir un petit peu, pour avoir une idée de ce que ça peut être. Mais des fois ils n'ont pas forcément l'idée de la construire, alors ça pourrait les mettre sur la piste.

(7 :57) Question 1.5 Comment t'organises-tu dans le temps pour l'enseignement de la géométrie, c'est-à-dire à quel moment pratiquement est-ce que tu fais de la géométrie dans l'année ?

Eh : dans le temps, c'est-à-dire où est-ce que je mets ça en début d'année, en fin d'année ? En général c'est plutôt un petit peu, par exemple en première S eh : quand je parle de, le premier chapitre que je fais en géométrie en général ce sont les équations de droites ; [(inaud).] et après le second degré ça vient tout de suite en début d'année. Ensuite tu fais encore un petit peu d'analyse et après tu reviens un petit peu. C'est tout au long de l'année quand même. En seconde quand je me souviens, ça fait un moment que je n'ai pas fait de seconde mais : en seconde j'essaie de mettre un petit peu de configurations dès le début. En tous cas on commençait à faire un petit peu de calculs dans l'espace pour pouvoir revoir les nombres et les racines carrées ; donc ça va un peu tout au long de l'année quand même.

(8 :57) Question 1.6 Et que penses-tu de l'enseignement de la géométrie ? est-ce facile, difficile ? S'il y a des difficultés, de quel ordre ?

Je pense qu'il est carrément en train de disparaître. Quand même un peu en train de disparaître des programmes et c'est un peu dommage. Mais peut-être que ça tient au fait que, je ne sais pas pourquoi les élèves, <(rire) ils n'aiment pas ça>. Ils n'aiment pas ça. Et eh : quand je parlais de construire les solides, les élèves avaient à construire par exemple un pentagone ils devaient suivre le programme et là il fallait utiliser un vocabulaire pour parler de ceci et de cela, ils étaient obligés un peu eh :de voir que finalement ce n'était pas si inintéressant ; ils pouvaient faire les choses

(9 :46) Relance 1.6.1 Est-ce que tu penses que c'est facile, difficile ?

Est-ce que c'est facile ? ça doit être difficile. Pourquoi, parce que mine de rien il y a beaucoup de raisonnement en géométrie. Et eh : les élèves ont du mal à : Certains, alors, il y a ceux qui voient très bien même dans le plan et ceux qui n'y arrivent pas. Tu demandes à un élève de tracer une droite parallèle, même sur une feuille quadrillée, c'est les mêmes qui n'y arriveront jamais ou difficilement et les autres évidemment c'est tellement évident. Je pense, je ne sais pas, ça m'interpelle un peu. Dans l'espace, c'est encore pire. Tracer ou voir, cette année en terminale, voir des configurations dans l'espace, des droites parallèles, l'orthogonalité, j'ai l'impression, <((rire)) ce n'est pas donné à tout le monde>. Ou alors peut-être qu'on ne leur a pas appris suffisamment tôt

(10 :53) Question 1.7 Prends-tu des exemples tirés de la vie quotidienne pour illustrer les différentes figures géométriques ?

Eh : Oui, oui eh : à quoi je pense ? (03.32) Oui. Certaines fois, <((rire)) bonne question, tiens !>

(11 :20) Relance 1.7.1 Tu as par exemple concernant la géométrie plane pour les figures, leur montres-tu des images de panneaux, des logos, des choses comme ça ?

Eh : Peut-être pas pour le plan. (02.59) J'utilise plutôt ça pour des solides. Des fois je fais venir pour les solides, des boîtes de toblerone, des choses comme ça. Mais eh : que j'avoue que c'est vrai que dans le plan peut-être que je penserai à ça, à faire manipuler. Oui, les manipulations dans un cas concret quand on a étudié les solides de Platon, les élèves ont manipulé, ils ont vu. Mais eh : ils ont cherché autour d'eux des choses qui ressemblent à ça, ils en ont construit, ils ont fait des patrons. Mais peut-être qu'effectivement dans le plan, non. J'ai l'impression que c'est acquis, un carré, un triangle.

(12 :13) Question 1.8 Lorsque tu soumetts un problème de géométrie aux élèves est-ce que tu leur laisses le temps de chercher ?

La grosse question, la grande question. Est-ce que je leur laisse assez de temps. <((rire)) je l'admets parce que>, et bien écoutes, un temps raisonnable me semble-t-il ! Et puis, en général, il y a toujours un ou deux qui font avancer le stimblick avec des petites pistes. Mais en général, oui, ils cherchent un petit peu. Et puis après c'est, c'est calibrer le truc pour que tu aies le temps de voir ce que tu fais, faire une application, montrer des petites choses, oui.

(12 :50) Relance 1.8.1 Fais-tu la correction avant que tous aient trouvé la solution ?

La correction avant que tous aient trouvé, ouais ça doit arriver. Oui.

(13 :05) Relance 1.8.2 Fais-tu la correction toi-même ou la fais-tu faire par un élève ?

Ça dépend. En général ce sont les élèves, oui, qui vont faire la correction au tableau. Ou eh : je peux faire un schéma. Je peux faire le schéma au

tableau. Mais, eh : ça dépend, ça dépend. C'est l'un ou l'autre, <(rép) c'est> les deux.

(13 :27) Relance 1.8.3 Penses-tu disposer d'assez de temps pour la résolution des exercices ?

Non parce que je me rends compte que : quand on voit un nouveau concept, on ne, on n'a pas ou < (appui sur le mot) je n'ai pas> suffisamment le temps de les réutiliser, de les réinvestir. Je ne sais pas, ou je n'arrive pas à la faire en tous cas. Et on le fait une fois, deux fois sur deux exercices et ça n'est pas encore vraiment, vraiment ancré pour tous que l'on est déjà en train de courir après quelque chose d'autre.

(14 :05) Question 1.9 Quels éléments te paraissent importants dans la résolution d'un problème ?

Ben il me semble déjà important de bien lire les données. De lire le texte de savoir de quoi il s'agit, dans quel cadre on se situe, si c'est un cas particulier, de, d'une configuration ou pas et eh : et de pouvoir ensuite essayer de (.), pas systématiquement de faire une représentation, mais en tous cas de eh : de voir des cas particuliers, est-ce que ça peut, ça peut, dénouer le fil du problème.

(14 :47) Relance 1.9.1 Demandes-tu aux élèves de décrire leur méthode ?

Alors, quelquefois, il y a des exercices où il faut, <(rép) qu'ils eh :> où ils rédigent complètement leur raisonnement. La méthode ! eh : la méthode, est-ce un type de raisonnement, elle doit être cachée derrière. [(inaud.)] Ils ne font pas tous la même façon mais je crois que... je ne sais pas, je ne sais pas quoi répondre à cela. Est-ce que je demande aux élèves de me donner leur méthode ? Leur démarche plutôt, oui, c'est ça. Ça c'est plutôt quand eh : ils sont en devoir maison. Il y a des devoirs où ils ne sont pas guidés du tout. Et donc là, oui, ils sont obligés de se débrouiller.

(15 :42) Relance 1.9.2 Leur montres-tu l'utilisation des connecteurs logiques ?

Alors il m'arrive de faire, il y a un truc et j'ai trouvé ça intéressant. Il m'arrive de faire un exercice, de faire eh : de décortiquer un raisonnement en petit morceaux et de leur demander de remettre les choses dans l'ordre. Avec les petits mots, enfin le raisonnement soit parce qu'on a fait un exercice semblable et puis après eh : un autre truc, un autre exercice du même type et ils doivent un petit peu savoir qu'est-ce qui va avant, qu'est-ce qui découle de quoi, qu'est-ce qui est hypothèse, qu'est-ce qui est conclusion ? Qu'est-ce qui permet de dire ça et l'ordre, ce n'est pas toujours évident mais c'est un exercice que je fais.

(16 :26) Relance 1.9.3 Est-ce que tu leur présentes les différents types de raisonnement ?

Eh : Et non. J'avoue que c'est écrit noir sur blanc dans le programme <((rires)) Je le fais plus en terminale>. En début d'année quand même, on prend un certain temps pour voir les différents types de raisonnement par l'absurde, les contraposées, la logique un petit peu. Avec des exemples <(rép) de> géométrie, ça s'applique bien et (03.11) Oui est-ce que je leur montre tout ce : (01.75) au fil du temps peut-être, on voit tous les types de raisonnement.

(17 :16) Question 1.10 Quelle aide apportes-tu aux élèves dans la résolution ?

(04.48) Alors, quelle aide ? Des fois je leur fais des suggestions du genre : (01.96) souvent c'est essayer de faire une représentation graphique ou est-ce qu'ils ont pensé à voir un cas particulier ou est-ce qu- de voir s'ils sont dans un cas particulier qui les empêche de généraliser un peu la question. Mais souvent c'est surtout parce qu'il y en a un qui fait une erreur intéressante qu'on fait la remarque et les autres corrigent un petit

peu le tir. Ou parce qu'il y a quelqu'un qui a posé une question. C'est plutôt comme cela. J'avoue que, j'ai dû- je ne les fais pas travailler en groupe. Ils sont plutôt en train de travailler peut-être ceux qui sont côte à côte. Mais le travail en groupe, je ne pratique pas beaucoup.

(18 :20) Question 1.11 Les théorèmes sont-ils accompagnés d'un dessin permettant de les illustrer lorsque c'est possible ?

Ah oui. Et oui, les théorèmes, les propriétés en général oui il y a un dessin.

(18 :35) Question 1.12 Quels autres éléments relatifs à ta pratique de l'enseignement de la géométrie souhaites-tu ajouter ?

Alors, il m'arrive aussi dans ma pratique de géométrie de leur montrer des petites vidéos. Des petites vidéos : comme ça. Alors, c'est une façon de voir autrement. J'utilisais un petit peu à l'époque eh : geoplan et geospace, mais j'avoue que cabri là 3D j'ai pas souvent utilisé. Cette année j'ai essayé moi déjà de maîtriser le geogebra 3D et ça me donne un peu de gaz. Et donc eh : le logiciel de géométrie dynamique en 3D je ne l'utilise pas vraiment.

2. Les consignes déclarées du professeur

(19 :32) Nous allons maintenant nous pencher sur une figure particulière : le triangle

(19 :38) Question 2.1 Quand tu fais le programme de géométrie, fais-tu des rappels sur les différents triangles ?

Eh : c'est en seconde ça ? Est-ce que je fais des rappels ? Non ! C'est au fil d'un exercice qu'on, non ce n'est pas du rappel comme ça. Non en général non. On prend un exercice dans lequel on verra peut-être un triangle rectangle, ou un triangle isocèle et on aura à ce moment-là à redéfinir le, remettre les définitions en place.

(20 :08) Question 2.2 Quel(s) support(s) utilisez-tu pour les figures en géométrie ?

En géométrie, ça peut être des exercices du livre. Ça peut être des eh : schémas au tableau, un schéma que je mets au tableau. Ça peut être eh : tout simplement aussi en géométrie, sans qu'il y ait une figure où pout point de départ il y a un problème eh : et on va le résoudre par eh : un calcul de distance, avec l'utilisation de calcul de distance et tracer peut-être un cercle et eh : ça peut être juste un texte aussi qui est au départ de, de l'exercice.

(20.58) Relance 2.2.1 Préfères-tu que les figures soient faites sur le cahier, papier blanc, papier quadrillé, document, à l'aide de l'informatique ?

Est-ce que j'ai des préférences ! Non. <(rép) Non>. En général je demande à mes élèves un cahier avec des carreaux normaux <((Rires))>, parce qu'écrire tout petit, donc ils font leur figure dessus. Lorsqu'il y en a <(rép) qui me> font des figures qui peuvent être sur leur ordinateur et qui me les rendent eh : bien propres, pourquoi pas ! Dès qu'ils savent déjà manipuler le truc. Quand on va en salle pour faire les TP ils voient comment ça fonctionne donc ils savent créer des figures avec geogebra par exemple.

(21.39) Question 2.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

Eh : Non, parce qu'ils font toujours des verticales et des horizontales et donc eh : si le papier est blanc ils font de vraies parallèles <((rire)) par exemple> mais eh : c'est rare qu'ils fassent, mais cela dit il m'arrive pour aller plus vite de leur dire d'utiliser le quadrillage pour faire les parallèles quand même. Parce qu'on n'a pas toujours <(rép) un>, une équerre, une règle par élève.

(22 :20) Relance 2.3.1 As-tu remarqué comment ils dessinent les triangles sur une feuille quadrillée, par exemple, placent-ils les points et ensuite les côtés, ou procèdent-ils d'une autre manière ?

Pour faire des figures ? Les sommets d'une figure par exemple ? Eh : Je n'en sais rien. Comment ils font ça ? Non je pense qu'ils font les côtés. Non je crois qu'ils font les côtés. Ah ils doivent utiliser des points. [(inaud.)] J'avoue que moi-même quand je fais une figure au tableau, je fais un côté, l'autre côté j'enlève ce qui dépasse mais je ne mets pas d'abord les points.

(23 :05) Question 2.4 Dans une activité concernant le triangle dont la nature n'est pas précisée par l'énoncé, voici deux consignes : « Construire un triangle ABC » « construire un triangle quelconque ABC » ? À laquelle adhères-tu ?

Alors tu peux reprendre s'il te plait ?

(23 :42) Relance 2.4.1 Dans une activité concernant le triangle dont la nature n'est pas précisée par l'énoncé, voici deux consignes : « Construire un triangle ABC » « construire un triangle quelconque ABC » ? À laquelle adhères-tu ?

Moi je préférerais dire « Construire un triangle ABC ». (02.00) En sachant que eh : on leur dit à ce moment-là eux ils ne doivent pas faire de triangle particulier. Mais si je dis quelconque c'est que je eh : j'ai déjà mâché la moitié du travail.

(23.55) Relance 2.4.2 Donc pour toi le mot « quelconque » est-il indispensable dans cette consigne ?

Indispensable ? Non. (04.41) <(rép) non> Je ne crois pas que je mettrais indispensable.

(24 :14) Question 2.5 Quel type d'activité mentale attends-tu des élèves en géométrie ?

Activité mentale (02.55). Eh : Activité qu'on fait en début du cours avec un vidéoprojecteur eh : avec les vecteurs, repérage, on peut repérer facilement s'ils sont colinéaires ou pas ou eh : activité mentale !

(24 :53) Relance 2.5.1 Par exemple lire, se rappeler d'un exercice fait précédemment.

Eh : Se rappeler, en tous cas utiliser un raisonnement qu'on a déjà utilisé.

(25 :15) Question 2.6 Quel rôle joue, selon toi, le brouillon en particulier en géométrie ?

Le brouillon. En géométrie ou ailleurs. Je leur demande un cahier de brouillon car je ne veux pas que le cahier d'exercice soit un cahier de brouillon et qu'ils ne se limitent pas parce qu'ils veulent toujours que le cahier d'exercice soit propre. Donc moi du brouillon, c'est nécessaire. C'est nécessaire même pour le raisonnement parce que, dès fois ils ont : ils n'ont pas forcément le bon raisonnement tout de suite, pas la bonne règle, le bon ordre des choses alors donc ça leur permet de se tromper.

(25 :56) Relance 2.6.1 As-tu observé s'ils utilisent un brouillon pour la figure ?

Eh : en général quand ils font la figure sur le brouillon ils la font au propre quand même.

(26 :08) Relance 2.6.2 Est-ce qu'ils utilisent un brouillon dans l'élaboration de leur démarche ?

Oui. Oui

(38 :14) Relance 2.6.3 Il y a une bonne proportion qui l'utilisent ou pas ?

Non. Il y a beaucoup de, non. C'est (.) ce n'est pas un combat, mais c'est un, une demande : essayez de, vous avez le droit. Essayez de chercher. Parce qu'en fait les élèves ils aiment bien ; ils ne veulent des fois pas chercher, parce qu'ils veulent recopier la rédaction faite. Et eh : on ne fait pas de correction complète parce qu'il faut qu'ils aient cherché s'ils veulent avoir des traces sur leur feuille. Et eh : donc l'idée c'est quand même de, de chercher. Quelle était ta question déjà ?

(26 :58) Relance 2.6.4 Utilisent-ils le brouillon dans l'élaboration de leur démarche ?

Oui quand ils l'ont ((rire)). Sinon des fois ils le font directement sur leur feuille alors des fois c'est raturé (03.50).

(27 :13) Question 2.7 Des deux termes « figure » ou « dessin », lequel utilises-tu ?

Figure.

(27 :20) Relance 2.7.1 Est-ce la même chose pour toi ?

(04.39) Donc pour moi mais, <(rép) oui>. Mais j'avoue que j'utilise plutôt le mot figure.

(27 :32) Lors de la prise de rendez-vous, si tu te rappelles-vous qu'on avait discuté sur la possibilité de d'analyser un de tes énoncés ? Pouvons-nous procéder à cela maintenant ?

(27 :34) Question 2.8 Concernant les énoncés, tu vas me les transmettre ?

Eh : ouais.

3. Points forts et points faibles des élèves en géométrie.

(27 :47) Dans les questions qui suivent, nous allons nous intéresser à l'activité des élèves, aux réussites qu'ils peuvent avoir ou aux difficultés qu'ils rencontrent.

(27 :57) Question 3.1 Quelle appréciation générale as-tu du niveau de tes élèves en géométrie ?

Ça dépend des années, <((rire) ça dépend des crus>. Le niveau général, (03 :04) <(rép) c'est> assez mitigé, c'est moyen. (03.46) Il est moyen.

(28 :23) Relance 3.1.1 Les résultats sont-ils corrects en géométrie ou as-tu noté des différences ?

Les résultats corrects, eh : oui. Correct, c'est tellement variable que, est-ce que je peux généraliser [(inaud.)] correct ? (02.28) Ils disent ne pas aimer ça ; par exemple en terminale, je trouve qu'en terminale, la géométrie dans l'espace ça plait assez (.) aux élèves. Et c'est surtout, en fait dès, la géométrie analytique leur plait beaucoup plus que l'autre géométrie où il faut raisonner un petit peu plus ; en fait il y a moins de calculs à faire. C'est plus du raisonnement, voir les choses.

(29 :519) Question 3.2 Qu'est-ce que les élèves réussissent le mieux en géométrie ?

(06.32) Qu'est-ce qu'ils réussissent le mieux ? (02.98) Ils aiment bien faire les calculs en géométrie. <((Rires)) (rép) C'est un>, une aberration mais plus que raisonner <(rép) sur> les propriétés, la logique d'un truc, d'un eh : sur les propriétés des théorèmes.

(29 :55) Question 3.3 Qu'est-ce qui leur pose le plus problème en géométrie ?

Voir. (01.97) Voir <(rép) sans> enfin, im- raisonner, imaginer ; <(rép) sans> schéma ils ont du mal quand même. Alors quand effectivement (03.35) quand : Qu'est-ce qui leur pose problème ? (01.44) Voir et puis (.), ce qui leur pose problème <(rép) c'est> de, de bien comprendre ce qu'on veut

démontrer et les outils ; ils confondent un peu la conclusion et ils veulent démontrer ça donc ils te disent que c'est ça. Ils font un grand tour pour arriver exactement à ce à quoi ils voulaient arriver mais ils partent de là. Je dis toujours ils, ce n'est pas une généralité ? Ceux qui ont des difficultés, ce sont ceux pour lesquels tout va trop vite.

(30 :58) Question 3.4 Quels remèdes penses-tu qu'on puisse porter aux difficultés qu'ils rencontrent ?

(04.77) Je ne suis pas très douée.

(31 :08) Relance 3.4.1 À ceux qui rencontrent des difficultés en géométrie ?

< ((en soupirant)) On devrait leur faire un peu plus manipuler. On devrait> bien sûr. (.) [(inaud.)) Et on devrait peut-être faire un peu plus de géométrie. Utiliser peut-être plus de problèmes de géométrie, pour eh : pour faire le reste des mathématiques, des exemples tirés de la géométrie, comme cela <(rép) ils seraient> plus apprivoisés. Mais eh : ce n'est pas ce que je fais en général.

4. Ce que pensent les enseignants des pratiques des élèves

(31 :47) Dans les questions qui suivent nous allons parler de vos observations sur les pratiques des élèves.

(31 :49) Question 4.1 Quelles compétences du collège te semblent acquises par les élèves entrant en seconde ?

(01.41) Hof Ils connaissent, <(rép) ils savent tracer> la plupart des figures planes classiques. Ils savent utiliser des outils eh : tracer des parallèles ((rire)). C'est à voir ils utilisent <((rire)) le quadrillage quand même>. Ils connaissent un certain vocabulaire, (.) pour décrire les objets.

(32 :37) Question 4.2 Comment s'effectuent les constructions de figures géométriques ?

Alors il y a des constructions à main levée (04.29) et <(rép) des> constructions eh : car il est interdit de mesurer pour démontrer quoi que ce soit. Donc eh :> ils font des constructions avec leur règle, avec les outils. Les outils de fortune, badge et compagnie, mais eh : Ils sont toujours impressionnés quand on trace un cercle au tableau avec un cordon.

(33 :18) Relance 4.2.1 Leur demandes-tu d'utiliser le matériel de géométrie lorsqu'ils sont à leur place ou au tableau ?

Eh : alors il faut que je précise, quand on va utiliser un compas parce qu'il faut l'amener et ce n'est pas évident de l'avoir, ça c'est des souvenirs de ce monde, mais sinon ils savent clairement l'utiliser au tableau ; on a des compas avec des ventouses, ce n'est pas simple d'ailleurs sur eh : J'aime bien la petite ficelle. S'ils aiment bien. Et puis ils comprennent que c'est à la même distance quoi, l'ensemble des points à la même distance.

(34 :03) Question 4.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

(04.00) Non puisque, puisqu'ils vont quand même avoir tendance à faire des horizontales et des verticales. C'est un gros classique. Quand tu leur dis de tracer un vecteur, c'est sûr qu'il est horizontal ou vertical.

(34 :28) Question 4.4 As-tu remarqué une tendance de vos élèves à faire des figures particulières ?

(07.00) Des figures particulières eh : ? En général, un triangle est souvent isocèle, mais bon. Non pas plus que ça.

(35 :34) Relance 4.4.1 L'usage des figures particulières peut-il poser problème. ?

(02.29) Poser problème quand ils ne réalisent pas que ça restreint leur, les possibilités et que ça c'est un problème. Je ne sais pas si ça peut poser problème mais en tous cas, <(rép) ça> des fois ils passent à côté de certains raisonnements. Mais souvent il y en a un autre qui n'a pas fait la même chose et ils se rendent compte que leur conclusion n'est pas valable pour l'autre. Ou il faut leur dire, ou leur camarade leur dit.

(35 :46) Question 4.5 Quels sont les modes de raisonnement privilégiés par tes élèves ?

Ah « je vois que », « on voit que » <((rire)) ça c'est un grand classique>. Mais ils eh : déduisent des choses [(inaud.)] tu me fais réfléchir.

(36 :11) Relance 4.5.1 Par exemple est-ce que tu as des élèves qui se contentent d'une énumération des propriétés de la figure au lieu de rentrer dans la démonstration même, ou l'emploi d'exemples particuliers pour après en faire une généralité ?

Eh : ouais peut-être oui. En tous cas, par exemple, un truc tout simple, pour montrer à un moment donné que c'est un parallélogramme, Ils montrent que les diagonales se coupent en leur milieu < (appui sur le mot) et> que les deux côtés opposés sont de même longueur < (appui sur le mot) et> que les deux autres aussi donc en fait c'est la redondance des fois.

(36 :44) Relance 4.5.2 Est-ce que tu as des élèves qui utilisent la dimension spatiale, c'est-à-dire que pour faire une démonstration, ils utilisent les mesures sur la figure ?

Il y en a qui ont tendance à faire cela ouais. Montrer que c'est le milieu et hop, je vais sortir ma règle.

5. Profil de l'enseignant

(37 :04) Nous allons conclure l'entretien sur ces quelques questions qui me permettront de pouvoir affiner mon analyse.

(37 :12) Question 5.1 Quel âge as-tu ?

J'ai 54 ans.

(37 :16) Question 5.2 Depuis combien d'années enseignes-tu ?

Eh : Depuis quatre-vingt, : quatre-vingt-huit, même pas, ça doit être quatre-vingt-quatre, tu vas calculer ((rire)) Non j'étais en formation, j'ai commencé en quatre-vingt-six, allez, mille neuf cent quatre-vingt-six.

(37 :41) Question 5.3 Dans quel niveau enseignes-tu ?

Première S

(37 :42) Question 5.4 As-tu toujours enseigné dans ce niveau ?

Non quand je dis que j'ai commencé en 1986, j'ai fait du primaire, j'ai fait de la maternelle, j'ai fait du collège, et du lycée, du post-bac (29 ans en lycée).

(38 :01) Relance 5.4.1 Depuis combien de temps enseignes-tu en lycée ?

Au lycée ? Ben écoutes, en mille neuf cent quatre-vingt-onze j'ai été nommée TZR dans un lycée-collège à Paris ; donc ouais ce sont les premières années que j'ai commencé à travailler en lycée.

(38 :32) Question 5.5 Quels souvenirs gardes-tu de tes cours de géométrie en tant qu'élève et étudiant ?

(03.15) <(rép) Je n'en ai pas un grand souvenir.>

(38 :45) Relance 5.5.1 Aimais-tu la géométrie ?

<((rire)) Ça ne m'a pas marquée plus que ça.> Par contre j'aime jusqu'à présent et je fais ça souvent avec les élèves leur donner des figures géométriques, les < (appui sur le mot) belles> figures géométriques. La

géométrie juste pour faire de beaux schémas. Il y a quelques années de cela on avait fait une exposition de figure géométrique ; donc il fallait prendre des crayons ? Il fallait suivre un programme de construction, mais c'était souvent avec eh : d'ailleurs j'ai commandé toute une série de documents là pour ça ; je voulais faire un club de maths, je t'avais dit, et je voulais faire cela avec ceux qui n'adhèrent pas forcément, ceux qui veulent juste s'exprimer car ça peut être beau !

(39 :37) Relance 5.5.2 Cela se passait-il bien en géométrie lorsque tu étais élève ?

Ça devait se passer bien ! ça ne m'a pas marqué plus que ça je me souviens de certains points d'analyse qui m'embêtaient mais

(39 :56) Relance 5.5.3 Trouvais-tu la géométrie difficile ?

Non, je ne pense pas eh : j'aimais les mathématiques <(rire) j'aimais les maths>.

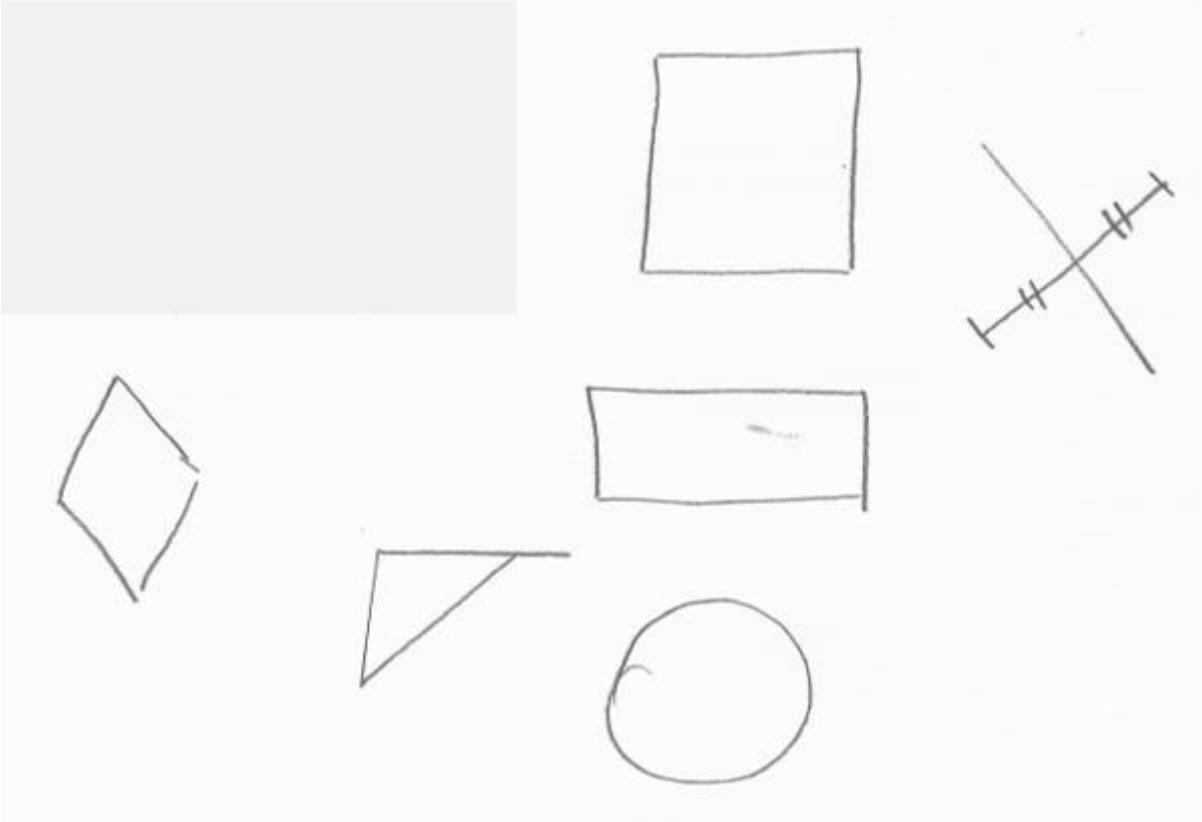
(40 :07) Question 5.6 Quel est ton ressenti quant à l'enseignement de cette matière ?

La part de la géométrie elle est quand même restreinte. Et il y a des classes, par exemple avec les STMG, je n'en fais guère, gère de géométrie en fait. Alors <(rép) que> ça participe certainement à la construction du schéma, mais.

(40 :54) Relance 5.6.1 Aimes-tu enseigner la géométrie ?

Je n'aime pas du tout les configurations, je n'aime pas ça. C'était un truc que j'aimais pas du tout parce que ce n'est pas évident de leur faire rédiger un raisonnement. Je n'aime pas trop. Je préfère, première S, produit scalaire, ça va.

Production de l'enseignant à la question 1.3



Annexe 7.3 : Verbatim enseignant PL3

ENSEIGNANT PL3

(0 :00) Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un travail de master MEEF dans le parcours Pratiques et Ingénierie de la Formation, réalisé à l'ESPE de Guadeloupe. Il a pour but de mieux comprendre les pratiques des enseignants dans l'enseignement de la géométrie. Je te remercie du temps que tu m'accordes en répondant à ces questions.

1. Conception des enseignants sur la géométrie et les pratiques déclarées sur son enseignement

(0 :19) Les questions qui suivent concernant l'enseignement de la géométrie.
(0 :25) **Question 1.1** Selon toi quelle est la finalité de l'enseignement de géométrie au lycée et plus particulièrement dans le cycle terminal ?

(04.13) Il y a deux aspects : il y a(.) d'une part la géométrie repérée et ce qu'on pourrait appeler la géométrie pure mais la tendance maintenant c'est plutôt <(rép) la> géométrie repérée même si <(rép) en> géométrie dans l'espace en terminale (.) S on peut revenir à la géométrie sans coordonnées. La finalité c'est d'aider les élèves à appréhender d'une part les configurations du plan et aussi de développer leur vision dans l'espace. L'idéal serait de pouvoir le faire avec tous les outils disponibles y compris les logiciels de géométrie dynamique eh : dans le temps dont on dispose par ailleurs.

(1 :15) **Question 1.2** Selon toi, comment l'enseignement de la géométrie est-il perçu par tes élèves ?

Je ne pense pas qu'il y ait de perception particulière : Actuellement, avec les élèves actuels au niveau de la géométrie eh : il y a quelques années, on va dire il y a une bonne dizaine d'années, douzaine d'années, c'est vrai que l'enseignement de la géométrie était plus répandu y compris au niveau du collège donc les élèves avaient un vécu plus important et il y avait ceux qui aimaient la géométrie et ceux qui n'aimaient pas. Donc c'est vrai que là il pouvait y avoir des réactions plus tranchées. Eh : aujourd'hui ils ne perçoivent pas vraiment de spécificités de la géométrie, c'est plus nous en tant qu'enseignant qui éventuellement regretter que ce soit appauvri.

(2 :00) **Question 1.3** Alors je vais te demander quelque chose à priori étonnant, je vais te demander de dessiner des figures courantes à main levée.

(13.39) Quelconque ? (31.29)

(2 :54) **Question 1.4** Comment abordes-tu la géométrie avec tes élèves ?

(04.21) Eh : dans quel sens la question ?

(03 :04) **Relance 1.4.1** Par exemple parles-moi des activités que tu fais en classe.

(02.39) On va essayer de travailler sur des configurations. Eh : donc suivant le temps s'il y a, (01.37) selon le temps dont je dispose <(rép) je> mélangerai avec d'autres considérations, par exemple en seconde on peut mêler un peu les activités de géométrie repérée à l'aide <(rép) des> études de fonctions donc ça permet un peu de complexifier <(rép)les> tâches et d'enrichir le sujet. Eh : (00.25) bon en fonction des difficultés qu'on peut repérer, si on démarre tout de suite sur une activité de ce type, c'est vrai qu'il faut ensuite peut-être revenir sur des fondamentaux <(rép) de> la géométrie ; eh : je peux aussi notamment en seconde, choisir de démarrer sur les activités de repérage à priori élémentaires c'est-à-dire manipuler les coordonnées et appliquer le formulaire en repère orthonormé

à priori pour la distance en tous cas, les coordonnées d'un milieu (.) et ensuite on va enrichir au fur et à mesure c'est-à-dire qu'une fois que les élèves ont, se sont familiarisés avec les formules, on peut utiliser les configurations comme le parallélogramme par exemple avec plusieurs caractérisations possibles, les côtés parallèles deux à deux ou les diagonales (.) qui se coupent en leur milieu par exemple ; eh : sachant qu'ensuite on peut y revenir par le biais des vecteurs donc c'est aussi l'intérêt de cette activité c'est qu'elle peut être poursuivie en cours d'année, elle peut être vue avec un angle spiralaire, avec un point de vue : varié et en (02.23) dans le cycle terminal, c'est un peu la même chose. Alors qu'on a l'activité il y a les droites essentiellement, enfin pour ce qui est de la première, les plans en terminale et puis là : en plus les cercles alors on part sur les équations de droites, équations de cercles donc on est plus dans le cadre de la géométrie repérée. En lien avec le produit scalaire on peut aussi avoir des applications du produit scalaire pour calculer des angles ou des longueurs dans le triangle donc (00.26) en général, en tous cas en première ça se fait dans un cadre exclusivement repéré ; en terminale on peut éventuellement envisager alors ceci dit le produit scalaire on peut aussi le calculer sans coordonnées, on peut le calculer quand on connaît les longueurs des angles, donc éventuellement on peut exploiter la configuration qu'on a <(rép) pour> faire les calculs. Mais après j'aime bien brasser plusieurs types de formules ; ça enrichit <(rép) les> choses et donc on tombe assez vite dans le cadre de la géométrie repérée. Et en terminale, c'est un peu pareil ; le problème de la terminale c'est que c'est le, (00.77) les compétences du bac qui guident <(rép) la> formation. Donc si au bac c'est plutôt des situations de géométrie repérée qui sont privilégiées même dans l'espace, c'est vers ça qu'on va se diriger de préférence.

(6 :02) Relance 1.4.1 La figure en jeu est-elle toujours donnée ou bien est-ce que les élèves vont construire eux-mêmes la figure ?

Non, je peux demander à construire la figure ; ça permet justement aussi de voir si les élèves maîtrisent <(rép) les> définitions. Par exemple sur les droites remarquables du triangle ça peut être l'occasion de faire le point justement donc. La figure n'est pas systématiquement donnée. Par contre quand elle n'est pas fournie par l'énoncé, eh : moi de toutes les façons j'encourage les élèves à la construire parce que c'est toujours bien de s'appuyer sur une figure même si la figure ne suffit pas pour démontrer.

(6 :36) Question 1.5 Comment t'organises-tu dans le temps pour l'enseignement de la géométrie, c'est-à-dire à quel moment pratiquement est-ce que tu fais de la géométrie dans l'année ?

(01.05) C'est-à-dire une séance en soit, comment on gère une séance eh : d'activité géométrique ?

(6 :48) Relance 1.5.1 C'est-à-dire est-ce que tu fais la géométrie au premier trimestre, au deuxième trimestre ?

Ça peut être à différents moments dans l'année eh : puisqu'on nous encourage de toutes les manières à faire des choses spirales donc c'est vrai que ça peut être intéressant d'y revenir, bon ; en première S on n'a pas tant d'occasions que ça d'en faire donc c'est éventuellement quand on va parler des vecteurs ensuite on va revenir sur le produit scalaire (00.90). Eh : il y a des occasions peut-être un petit peu plus riche en seconde, de faire de la géométrie ; Donc c'est autant que possible à plusieurs reprises au cours de l'année, il n'y a pas de moments privilégiés.

(7 :28) Relance 1.5.2 Y a-t-il une partie du programme que tu ne traites pas faute de temps ?

(02.81) Ben : non, j'essaie de traiter l'ensemble du programme mais en tous cas la géométrie <(rép) il n'y a pas> lieu de sacrifier quoi que ce soit puisque tout va être utile aux élèves eh : dans la suite de leur cursus.

On peut faire le même constat pour la trigonométrie, donc c'est pareil ce n'est pas une partie que j'aime trop sacrifier donc j'essaies <(rép) de> m'arranger pour avoir tout traité.

(8 :01) Question 1.6 Que penses-tu de l'enseignement de la géométrie ? est-ce facile, difficile ? S'il y a des difficultés, de quel ordre ?

(03.40) L'enseignement de la géométrie est intéressant, je pense que <(rép) les> choses qu'on nous donne à faire <(rép) sont> intéressantes. C'est vrai que les capacités des élèves ont beaucoup baissé, mais (.) le temps qu'on consacre à la géométrie a baissé aussi, il y a moins d'exigences qu'avant, c'est sûr ; par exemple, ce fut un temps en terminale où on abordait même les coniques, c'est : en tous cas les courbes paramétrées, c'est plus le cas. Eh : même dans la suite des études supérieurs tous les étudiants ne vont pas forcément retrouver ces notions, (.) donc c'est un petit peu dommage, mais :.

(8 :44) Question 1.7 Prends-tu des exemples tirés de la vie quotidienne pour illustrer les différentes figures géométriques ?

Oui, notamment dans, en géométrie dans l'espace pour illustrer les positions relatives, c'est bien de revenir à des choses concrètes.

(8 :56) Relance 1.7.1 Leur montres-tu des images de panneaux, des logos, des choses comme ça ?

Pas forcément, ça dépend <(rép)des> activités, ça peut éventuellement se produire plus dans les activités on va dire ((sonnerie)) de classe européenne ou où là on peut avoir des contextes plus transversaux ((sonnerie)), mais en contexte plus général, eurocaribéenne mais en général on s'en tient à des figures classiques et à des situations classiques.

(9 :27) Question 1.8 Lorsque tu soumetts un problème de géométrie aux élèves leur laisses-tu le temps de chercher ?

Oui c'est préférable. Toute activité mathématique, la géométrie <(rép) comme> le reste ; donc de toutes les façons il faut prévoir un temps de construction puisque quand on demande aux élèves de faire une construction, on se rend compte qu'ils sont : ils ne mettent pas. Eh : donc il faut leur laisser ce temps-là et après il faut qu'ils puissent analyser leur figure pour observer certaines choses alors après on peut le faire aussi sur les logiciels de géométrie dynamique, mais le problème est le même c'est-à-dire, certains ont plus de rapidité que d'autres mais un temps de recherche est toujours préférable dans ces situations.

(10 :08) Relance 1.8.1 Fais-tu la correction avant que tous aient trouvé la solution ?

Ça dépend mais en général quand on a des classes très hétérogènes, il arrive, enfin on est plus ou moins obligé après un moment de passer à un temps de synthèse ; on essaie de laisser un temps pour qu'un maximum d'élèves aient pu (.) trouver, en tous cas bien avancer dans la recherche, mais c'est sûr qu'il faut passer à la synthèse avant

(10 :34) Relance 1.8.2 Fais-tu la correction toi-même ou la fais-tu faire par un élève ?

Eh : oui, quand c'est possible c'est préférable, de toutes les manières les élèves en général sont eux-mêmes demandeurs ; s'ils le sont c'est très bien.

(10 :46) Relance 1.8.3 Penses-tu disposer d'assez de temps pour la résolution des exercices ?

Ça c'est l'éternel problème. Il faut qu'on trouve le temps de traiter l'ensemble du programme en laissant un temps de maturation suffisant aux élèves, un temps d'activité de recherche, donc ça c'est, ça devient <((rire)) la principale gageure de notre métier>.

(11 :07) Question 1.9 Quels sont les éléments qui te paraissent importants dans la résolution d'un problème ?

(04.34) <(rép) S'il y a> une figure à analyser il faut déjà analyser correctement la figure, en sachant aussi se détacher d'un contexte trop particulier ; par exemple si on demande un parallélogramme, certains élèves vont tracer un rectangle. Donc il ne faut pas qu'ils se laissent influencer par la, les particularités de leur figure ; pour un triangle ils prendront un triangle particulier mais il faut qu'ils raisonnent avec un triangle quelconque. Eh : sinon <((rire)) la question à nouveau s'il te plait ?>

(11 :46) Relance 1.9.1 Quels sont les éléments qui te paraissent importants dans la résolution d'un problème ?

Alors donc il y a l'analyse de la figure, il y a la phase de modélisation aussi ; eh : savoir quels outils eh : seront mobilisés éventuellement quand il y en a plusieurs formules disponibles, plusieurs approches disponibles, faire l'analyse de celle qui semble la plus adaptée. Eh : Quand il n'y a pas de méthode préférentielle il peut m'arriver de demander justement deux méthodes pour que les élèves puissent se familiariser avec les deux, par exemple le cas avec <(rép) le> parallélogramme qu'on évoquait tout à l'heure.

(12 :23) Question 1.10 Quelle aide apportes-tu aux élèves dans la résolution ?

Alors tout dépend, ça (.) à priori <(rép) je> vois venir, j'attends les questions et en fonction des questions qui sont posées, quelquefois les élèves se mettent par petit groupe pour chercher. Je peux donner des indications. Alors ou je donne les indications uniquement au groupe qui demande ou bien je peux faire, eh : estimer qu'il faut le donner à toute la classe donc dans ce cas je fais un temps d'arrêt avec la classe pour donner une indication ou si un élève fait une remarque qui est pertinente et qui peut guider la résolution et voilà suivant là encore le temps dont on dispose on peut éventuellement canaliser les choses de cette façon-là.

(13 :09) Relance 1.10.1 Généralement comment prends-tu en charge la difficulté de l'élève ?

Il y a différents temps pour prendre en charge la difficulté de l'élève : quand il est en recherche, on peut effectivement consacrer davantage de temps aux élèves qui rencontrent des difficultés pour les guider un petit peu, pour répondre à leurs questions. On pourra aussi détailler pendant la phase de correction. Donc si c'est un élève qui va au tableau on peut déjà voir quel élève on va envoyer au tableau corriger, si on veut envoyer un élève qui a bien réussi ou au contraire un élève qui a des difficultés, quitte à le guider pour ça. Eh : On peut aussi après la phase de correction faire un point sur les choses qui n'auront pas été forcément claires pour tous et si les difficultés subsistent après il y a les créneaux d'accompagnement personnalisé.

(13 :58) Question 1.11 Les théorèmes sont-ils accompagnés d'un dessin permettant de les illustrer lorsque c'est possible ?

Oui quand c'est possible, c'est préférable.

(14 :07) Question 1.12 Quels autres éléments relatifs à ta pratique de l'enseignement de la géométrie souhaites-tu ajouter ?

Non je pense qu'on a fait le tour des questions déjà.

2. Les consignes déclarées du professeur

(14 :19) Nous allons maintenant nous pencher sur une figure particulière : le triangle

(14 :24) Question 2.1 Quand tu fais le programme de géométrie, fais-tu des rappels sur les différents triangles ?

Alors sur les différents triangles non pas forcément mais je me suis rendu compte que des rappels sont très souvent indispensables sur les droites remarquables puisque les choses qui avant étaient vues au collège ne le sont plus, donc il y a (.) forcément des rappels à faire sur la géométrie du triangle.

(14 :44) Question 2.2 Quels supports utilises-tu pour les figures en géométrie ?

C'est-à-dire logiciel ou pas logiciel ?

(14 :52) Relance 2.2.1 Voilà papier blanc, quadrillé.

Si c'est en géométrie repérée, le papier quadrillé, c'est bien, sinon papier blanc. Je n'ai pas de consigne particulière pour le type de papier. Eh : sinon naturellement on peut utiliser un logiciel type geogebra ; mais là encore ça va plus être avec un repère.

(15 :16) Question 2.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

Je n'ai pas observé en tous cas <(rép) de> différence à ce niveau, mais encore une fois les élèves (.) n'ont plus forcément l'expérience qu'ils pouvaient avoir avant en géométrie, donc ils abordent la géométrie exactement comme les autres domaines du programme désormais.

(15 :38) Relance 2.3.1 As-tu remarqué comment ils dessinent les triangles sur une feuille quadrillée ou feuille blanche ?

Oui en général ils utilisent la même feuille.

(15 :49) Relance 2.3.2 Lorsqu'ils utilisent du papier quadrillé, placent-ils d'abord les sommets puis les côtés, ou comment procèdent-ils ?

Alors eh : à priori ils vont placer les sommets puisque la construction d'un triangle de longueur donnée avec eh : par exemple avec le compas, ça c'était une pratique courante au collège avant, maintenant ça ne l'est plus. Donc construire un triangle en utilisant les instruments, en commençant par les côtés ce n'est plus forcément un réflexe maintenant. Donc oui je pense que la tendance actuelle des élèves c'est plutôt de commencer par les sommets que par les côtés.

(16 :25) Question 2.4 Dans une activité concernant le triangle dont la nature n'est pas précisée par l'énoncé, voici deux consignes : « Construire un triangle ABC » « construire un triangle quelconque ABC » ? À laquelle adhères-tu ?

(03.01) Ça dépend si eh : si on souhaite que le triangle reste quelconque dans la résolution ou si on, (00.47) enfin si ça pourrait gêner, que certains élèves par exemple construisent un triangle rectangle et l'utilisent comme tel ou si c'est indifférent mais en général je préfère être précis donc à priori, je vais préciser quelconque sachant que de toutes les manières, la question pourra venir des élèves eux-mêmes, c'est-à-dire ils pourront demander si le triangle est rectangle par exemple ou pas, ou isocèle dont de toutes les manières je serai amené à préciser.

(17 :18) Relance 2.4.1 Penses-tu que dans la seconde consigne le mot « quelconque » est-il indispensable, est-il utile ?

Là encore tout dépend si on veut amener les élèves à se poser la question : quelle est la nature du triangle ? C'est vrai il vaut mieux ne pas poser

<(rép) la> précision au départ et laisser l'élève poser lui-même la question et réagir à sa question le moment venu.

(17 :39) Question 2.5 Quel type d'activité mentale attends-tu des élèves en géométrie ?

Alors bon il y a certaines propriétés qui doivent être connues et utilisées spontanément, comme bon par exemple la somme des trois angles d'un triangle fait 180 degrés, ça peut être utile ces choses-là. Eh : après il y a un certain nombre de caractéristiques de, des figures, des triangles en particulier, qu'ils doivent connaître ; les caractéristiques d'une hauteur, d'une médiane, d'une médiatrice donc ça veut dire tout de suite ils doivent, ça doit leur parler (.). Donc on peut considérer que c'est quelque chose, une activité mentale, il n'est pas obligé de tout rédiger à ce niveau-là. Donc quand ce n'est pas acquis au départ on fait le point, mais après ça doit devenir « un réflexe ».

(18 :41) Question 2.6 Quel rôle joue, selon toi, le brouillon en particulier en géométrie ?

Le brouillon joue un rôle important dans toute activité, aussi bien la géométrie que le reste (01.92). La géométrie, ça peut être éventuellement pour faire plusieurs tentatives de figures ou plusieurs tentatives de calcul quand on essaie des méthodes différentes pour traiter un problème. Disons que le brouillon est important pour la recherche que ce soit en géométrie ou ailleurs.

(19 :12) Relance 2.6.1 As-tu observé s'ils utilisent un brouillon pour la figure ?

(02.96) Non pas spécialement, ça dépend là encore peut-être si on est en évaluation ou pas, s'ils savent que la figure sera évaluée, donc ils vont d'abord faire une tentative pour que les choses soient propres, plus nettes, sinon, non, ils se lancent directement.

(19 :33) Relance 2.6.2 Est-ce qu'ils utilisent un brouillon dans l'élaboration de leur démarche ?

(02.79) Alors tout dépend quand on est en activité en classe quand les élèves sont en phase de recherche, de toutes les manières le cahier d'exercice est aussi un cahier de brouillon, c'est un cahier de recherche. (01.51) donc eh : il y a les traces, toutes les traces de leur activité. Eh : Après quand c'est en évaluation, le problème c'est que justement certains élèves ont tendance à trop rédiger au brouillon que ce soit en géométrie ou ailleurs, et aussi c'est de leur apprendre à bien se servir d'un brouillon, c'est-à-dire qu'est-ce qu'on va mettre sur un brouillon et qu'est-ce qu'il n'est pas utile de mettre sur un brouillon. Mais là je crois que ça transcende le cas particulier de la géométrie.

(20 :18) Question 2.7 Des deux termes « figure » ou « dessin », lequel utilises-tu ?

Bon Il y a une préférence pour figure mais il peut m'arriver de dire dessin, il n'y a pas (00.47) il n'y a pas de censure à ce niveau-là.

(20 :32) Lors de la prise de rendez-vous, si tu te rappelles-vous qu'on avait discuté sur la possibilité de d'analyser un de tes énoncés ? Pouvons-nous procéder à cela maintenant ?

(20 :45) Question 2.8 Dans l'exercice, ici, à l'exercice 2, à la deuxième question, tu as mis : « déterminer une équation cartésienne de la droite Δ perpendiculaire à (BC) . Quand tu dis « déterminer » à quoi t'attends-tu ?

Là c'est un exercice d'application de choses qui ont été vues, qui ont été travaillées en cours donc ce n'est pas forcément de la recherche ici ; Après l'élève peut prendre éventuellement quelques initiatives sur la détermination de l'équation, c'est-à-dire ils peuvent partir, écrire un

produit scalaire, je m'attends à priori puisqu- surtout avec le mot perpendiculaire à ce qu'ils traduisent, qu'ils utilisent un vecteur normal ; ils traduisent l'énoncé en disant que \vec{BC} va être un vecteur normal à la droite. Donc ou bien ils peuvent partir d'une situation de produit scalaire eh : pour obtenir l'équation, ou bien ils peuvent en obtenant les coordonnées de \vec{BC} obtenir deux des trois coefficients à proportionnalité près bien entendu mais deux coefficients sur trois dans l'équation et obtenir le troisième coefficient en utilisant le point. Donc <(rép) il y a> les deux approches possibles. Là-dessus, je n'ai pas de, (.) je m'adapte à ce que fait l'élève, du moment que c'est pertinent et en rapport avec la question posée et que ça conduit à un bon résultat. Donc plusieurs possibilités mais ça tourne autour du produit scalaire de toutes manières.

(22 :17) Relance 2.8.1 Mais à priori, s'il a l'équation de la droite (BC), s'il dessine la perpendiculaire et qu'il fait une lecture graphique, acceptes-tu la réponse.

Pourquoi pas, c'est aussi, du moment qu'il détaille sa démarche et qu'il explique comment il trouve l'équation de la droite à partir du dessin, c'est également une démarche acceptable, oui. Ce n'est pas forcément celle que j'attendais mais il peut m'arriver effectivement dans des évaluations de trouver une démarche que je n'attendais pas ; si elle est pertinente je l'accepte.

3. Points forts et points faibles des élèves en géométrie.

(22 :50) Dans les questions qui suivent, nous allons nous intéresser à l'activité des élèves, aux réussites qu'ils peuvent avoir ou aux difficultés qu'ils rencontrent.

(22 :58) Question 3.1 Quelle appréciation générale as-tu du niveau de tes élèves en géométrie ?

(03.20) Les élèves ont du mal, là on va parler par exemple de la première S puisqu'ils ont déjà le vécu de la seconde et <(rép) c'est> assez surprenant de constater que les formules qui sont vues en seconde pour calculer une distance, pour calculer les coordonnées d'un milieu ne sont pas encore acquises, c'est-à-dire qu'ils les ont vues certes, mais ils les ont oubliées et n'ont pas (00.50) elles n'attachent pas donc il faut les rappeler souvent, pareil on a besoin en général de (00.73) on est amené dans les activités à manipuler les droites remarquables du triangle, ce n'est pas non plus <(rép) des> choses acquises en première donc il faut aussi généralement faire des rappels là-dessus (01.39). Donc le bagage des élèves est assez mince. Donc on est forcément conduit à faire des rappels.

(23 :51) Question 3.2 Qu'est-ce que les élèves réussissent le mieux en géométrie ?

Dans quel sens ?

(23 :58) Relance 3.2 1 Est-ce que tu peux donner des exemples, comment tu valorises leur réussite, est-ce qu'ils réussissent plus les calculs que la démonstration ?

Eh : La démonstration, ils ont (.) un peu de mal puisque ce n'est plus quelque chose qui est extrêmement pratiqué (.). En tous cas ça ne vient pas spontanément donc c'est à travailler ; eh : les calculs, bien ça dépend de leur aisance à appliquer les formules ou pas. Eh : au niveau de la figure ils y arrivent mais ça prend plus ou moins de temps, c'est-à-dire il y en a qui vont un peu pinailler ou qui ne vont pas forcément s'y prendre d'une façon très adroite et qui passeront plus de temps ou qui n'auront pas le matériel et devront attendre que le matériel soit disponible. Voilà, c'est, il y a toute sorte de problèmes qui peuvent surgir ; ce n'est jamais des très gros problèmes mais.

(24 :50) Question 3.3 Qu'est-ce qui leur pose le plus problème en géométrie ?

(04.55) Alors bon, en géométrie plane (00.97) peut-être les (.) raisonnements et puis manipuler des choses qu'ils n'ont pas l'habitude de manipuler donc c'est vrai que, j'ai pu constater que quand je leur parle de hauteur, de médiatrice, il faut le temps qu'ils s'immergent là-dedans, la manipulation de ces objets puisqu'ils ne sont pas coutumiers. Eh : en terminale c'est peut-être plus la géométrie dans l'espace qui pourra poser problème, la vision dans l'espace qui pourra troubler certains ; eh : voilà donc il faudra travailler là-dessus.

(25 :33) Question 3.4 Quels remèdes penses-tu qu'on puisse porter aux difficultés qu'ils rencontrent ?

On peut essayer de travailler sur l'intuition, l'intérêt de la géométrie c'est justement qu'il y a la figure, donc en tous cas la géométrie plane. Donc on peut s'appuyer là-dessus pour essayer de développer le sens visuel des élèves. Alors après c'est vrai qu'après il y a certains élèves qui sont bons dans le visuel donc ceux-là vont réagir favorablement à ce type d'approche. Pour ceux qui ne sont pas forcément très visuels, justement c'est peut-être ceux qui auront davantage de mal en géométrie.

4. Ce que pensent les enseignants des pratiques des élèves

(26 :05) Dans les questions qui suivent nous allons parler de vos observations sur les pratiques des élèves.

(26 :11) Question 4.1 Quelles compétences du collège te semblent acquises par les élèves entrant en seconde ?

En géométrie ?

(26 :17) Relance 4.1.1 En géométrie ;

Bien tout dépend, même le repérage, eh : c'est-à-dire reconnaître que les abscisses sont sur l'axe horizontale, les ordonnées sur l'axe vertical ne va pas forcément de soi, donc des choses qu'on démarre normalement dès la troisième, ne sont pas forcément acquises à l'entrée en seconde. Ça dépend vraiment des élèves, des classes où ils étaient ; dans l'ensemble je trouve que les acquis sont assez pauvres.

(26 :48) Question 4.2 Comment s'effectuent les constructions de figures géométriques ?

A priori aux instruments ; bon après c'est vrai que : suivant la figure en question l'élève peut s'appuyer sur un quadrillage, le cas échéant.

(27 :04) Question 4.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

Oui.

(27 :13) Question 4.4 As-tu remarqué une tendance de vos élèves à faire des figures particulières ?

(01.71) Eh : bon, pour les triangles, c'est vrai qu'on a le, moi-même je le constate sur mon cas particulier : on aura souvent tendance à tracer le triangle un peu rectangle ou un peu isocèle. Il ne sera pas forcément bien quelconque. Justement pour tracer un bon triangle quelconque, c'était utile d'avoir le compas la règle comme on faisait avant ; sachant qu'on avait trois longueurs différentes donc on obtiendrait forcément un triangle quelconque. Quand on part des sommets justement c'est plus aléatoire. Si ça pose problème ou pas, on refait la figure ou on ne la refait pas, peu importe.

(27 :55) Relance 4.4.1 Et quelle est ton attitude face à ces figures particulières, les acceptes-tu, demandes-tu de les refaire ?

A priori il n'y a pas de raison de refuser si là encore l'élève n'utilise pas la figure particulière pour biaiser le raisonnement, donc c'est vrai que quand par exemple on veut travailler sur un parallélogramme et qu'il trace un rectangle, ça peut être gênant, donc si je constate qu'il va raisonner cime s'il était dans un rectangle alors, alors peut-être que là je referais refaire la figure.

(28 :23) Question 4.5 Quels sont les modes de raisonnement privilégiés par tes élèves ?

(01.79) À savoir ?

(28 :29) Relance 4.5.1 Par exemple est-ce que tu as des élèves qui se contentent d'une énumération des propriétés de la figure au lieu de rentrer dans la démonstration même, ou l'emploi d'exemples particuliers pour après en faire une généralité ?

Alors ils vont avoir tendance effectivement à se baser sur la figure donc quelque chose qui allait de soi avant, en tous cas au lycée, à savoir que la figure ne suffit pas pour démontrer et ça ne va plus de soi, donc certains vont juste se baser sur la figure pour dire pour dire on a ça donc il y a un travail à ce niveau à faire ; (01.92) voilà.

5. Profil de l'enseignant

(29 :01) Nous allons conclure l'entretien sur ces quelques questions qui me permettront de pouvoir affiner mon analyse.

(29 :08) Question 5.1 Quel âge as-tu ?

J'ai la quarantaine.

(29 :13) Question 5.2 Depuis combien d'années enseignes-tu ?

Bientôt 20 ans.

(29 :18) Question 5.3 Dans quel niveau enseignes-tu ?

Au lycée depuis le début quasiment.

(29 :24) Question 5.4 As-tu toujours enseigné dans ce niveau ?

Oui.

(29 :27) Question 5.5 Quels souvenirs gardes-tu de tes cours de géométrie en tant qu'élève ou étudiant ?

La géométrie était beaucoup plus riche à l'époque et on travaillait plus la démonstration donc eh : ce sont des souvenirs un peu lointains et forcément différents de la pratique enseignants.

(29 :45) Relance 5.5.1 Aimais-tu la géométrie ?

Oui, beaucoup.

(29 :48) Relance 5.5.2 Cela se passait-il bien en géométrie lorsque tu étais élève ?

Oui. En général les élèves aimaient la géométrie donc eh : il y avait de toutes les manières, c'était graphique donc on pouvait faire des figures, chacun y trouvait son compte si on peut dire.

(30 :04) Relance 5.5.3 Trouvais-tu la géométrie difficile ?

Ça dépend ; la géométrie dans l'espace pouvait présenter un peu plus de difficultés que la géométrie plane et puis les courbes paramétrées il y avait aussi quelques réflexes à acquérir, c'est en fait on étudiait deux fonctions en simultané mais je n'ai pas de difficultés particulières je pense en (.) en pré-bac.

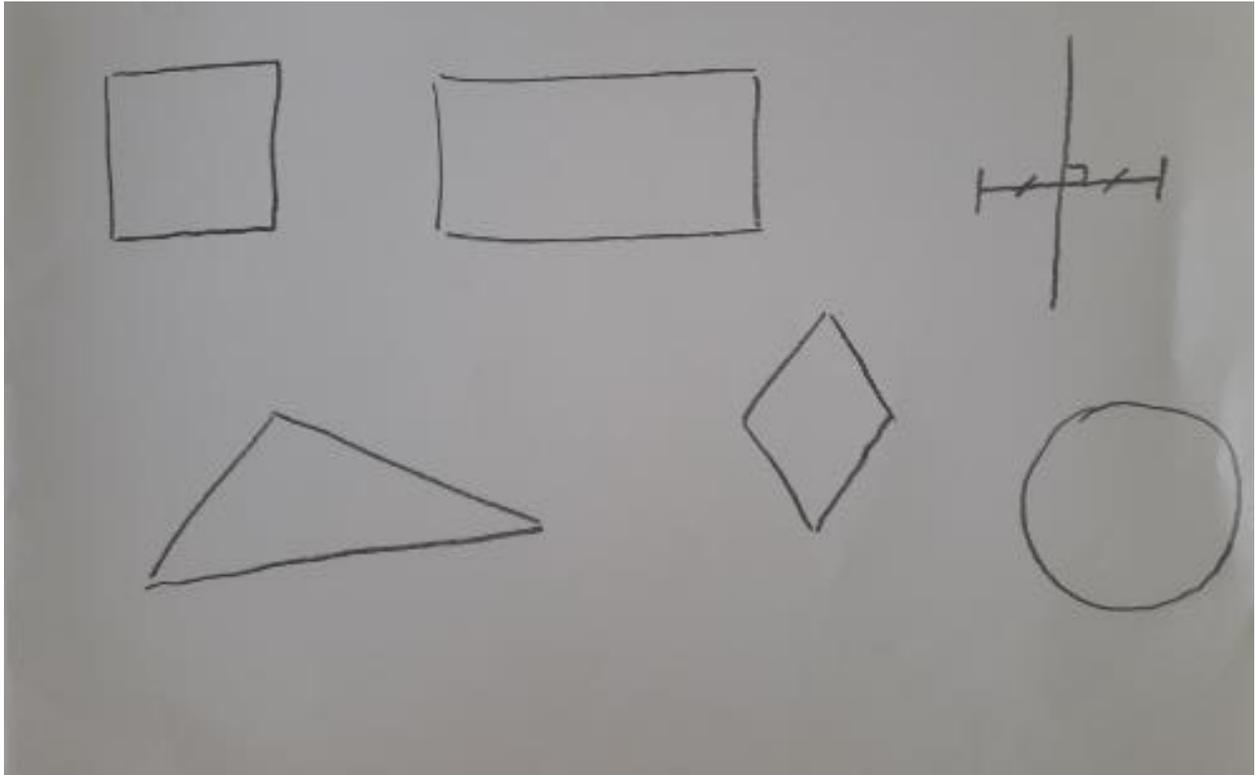
(30 :32) Question 5.6 Quel est ton ressenti quant à l'enseignement de cette matière ?

Comme je l'ai dit au départ je trouve qu'on fait des choses intéressantes, mais c'est vrai que malgré tout l'enseignement de la géométrie s'est appauvri eh : et c'est dommage puisque c'était peut-être aussi une façon de donner aux élèves le goût des mathématiques, de leur montrer qu'elles sont concrètes, qu'elles ne sont pas déconnectées de la réalité et on a peut-être perdu un peu de cet aspect-là.

(31 :01) Relance 5.6.1 Aimes-tu enseigner la géométrie ?

Oui.

Production de l'enseignant à la question 1.3



Exercice produit par l'enseignant pour la discussion à la question 2.8

II) Dans un repère orthonormé, soient $A(2; -6)$,
 $B(1; 2)$ et $C(-4; -3)$.
1) Vérifier que $x - y + 1 = 0$ est une Equation

cartésienne de la droite (BC)

- 2) Déterminer une équation cartésienne de la droite (Δ) perpendiculaire à (BC) et passant par A .
Que représente (Δ) pour le triangle ABC ?
- 3) Que représente l'ensemble (E) des points $M(x; y)$ tels que $\vec{BM} \cdot \vec{AC} = 0$? Déterminer une équation cartésienne de (E) .
- 4) Déterminer, en justifiant, les coordonnées du point I à l'intersection de (Δ) et (E) .
Que représente ce point I pour le triangle ABC ?

Annexe 7.4 : Verbatim enseignant PL4

ENSEIGNANT PL4

(0 :00) Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un travail de master MEEF dans le parcours Pratiques et Ingénierie de la Formation, réalisé à l'ESPE de Guadeloupe. Il a pour but de mieux comprendre les pratiques des enseignants dans l'enseignement de la géométrie. Je te remercie du temps que tu m'accordes en répondant à ces questions.

1. Conception des enseignants sur la géométrie et les pratiques déclarées sur son enseignement

(0 :16) Les questions qui suivent concernant l'enseignement de la géométrie.

(0 :20) **Question 1.1** Selon toi quelle est la finalité de l'enseignement de géométrie au lycée et plus particulièrement dans le cycle terminal ?

(11.01) la finalité en elle-même.

(00 :35) **Relance 1.1.1** Est-ce apprendre des connaissances, apprendre à raisonner... ?

(01.56) Du moins c'est les deux à la fois : apprendre des connaissances et apprendre à raisonner tout en sachant que selon moi l'apprentissage du raisonnement se fait tout au long de la scolarité de l'enfant. Mais c'est sûr que le : que le raisonnement qu'ils ont vu en amont eh : jusqu'à la seconde n'est pas : du moins il doit être perfectionné en première et en terminale et c'est vraiment une, sur une autre eh : dans une autre direction. (00.73) Naturellement ils apprennent d'autres connaissances puisque les chapitres en géométrie eh : (01.34) s'étoffent en première et surtout en terminale mais eh : oui le raisonnement il faut qu'ils eh [(inaud.)] ça continue, pour moi c'est une continuité de l'apprentissage <(rép) du> raisonnement et l'apprentissage de d'autres connaissances.

(1 :32) **Question 1.2** Selon toi, comment l'enseignement de la géométrie est-il perçu par tes élèves ?

Alors la géométrie est perçue ; il faut que je distingue plusieurs eh : parties de la géométrie [(inaud.)] de la géométrie analytique tous les élèves en général eh : sont contents. Ils arrivent <(rép) à> se débrouiller ou à travailler <(rép) ils> adhèrent. La géométrie : tout ce qui est géométrie plane mais géométrie vectorielle, là on commence à perdre certains <(rép) qui> trouvent ça un peu eh : compliqué mais <(rép) où> vraiment eh : j'ai remarqué un, une différence en géométrie de l'espace en terminale. (00.84) où certaines filles et je dis bien les filles ont <(rép) de grandes> difficultés à se repérer, à voir les objets dans l'espace même si c'est eh : en utilisant l'outil informatique même si <(rép) on> fait <(rép) des> séances avec eh : l'ordinateur elles ont <(rép) de> grandes difficultés [(inaud.)]. Ce sont de très bonnes élèves (01.00) et elles ont beaucoup plus de difficulté que les garçons ; certains garçons eh : certains élèves, certains garçons qui sont < ((appui sur le mot)) eux> en difficulté. Donc <(rép) c'est> vraiment un point pour moi qui est : (.) que j'ai pu observer (.) et <(rép) qui> commence à <(rép) se> voir déjà

(3 :08) **Question 1.3** Alors je vais te demander quelque chose à priori étonnant, je vais te demander de dessiner des figures courantes à main levée.

(03 :15 :09) ((passage non transcrit)) ((03 :33 :58)) Je ne code pas ?

(3.34) **Relance 1.3.1**

Non. ((03 :35 :84)) ((passage non transcrit)) ((04 :16 :36)).

(4 :16) **Question 1.4** Comment abordes-tu la géométrie avec tes élèves ?

Quel niveau ? Toujours c'est terminale ?

(4 :24) Relance 1.4.1 Premières S ou terminale.

Ça dépend de quelle : géométrie. Comment j'aborde un chapitre ou comment ?

(4 :34) Relance 1.4.2 En général la géométrie.

En général la géométrie : c'est vrai que j'utilise surtout en géométrie la pédagogie inversée. Donc ils ont des sites où ils vont eh : travailler. On utilise aussi eh : beaucoup le : (01.40) l'outil informatique pour pouvoir travailler, pour voir eh : les différentes- tout dépend hein si c'est <(rép) des> la géométrie analytique pour tester, pour faire des tests. Ça vaut mieux ou avec leur calculatrice ça dépend vraiment, ça dépend du chapitre. Chaque chapitre pour moi eh : j'aborde une certaine manière mais c'est vrai que : si je prends eh : la géométrie vectorielle pour, je les laisse quand même travailler en pédagogie inversée pour avoir le temps de prendre eh : d'avoir plus de temps <(rép) que> dans la partie algèbre pour bien assimiler à leur rythme les choses.

(5 :31) Relance 1.4.3 La figure en jeu est-elle toujours donnée ou bien est-ce que les élèves vont construire eux-mêmes la figure ?

La figure en jeu, non pas tout le temps.

(5 :39) Question 1.5 Comment t'organises-tu dans le temps pour l'enseignement de la géométrie, c'est-à-dire à quel moment pratiquement est-ce que tu fais de la géométrie dans l'année ?

Ça dépend, la géométrie : du moins je ne fais pas de géométrie par trimestre. Je fais c'est vrai un peu chaque année, ça dépend de : (01.50) je dirais de moi, de mon humeur puisque ma progression change chaque année et parfois même si j'ai une progression, eh : selon eh : les événements, selon l'attitude des élèves, selon plusieurs critères. Je peux introduire la géométrie à un moment t de l'année, mais ça n'a pas : je ne le fais pas, je le fais seulement en respect <(rép) des> prérequis, mais je ne le fais pas : dans une période bien précise eh : de l'année et en première, en terminale et en première quand même, je n'ai jamais commencé mes deux premiers chapitres par de la géométrie. La géométrie se, va se faire peut-être au troisième, quatrième chapitre (01.18) mais eh : je, j'essaie toujours d'alterner géométrie et algèbre. Je ne fais pas eh : première et terminale les deux premiers chapitres ce ne sera pas <(rép) de> la géométrie mais après j'alterne géométrie et algèbre pour ne pas : parce que les élèves vraiment redoutent un peu la géométrie, pour que ça ne soit pas rébarbatif.

(7 :14) Relance 1.5.1 Y a-t-il une partie du programme que tu ne traites pas faute de temps ?

Je n'ai <((rire)) jamais eu ce cas de figure puisque je fais tout>. J'ai toujours eu l'occasion eh : la chance <(rép) de> tout faire quoi puisque en général, comme je travaille (.) en (.) progression spiralee (01.00). Peut-être qu'il y a une partie d'un chapitre que je n'ai pas pu faire mais j'ai le temps <(rép) de> faire (01.38) peut-être juste une petite partie d'un chapitre mais [(inaud.)]. Je suis dans un établissement assez spécifique et je n'ai pas travaillé au lycée autre que dans cet établissement et eh : vraiment eh : j'ai le temps <(rép) de> tout faire.

(7 :57) Question 1.6 Que penses-tu de l'enseignement de la géométrie ? est-ce facile, difficile ? S'il y a des difficultés, de quel ordre ?

L'enseignement de la géométrie, je ne vais pas m'arrêter sur ce qui se passe au lycée parce que selon moi les difficultés et l'appréhension que les élèves ont : de la géométrie vient surtout <(rép) de> ce qui s'est passé en amont. Et je pense que souvent, si par faute peut-être de matériel, par faute <(rép) de> méconnaissance, par faute <(rép) de> manque de persévérance, certains collègues <(rép) eh :> n'abordent pas la géométrie avec leurs élèves ou passent dessus de manière rapide. Or pour moi eh :

(01.84) c'est une partie du programme comme une autre et une partie pour moi eh : c'est la partie que je préfère parce que pour moi c'est où on raisonne le plus dès les petites classes. C'est vraiment <(rép) eh :> une partie où concrèt- l'enfant a une figure concrète où <(rép) il a> la possibilité de raisonner et <(rép) c'est> cette partie de raisonnement qui n'est pas facile à acquérir, qui pour donner petit à petit dans la scolarité, tout au long de la scolarité de l'enfant tout au long du second degré et eh : qui est un challenge pour un enseignant de pouvoir faire : un enfant acquérir <(rép) ces> cette réflexion et ce travail de : démonstration de logique, de raisonnement.

(9 :23) Question 1.7 Prends-tu des exemples tirés de la vie quotidienne pour illustrer les différentes figures géométriques ?

<(rép) Souvent> eh : (01.41) déjà pour moi les mathématiques surtout avec la génération eh : qu'on a actuellement, la génération d'enfants <(rép) qui> trouve l'école rébarbative, que l'école ça ne les intéresse pas trop ; (.) ou on a des enfants très scolaires, quel que soit ce qu'on va leur donner ils vont : accepter, mais je travaille surtout pour tous les enfants donc eh : j'essaie toujours d'égayer mes cours, de trouver des exemples de la vie pour la plupart des choses pour leur expliquer à quoi ça sert dans la vie, et surtout <(rép) eh :> lorsqu'on est en cycle terminal, ils ont une orientation future après la classe de terminale, pour leur faire comprendre que ce sont des parties très utiles dont ils auront besoin s'ils veulent continuer les études scientifiques (.) pour être sûrement eh : les constructeurs, les ingénieurs de demain.

(10 :27) Question 1.8 Lorsque tu soumetts un problème de géométrie aux élèves leur laisses-tu le temps de chercher ?

(01.49) En général quel que soit l'exercice, géométrie ou pas, les élèves ont un temps pour chercher, mais comme je l'ai dit auparavant, eh : je leur donne surtout le temps en pédagogie différenciée en amont à voir, de prendre le temps de s'approprier certaines choses, eh : je laisse le temps pour chercher pour, selon la difficulté de : des notions, selon la difficulté aussi <(rép) de> la partie abordée. C'est sûr que : si selon moi ça ne mérite pas et parfois même je vais au rythme des enfants, eux-mêmes : dès qu'ils trouvent cela assez facile, ils avancent tout seuls ; mais en général, eh : en grande partie, une grande partie des élèves a le temps <(rép) de> chercher et de se (.) de discuter puisque bon pour moi il n'y a pas de mathématiques ou de géométrie sans discussion sans recherche, on prend le temps.

(11 :32) Relance 1.8.1 Fais-tu la correction avant que tous aient trouvé la solution ?

Alors la correction eh : je dirais <(rép) si> la correction d'une démonstration, si c'est pour une démonstration, quand je parle de démonstration entre démonstration du cours (.) ou je dois mener au fur et à mesure une démonstration là ça se fait avec tout le monde. C'est vrai, que : même s'ils n'ont pas tout trouvé, on fait la démonstration. Si c'est la correction d'exercices, sur eh : d'une notion qu'on est en train de découvrir qu'ils doivent chercher je ne fais jamais de correction. Ce sont eux qui la font donc c'est quand une bonne partie a trouvé : qu'ils ont, que ce sont eux s'approprient le tableau donc ce sont eux qui gèrent en général le temps de correction parce que ce-, parfois je dis bon on va corriger et certains me disent non pas encore parce que moi je n'ai pas fini, je tiens à finir avant la correction. En général on attend, ce sont les élèves qui gèrent <(rép) le> temps de correction.

(12 :35) Relance 1.8.2 Penses-tu disposer d'assez de temps pour la résolution des exercices ?

(02.54) Alors la résolution des exercices eh : j'en fais beaucoup. J'ai : je dispose de temps oui, (00.80) eh : parce que je gère eh : <(rép) par>

groupe, par (04.52) <((rire)) je ne me suis jamais posée la question est-ce que je, puisque> je fais un nombre d'exercices tellement énorme et que les élèves : comme ce sont eux qui vont corriger, ce sont eux qui corrigent à leur rythme ; parfois ils veulent être à deux sur le tableau, sur le même tableau (00.63) eh : exercices différents, parfois ils sont deux sur le même exercice ; ce sont eux qui font la correction donc le temps, moi je ne, je n'ai, je ne me suis jamais posée des questions sur le temps parce que moi je travaille pas avec le temps. Je travaille avec les notions acquises ou pas acquises. Tant que la notion n'est pas acquise, c'est sûr que je peux revenir dessus pour qu'il y ait une meilleure acquisition (.) mais le temps ne m'a jamais eh : Comme je dis hein, j'ai travaillé c'est le seul lycée dans lequel j'ai travaillé donc peut-être qu'on a une meilleure gestion du temps puisqu'on travaille d'août à juin, mais eh : je ne me suis <(rép) jamais> posée la question sur le temps pour les élèves.

(13 :57) Question 1.9 Quels sont les éléments qui te paraissent importants dans la résolution d'un problème ?

(02.69) Qu'est-ce que- les éléments importants (03.29) pour un élève je ne sais pas si c'est, ce qui est important c'est une bonne rédaction. Parce que quand on rédige avec des éléments un après l'autre, (.) eh : si l'enfant arrive à hiérarchiser les choses, arrive <(rép) à> bien concevoir les choses et bien rédiger, c'est déjà un plus parce qu'il arrive eh : (01.48) dans ce cas à mettre les idées en place, naturellement les connaissances parce que si : l'enfant n'a pas les bonnes connaissances de cours, où pour selon moi il ne pourra pas eh : (01.89) travailler eh : correctement la géométrie (.) Mais qu'est-ce qu'il y a encore, les notions importantes à voir aussi eh : (01.13) une visualisation des choses. C'est-à-dire de ne pas, comme je leur dis souvent à mes élèves, les mathématiques c'est l'art de raisonner avec une figure fautive. (00.73) donc il ne faut pas que les élèves s- aient <(rép) des> choses stéréotypées, de ne pas, pour moi l'élève doit avoir un état d'esprit de la figure géométrique le plus large possible, s'approprier les s-, apprendre à s'approprier eh : les énoncés aussi en géométrie, eh : le vocabulaire, la façon de raisonner, pour chaque <(rép) eh :> chaque étape, avoir aussi eh : le lien entre (01.65) la phrase qui est écrite en français <(rép) et> le transmettre sous le plan géométrique pour après la remettre en français il y a beaucoup <(rép) de> va-et-vient qui pour moi est important dans la, le, la conception d'un exercice de géométrie pour un élève. Ce sont des qualités, si un élève arrive à faire ce va et vient, arrive <(rép) à> avoir tous <(rép) ces> différentes qualités, pour moi il peut réussir en géométrie.

(16 :08) Question 1.10 Quelle aide apportes-tu aux élèves dans la résolution ?

(02.31) Dans la résolution d'un exercice en géométrie ? Toute sorte d'aide : ça dépend de, tout dépend <(rép) de> l'élève. Tout dépend de la difficulté qu'il rencontre. Tout dépend de : pour moi il peut y avoir plusieurs aides : <(rép) ça peut> être juste une aide sur la compréhension des énoncés parce qu'on ne se rend pas compte, mais il y a beaucoup d'élèves qui ont un problème de compréhension d'énoncé. Leur faire juste comprendre où est-ce qu'il y a un point dans un énoncé eh : l'aide peut être aussi eh : comme je disais tout à l'heure cette façon de passer de la phrase française à la géométrie et pour pouvoir rédiger, l'aide sur la rédaction, l'aide sur la conception des choses (00.56). Il y a plusieurs aides selon moi selon <(rép) les>, selon les différents cas eh : je peux apporter des aides eh : en travaillant, naturellement ce sont des aides qui peuvent être travaillées : de différentes façons, mais, eh : pour moi l'aide peut être multiple lorsqu'on porte [(inaud.)] pour améliorer : (01.75) l'élève en géométrie pour améliorer ses résultats ou améliorer sa compréhension de l'exercice ou du problème.

(17 :29) Question 1.11 Les théorèmes sont-ils accompagnés d'un dessin permettant de les illustrer lorsque c'est possible ?

Ah oui pour moi c'est important. Parce que eh : lorsqu'on, qu'on, comment expliquer ? La conception de l'enfant depuis le primaire, (.) sur le concret, il y a beaucoup ce-, et l'élève arrive rarement à sortir de <(rép) ce-> de passer à l'abstrait. Et selon moi lorsqu'un théorème est donné sans visualisation, les élèves, certains élèves puisqu'il y en a de très bons qui vont comprendre facilement ; le théorème et la visualisation pour moi vont de pair. Sauf que certaines fois, il ne faut pas que l'élève quand même s'accroche à ce schéma parce qu'il peut avoir dans le théorème eh : on ne peut pas mettre tous les cas possibles où l'enfant aura juste une vision restreinte des choses mais eh : en général j'essaie de plus en plus, de, (.) le plus souvent d'illustrer par un schéma.

(18 :43) Question 1.12 Quels autres éléments relatifs à ta pratique de l'enseignement de la géométrie souhaites-tu ajouter ?

(03.95) Je n'ai pas trop compris cette question.

(18 :54) Relance 1.12 1 Y a-t-il d'autres éléments dans ta pratique que tu souhaites ajouter.

Ce dont on n'a pas parlé ? (02.19) alors eh : (01.80) J'avoue c'est ce que j'ai vu au début. C'est ce problème des filles, de conception, (.) je travaille eh : je ne suis pas psychologue, mais je travaille la conception chez les filles. Et les filles, déjà je les rassure, parce que j'en ai déjà vu qui pleure parce qu'elles ne voient pas, elles ne comprennent pas ce qui leur arrive. Quand ce sont qui ont l'habitude d'avoir dix-huit et qui ne voient même pas que, c'est un peu, c'est-à-dire c'est, ça m'est arrivé souvent, des élèves qui ont dix-huit de moyenne et qui remarquent que celui qui a quatre, cinq voit rapidement des choses qu'ils ne voient pas eux. Ils se dévalorisent, (.) donc ce que je voulais ajouter, c'est surtout ce travail sur certaines filles [(inaud.)] de la géométrie de l'espace. Et même je me rends compte au collège aussi puisque je travaille au collège (01.08) dédramatiser (00.64) et (.) faire un travail sur des choses autres que la géométrie de l'espace, le repérage dans l'espace ; on a l'habitude de dire les femmes ne savent pas conduire mais ça c'est un problème de se repérer, on ne se repère pas dans l'espace hein. Leur faire comprendre que c'est un peu eh : (01.64) et certaines personnes ne seront pas d'accord avec moi mais c'est chez nous les femmes il y a certaines choses que l'on n'arrive pas à visualiser, il y a certaines choses que l'on n'arrive pas à (.) aussi bien que certains hommes et que pour moi il, (.) arriver à dédramatiser. Je travaille sur ça sur dédramatiser sur eh : d'autres repérages et faire et développer <(rép) ce> sens du repérage, (.) après entrer dans la géométrie dans l'espace. Je travaille en amont sur ça pour certaines filles parce qu'il y a d'autres, ça va tout naturellement, mais certaines filles qui ne voient pas, leur faire comprendre que, elles ne sont pas anormales ; c'est parce qu'elles sont des filles, que je n'ai jamais rencontré dans ma petite carrière de garçons qui ont eu du mal à voir dans l'espace. C'est toujours des filles, et de bonnes, de très bonnes élèves qui pleurent et qui en souffrent parce qu'elles ont l'impression de ne pas être eh : (01.36) comment dire ? d'être à côté des choses. Et je me suis rendue compte de cela surtout avec une de mes anciennes élèves que j'avais l'année dernière en terminale (.) que ça soit en physique, que ça soit eh : on était deux profs eh : en spé⁹⁵ et avec un autre prof en spé c'est le même problème, le même problème était récurrent donc j'ai pu arriver à travailler la géométrie dans l'espace en travaillant <(rép) d'autres eh :> comment dire ? D'autres aspects de l'espace avec elle ; elle était vraiment, ça devenait une maladie chez elle parce qu'elle n'acceptait pas, mais dans cette classe elles étaient plusieurs à ne pas voir cet esprit

⁹⁵ Spécialité mathématiques

<(rép) de> voir tout de suite dans l'espace, c'est-à-dire que, elles le voyaient au bout d'un quart d'heure, dix minutes, quand les garçons avaient expliqué, quand les garçons <(rép) les> garçons les plus faibles avant même de mettre l'énoncé, ils l'ont déjà vu, alors qu'elles les filles, il leur fallait du temps, de la réflexion et le, c'est un peu <(rép) le>. Voilà, je travaille sur le plan psychologique pour cette partie-là.

(22 :30) Relance 1.12.2 Et ce que tu as observé est-ce que tu l'as observé seulement cette année ou bien chaque année c'est la même chose ?

Alors ça fait, c'est-à-dire que, eh : l'année dernière, ça m'a attiré, ça m'a fait mal pour l'enfant. J'ai compris, mais bon je vais le dire aussi, c'est que moi aussi j'ai un peu le même problème et que j'ai pu travailler ça et je me suis donc, cette an- l'année dernière je l'ai observée et cette année je fais beaucoup plus attention et même pour mes élèves de collège, je me suis rendue compte que ces enfant-là ont des problèmes depuis le collège. Parfois de bons élèves, parfois ce ne sont pas des bons, mais ce ne sont que des filles. Les garçons ils voient tout de suite. Je ne sais pas si c'est l'éducation, qu'est-ce qui a fait qu'eux ils voient mais donc cette année j'ai la première s, je travaille aussi avec les filles ; déjà dédramatiser, leur dire si vous ne voyez pas ce n'est pas grave (01.93) on va travailler, vous me le dites, on va y travailler quelque chose qui vous permettra de. Donc eh : l'année dernière j'ai pu vraiment <(rép) eh :> toucher du doigt ce problème. Je dis l'année dernière, sur deux ans puisque j'avais la classe en première et en terminale et cette année je retravaille encore mais là cette fois-ci dès le collège. Et là <(rép) je> fais une séance de l'espace avec les élèves de collège pendant plus, près de deux mois exprès pour vraiment essayer de dédramatiser que ces enfants, donc c'est cette décision que j'ai prise <(rép) de> commencer au collège à les faire travailler l'espace parce que peut-être aussi, en plus je ne vais pas dire un handicap entre guillemets, mais que ces enfants-là n'ont pas assez travaillé l'espace au niveau collège. Donc là vraiment je reste dessus pour essayer de dédramatiser, faire faire beaucoup de patrons, beaucoup d'objets en 3D qu'ils construisent, qu'ils tiennent avec leurs mains, qu'ils voient les choses ; <(rép) peut-être> je ne peux pas dire peut-être d'ici dix ans je pourrai évaluer ce travail mais pour l'instant c'est ce que je peux faire ((sonnerie)).

2. Les consignes déclarées du professeur

(24 :26) Nous allons maintenant nous pencher sur une figure particulière : le triangle

(24 :31) Question 2.1 Quand tu fais le programme de géométrie, fais-tu des rappels sur les différents triangles de manière systématique en seconde ou dans les autres classes ?

Les autres classes de lycée ? Au lycée, non. En seconde oui, quand je parle de ça en première et terminale je ne fais pas de rappels. En seconde, je dis, ce n'est pas que je ne fais pas de rappels, c'est-à-dire que si on se retrouve dans un exercice là je vais faire des rappels. Eh : dernièrement il y a eu, eh : j'étais justement en train de faire les produits scalaires et eh : il y avait une médiane dans un triangle isocèle donc là j'ai fait des rappels en première S ; que la médiane était, c'était une hauteur ce n'était pas une médiane. C'était une hauteur dans un triangle isocèle et le fait qu'elle soit hauteur il fallait qu'elle soit médiane pour faire l'exercice. Donc ce sont des petits rappels que je vais faire sur la particularité de du triangle selon les exercices mais c'est vrai que les élèves ont des fiches rappels que je donne en début d'année ou avant certaines choses donc eh : c'est un peu je ne fais pas les rappels mais je leur donne des fiches. Ils ont une façon aussi <(rép) de>, ils ont eh : des banques, une banque de donnée sur des révisions qu'ils doivent faire en autonomie. Donc même personnellement dans les cours non.

(25 :47) Question 2.2 Quels supports utilises-tu pour les figures en géométrie ?

(01.48) c'est-à-dire quels supports eh : ?

(25 :54) Relance 2.2.1 Par exemple est-ce que c'est fait sur le cahier directement, est-ce que tu leur demandes de faire sur du papier blanc ?

Ils ont, d'accord. Les supports ils ont toujours dès le collège ils ne doivent pas utiliser le cahier. Dès le collège les élèves ont, <(rép) je> demande un protège-cahier et ils ont des feuilles de papier machine en permanence dans le protège-cahier. ((26 :18 ;23)) ((passage non transcrit)) ((26 :20 :62)) L'élève c'est que du papier machine.

(26 :23) Question 2.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

(02.80) Je n'ai, je n'observe pas eh : je n'ai pas, c'est quelque chose que je ne peux pas te répondre vraiment parce que s'ils utilisent le papier quadrillé c'est peut-être eh : à main levée. Peut-être les plus jeunes quand ils arrivent ils utilisent le papier quadrillé mais c'est comme c'est interdit dans ma classe pratiquement, parce que pour moi ils perdent toute notion de géométrie quand il s'agit de papier quadrillé, dans ma classe c'est interdit. À part s'ils doivent faire une figure et en général je laisse la faire à la maison sur le cahier de cours où ils vont faire leur figure donc je ne, je n'ai pas de visibilité dessus mais dans ma classe personne n'a le droit d'utiliser le papier quadrillé donc je ne peux pas répondre à ta question.

(24 :14) Question 2.4 Dans une activité concernant le triangle dont la nature n'est pas précisée par l'énoncé, voici deux consignes : « Construire un triangle ABC » « construire un triangle quelconque ABC » ? À laquelle adhères-tu ?

Construire un triangle *ABC*.

(27 :31) Relance 2.4.1 Penses-tu que dans la seconde consigne le mot « quelconque » est-il indispensable, est-il utile ?

((27 :27 :16)) ((passage non transcrit)) ((27 :53 :29)) C'est une question <(rép) de> je dirai de : d'éducation mathématique à donner aux élèves. Utile ça dépend pour qui, si les enfants ne sont pas habitués avec un triangle *ABC*; mais ce travail à faire c'est un travail que je fais. Je m'interdis de leur dire quelconque ; qu'ils doivent comprendre que s'il n'y a pas de précision le triangle doit être quelconque.

(28 :16) Question 2.5 Quel type d'activité mentale attends-tu des élèves en géométrie ?

Sur tracer un triangle *ABC* ?

(28 :24) Relance 2.5.1 Par activité mentale on entend par là, par exemple lire l'énoncé, se rappeler d'un exercice similaire...

(01.66) Tu parles d'activité mentale sur n'importe quel exercice ? En général ? Quelle activité mentale qu'ils font quand ils abordent un exercice de géométrie ? L'activité mentale qu'ils doivent faire, qu'est-ce que j'attends d'un élève eh : (02.21) déjà bien lire l'énoncé. (01.53) Déjà eh : en général, pas trouver mais que certains n'ont [(inaud.)] lui donne un peu la direction, dans quelle partie du programme, de quel chapitre, de quel énoncé (.) et après si (00.99) si besoin est, s'il a déjà vu s'il n'a pas encore vu ce genre d'énoncé, ou s'il découvre pour pouvoir mettre en place certaines aptitudes <(rép) à> (00.92) à résoudre l'énoncé avec plusieurs, c'est vrai ce- c'est les activités menta- ce que je disais tout à l'heure arriver à passer de, d'un énoncé à un travail géométrique et de la géométrie à une rédaction, donc il y a tout ce-, plusieurs petits eh : paramètres à mettre en place par l'élève.

(29 :46) Question 2.6 Quel rôle joue, selon toi, le brouillon en particulier en géométrie ?

Le brouillon sert à visualiser des choses eh : selon moi, en géométrie, parfois il leur faut un soutien de figure donc eh à tracer, à faire <(rép) un> tracé, à ne pas rester dans l'abstrait, <(rép) de> concrétiser les choses.

(30 :12) Relance 2.6.1 As-tu observé s'ils utilisent un brouillon pour la figure ?

(03.00) En général, en grande partie mes élèves utilisent un brouillon. Ils essaient de faire la figure à main levée ; si elle n'est pas donnée dans : < (rép dans> l'énoncé. Même quand elle est donnée dans l'énoncé il faut dire aussi que c'est une question d'habitude. J'ai appris à mes é-, <(rép) je> je leur ai toujours demandé aussi de faire un brouillon pour visualiser, ça va les aider.

(30 :41) Relance 2.6.2 Est-ce qu'ils utilisent un brouillon dans l'élaboration de leur démarche ?

Là je ne pense pas. Je ne pense pas qu'ils le font. Ils l'utilisent pour voir, oui. Si ce qu'on appelle élaboration de la démarche, c'est-à-dire au départ avec le brouillon ils voient à peu près ce qu'ils vont mettre donc si c'est dans ce sens-là oui. Mais ce que je vais-, pourquoi j'avais dit non, c'est-à-dire qu'ils ne vont pas ni à faire une rédaction, ni semi-rédaction ni un brouillon de rédaction su- ; ils ne vont pas faire de brouillon de rédaction, voilà. Mais ils vont faire une figure brouillon qu'ils vont qui va, naturellement qui va les aider pour la démarche mais il n'y aura pas de démarche brouillon, de faire : un brouillon pour les démarches.

(31 :26) Question 2.7 Des deux termes « figure » ou « dessin », lequel utilises-tu ?

Figure.

(31 :31) Lors de la prise de rendez-vous, si tu te rappelles-vous qu'on avait discuté sur la possibilité de d'analyser un de tes énoncés ? Pouvons-nous procéder à cela maintenant ?

(31 :41) Question 2.8 Dans le premier exercice, à la première question, tu mets : « déterminer une équation cartésienne de la droite (AB) Qu'est-ce que tu attends en termes d'action de l'élève ?

(31 :55) Relance 2.8.1 Attends-tu des calculs ? L'élève peut-il faire une lecture graphique

Non il n'y a pas <(rép) de> (01.59) Déterminer et lire graphiquement, pour moi c'est deux choses différentes, hein là j'attends des calculs. J'attends oui j'attends des calculs. ((sonnerie)).

(32 :13) Relance 2.8.2 Comment est-ce que l'élève peut faire pour savoir que ce sont des calculs qui sont attendus ?

((sonnerie)) Par des mots clés auquel il est habitué, c'est déterminer. Quand il voit déterminer, il y a déterminer et lire, eh il a l'habitude, du moins l'habitude naturellement on le forme, <(rép) on> il a au fur et à mesure par des mots clés mathématiques qui lui disent ce qu'il doit faire ou pas.

(32 :37) Relance 2.8.3 Dans le second exercice à la question 2 tu demandes de faire une figure. Est-ce que tu demandes systématiquement de faire la figure ou bien est-ce que cela fait partie du contrat didactique ?

Non, c'est-à-dire que là je voulais évaluer eh : (01. 31) comment dire ? Savoir est-ce qu'il arrivait, il y avait s- <(rép) la> faire une figure pour moi, là était une évaluation déjà (.) parce que je voulais voir s'il arrivait à : écrire un vecteur eh : (01.19) multiple d'un autre, quand je

dis multiple, arriver à : (01.75) faire par exemple $\overrightarrow{AM} = k\overrightarrow{AB}$. C'était quelque chose que j'évaluais. Ce n'est pas un truc que je demande à faire systématiquement parce que ce n'est pas tout le temps que j'évalue s'ils doivent faire une figure ou pas. Mais cette figure en particulier était évaluée pour eh : l'évaluation à savoir est-ce qu'ils arrivaient à mettre, à faire un vecteur colinéaire à un autre, chose qui n'est pas tout le temps (01.54) acquise.

(33 :47) Relance 2.8.4 Dans la troisième question « exprimer le vecteur \overrightarrow{MN} puis le vecteur \overrightarrow{NP} , en fonction des vecteurs \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{AC} ». Est-ce que les élèves comprennent bien ce que signifie « en fonction de » ?

Alors (.) ce genre d'exercice, c'est l'exercice qu'ils ont l'habitude de faire donc je pense que là ils vont remettre en place ce qu'ils ont (.) eh : travaillé en fonction de : ; mais c'est vrai que eh : dans ce type d'exercices, j'ai souvent vu des erreurs pendant l'évaluation puisque pour moi lorsque je mets une évaluation c'est une évaluation sur ce qui a été travaillé (.) le, au premier abord lorsqu'on donne un exercice comme ça, les élèves eh : s- parfois ils veulent avoir les deux \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{AC} ; parfois ils s'attendent que ça soit que du \overrightarrow{AB} ou que du \overrightarrow{AC} ; surtout que dans l'énoncé il y a deux vecteurs, il y a le vecteur \overrightarrow{MN} puis vecteur \overrightarrow{NP} et après il y a \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{AC} . Souvent ils pensent que \overrightarrow{MN} doit être en fonction de \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{NP} doit être en fonction de \overrightarrow{AC} . Ils ne voient pas le couple \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{AC} et (.) c'est vrai que c'est peut-être par facilité que je prends <(rép) des> phrases toutes faites mais j'ai remarqué souvent les élèves ont cette difficulté, ils savent ; ça porte à confusion pour certains.

3. Points forts et points faibles des élèves en géométrie.

(35 :06) Dans les questions qui suivent, nous allons nous intéresser à l'activité des élèves, aux réussites qu'ils peuvent avoir ou aux difficultés qu'ils rencontrent.

(35 :15) Question 3.1 Quelle appréciation générale as-tu du niveau de tes élèves en géométrie ?

(04.67) Alors en ce qui concerne le lycée, (04.04) je pense <((rire)) même qu'ils préférèrent la géométrie> surtout la géométrie analytique hein. Il y a moins d'erreurs de calculs eh : c'est juste du raisonnement. Eh : comme ils arrivent (01.00) du moins eh par un eh : de longue haleine de long terme quoi ; <(rép) de> ils arrivent à voir les différentes parties, à quoi correspond telle question et tout. Eh la géométrie eh en général analytique se : la géométrie en général ils la réussissent mieux que l'algèbre parce qu'il y a moins de chances de faire des erreurs de calcul. Mais en général ils n'ont pas de : (01.72) ça devient, c'est-à-dire qu'au début j'ai souvent remarqué <(rép) que> quand ils sont en géométrie, ils appréhendent beaucoup ? peut-être parce qu'ils appréhendent beaucoup ils le travaillent peut-être plus, plus rigoureusement. Et en général <(rép) ça> fonctionne mieux que l'algèbre, mais bon mais pas : il n'y a pas de grande différence mais eh : contrairement à ce qu'on peut croire c'est, ça se réussit mieux que l'algèbre.

(36 :39) Relance 3.1.1 Entre la géométrie repérée et la géométrie non repérée, que préfèrent-ils.

La géométrie repérée, c'est clair. <((rire)) Dès que c'est repéré, oui>. Parce que ça à la fois, c'est un domaine plus connu puisque c'est un domaine de calculs avec moins de chance, géométrie repérée on n'a pas vraiment beaucoup de chances de faire des erreurs de calculs à part une ou deux. Mais je veux dire par là ce n'est pas des calculs longs et tout et eh : au moins ils s'en sortent toujours à gratte- grapiller des points parce qu'ils ont compris le principe, mais la géométrie pure, ça pose en général des problèmes.

(37 :23) Question 3.2 Qu'est-ce que les élèves réussissent le mieux en géométrie ?

(03.30) C'est-à-dire eh : ce qu'on vient de dire, géométrie analytique ou est-ce qu'on veut vraiment un chapitre bien précis :

(37 :36) Relance 3.2.1 Donne des exemples.

Alors tout ce qui est vecteurs colinéaires, équations de droites justement tout ça, ça va ils aiment ça. Vecteurs directeurs (04.03) vecteurs directeurs [(inaud.)].

(37 :55) Question 3.3 Qu'est-ce qui leur pose le plus problème en géométrie ?

Alors, en géométrie, en première je pense que c'est tout ce qui est eh : vecteur pur lorsqu'on doit <(rép) eh :> utiliser Chasles pour pouvoir faire des combinaisons pour pouvoir trouver la eh : ça les : ils ne voient pas du tout. Et eh : En terminale je dirai tout ce qui est plans (.) de l'espace, les sections les intersections de plans et de droites eh : de plans c'est en général <(rép) c'est> je pense c'est où ils ont le plus de problèmes.

(38 :32) Question 3.4 Quels remèdes penses-tu qu'on puisse porter aux difficultés qu'ils rencontrent ?

(05.86) Je t'avoue que je n'ai : je cherche toutes sortes de remèdes eh : Comme j'ai dit la géométrie en elle-même eh : la géométrie spatiale, c'est vraiment un problème spatial. Donc essayer de travailler (.) l'espace avec eux, travailler la géométrie eh : par d'autres moyens peut-être plus ludiques et sortir dans <(rép) le> cocon même de la géométrie, aller faire autre chose pour qu'ils puissent acquérir cette aisance dans l'espace. Et ne pas être trop sur la géométrie et après aborder la géométrie. Le problème c'est qu'est-ce qu'on aura le temps parce que, est-ce que ça s'acquerra en un mois, est-ce que ça s'acquerra en une année donc eh : (01.30) ce n'est pas quelque chose que je peux pour l'instant évaluer de : sur ma pratique.

4. Ce que pensent les enseignants des pratiques des élèves

(39 :31) Dans les questions qui suivent nous allons parler de vos observations sur les pratiques des élèves.

(39 :39) Question 4.1 Quelles compétences du collège te semblent acquises par les élèves entrant en seconde ?

Toujours en géométrie ? En géométrie : ((39 :47 :69)) ((passage non transcrit)) ((39 :55 :99)) Apparemment appliquer le théorème de Pythagore, (04.04) tracer un segment (01.64). Tracer un carré ou un rectangle devient difficile pour certains parce que s'ils ne sont pas horizontaux ou verticaux ils ont des problèmes (01.85) qu'est-ce qui est acquis vraiment eh : (07.90) pourtant je fais les deux mais <(rép) j'ai> l'impression que : arrivé en seconde, que en seconde j'ai justement des élèves qui viennent de partout il y a beaucoup de notions qui ne sont pas acquises. (01.52) Et je : je ne veux pas casser du sucre sur le dos des profs du collège, mais pour avoir pratiqué le collège pendant longtemps et m'être battue pendant longtemps pour qu'on ne demande pas des petits carreaux, des cahiers à petits carreaux, je pense que là ça vient de ce gros problème. En tous cas en Guadeloupe quatre-vingt-dix-neuf pour cent des collèges demandent des cahiers à petits carreaux pour que les élèves ne fassent pas des [(inaud.)] en géométrie et je pense que le problème vient de là en seconde pour moi il n'y a rien de vraiment acquis à part l'utilisation du théorème de Pythagore.

(41 :10) Question 4.2 Comment s'effectuent les constructions de figures géométriques ?

Dans ma classe en seconde, toujours avec papier blanc.

(41 :20) Question 4.3 Lorsque les élèves disposent de feuilles quadrillées, utilisent-ils de la même manière le matériel de géométrie ?

<((rire)) comme je te l'ai dit tout à l'heure je n'utilise pas de feuille quadrillée, je ne les observe pas>. Ça ne m'intéresse même pas. De la sixième à la terminale mes élèves n'ont pas le droit d'utiliser de feuilles quadrillées donc eh : Ça fait trop de dégâts les feuilles quadrillées, ça ne m'intéresse même pas de savoir comment ; je préfère perdre du temps sur une feuille blanche, apprendre à l'enfant à tracer des droites parallèles, encore une chose qui n'est pas acquise en seconde parce que (.) les droites parallèles sont tellement plus simples <(rép) de> tracer sur <(rép) eh :> les lignes du cahier, apprendre à l'enfant à utiliser l'équerre ; je me bats en quatrième et troisième pour leur faire comprendre comment on utilise une équerre, apprendre à l'enfant à utiliser, à tracer un rectangle avec une équerre, que ça ne se fasse pas avec une règle <(rép) ni un>, un carré ne se trace pas avec une règle (.) que je pas, je ne peux même pas répondre à la question de papier quadrillé.

(42 :20) Question 4.4 As-tu remarqué une tendance de tes élèves à faire des figures particulières ?

Ah oui ! Et c'est pour cela que je leur dis tout de suite, les mathématiques c'est l'art de raisonner avec une figure fautive. Parce qu'eux il faut que ça soit eh : en grande partie, tous les triangles sont isocèles. (01.63) Et dans un triangle il y a une seule base et un seul sommet donc il y a tellement de trucs faux que, qui sont à travailler. Donc dès le collège mes élèves sont aussi interdits, donc ça paraît un peu eh : comme une dictature mais interdit de faire les figures horizontales ou verticales. Et donc ça change tout sur leurs conceptions parce que mon rôle c'est de travailler cette conception (.) de, d'une : des figures en géométrie.

(43 :12) Relance 4.4.1 Tu penses que quand la base n'est pas horizontale, ils ont moins de ?

Il n'y a pas de base pour eux. Il n'y a pas de base ; c'est-à-dire qu'on a un triangle qui a trois côtés, il n'y a pas de base.

(43 :26) Relance 4.4.2 Il n'y a aucun côté horizontal.

Voilà il n'y a aucun côté horizontal, c'est qu'il n'y a pas de base.

(43 :28) Relance 4.4.3 Et quand il n'y a pas de côté horizontal, il y a moins de chances d'avoir des triangles particuliers ?

Oui. Bien que certains <(rép) eh> maintenant, qu'est-ce qu'ils me font ? Ils me font un côté vertical et <(rép) ils> prolongent parce qu'ils savent un peu jouer eh : on ne va pas trop les embêter, puisque s'il a fait un côté vertical il a au moins que le triangle n'est pas comme ça donc ils ne font pas [(inaud.)] mais c'est vrai qu'il y a moins de chances de faire un triangle eh : il n'y a pas de repère spatial. C'est-à-dire que lorsque l'enfant fait un triangle avec une base horizontale, comme il a l'habitude de la faire <(rép) sur> eh : papier quadrillé il sait à peu près où est-ce que ça va aller et donc il le fait mais lorsqu'on <(rép) on> démonte tout ça, il ne sait pas à peu près où est-ce que ça va aller. De faire comprendre que vraiment un triangle c'est trois points non alignés, ce n'est pas (.) c'est à partir de trois points non alignés. Donc ce <(rép) cet> espace eh : non mais <(rép) c'est> ça demande du temps parce qu'il faut démonter (.) le problème c'est ça démonter une conception (.). Avant moi je croyais que c'était les enseignants du primaire, il fallait démonter les conceptions qu'ils avaient données aux enfants. Puisque j'ai commencé ç, j'ai travaillé en sixième, (.) alors j'ai travaillé à démonter cette conception du primaire, en seconde je dois redémonter les conceptions du collège puisqu'en fin de compte ce n'était pas qu'au primaire et c'est vrai qu'au collège [(inaud.)] c'est dans une facilité de rester dans le papier quadrillé.

(44 :58) Relance 4.4.4 Quelles est ton attitude face à ces figures particulières : acceptes-tu ou demandes-tu de la refaire ?

Mais c'est interdit. Donc je ne peux pas accepter.

(45 :08) Question 4.5 Quels sont les modes de raisonnement privilégiés par tes élèves ?

(02.27) C'est-à-dire ? pour résoudre..

(45 :15) Relance 4.5.1 Par exemple est-ce que tu as des élèves qui se contentent d'une énumération des propriétés de la figure au lieu de rentrer dans la démonstration même, ou utiliser les données ?

Ça dépend. Si on est au lycée, lycée seconde ou lycée terminale ?

(45 :36) Relance 4.5.2 Première terminale.

Alors première terminale eh : j'ose penser qu'aucun de mes élèves ne me fait ça. Aller prendre les mesures, non. C'est l'énoncé puisque eh : il faut dire aussi que mes élèves je leur apprend à avoir un stabylo pour avoir les termes importants, les choses importantes dans l'énoncé, repérer pour pouvoir raisonner. Donc ils travaillent souvent avec le stabylo. Donc normalement c'est dans l'énoncé. C'est <(rép) cette> partie-là qu'ils ont l'habitude de faire. Ils ne peuvent pas eh : c'est-à-dire qu'ils peuvent faire un schéma pour appuyer ce qu'ils ont vu dans l'énoncé, mais ils ne peuvent pas aller mesurer, <(rép) non> ça eh :

(46 :15) Relance 4.5.3 Et dans la démonstration lorsqu'ils ne voient pas quoi faire y en a-t-il qui font une énumération des propriétés de la figure ?

Il faudrait que je trouve <(rép) un> autre exemple de première. Parce que quand c'est en première et terminale, <(rép) ça> se fait au collège mais première et terminale eh : un exemple eh : Ça arrive assez rarement. Quand l'enfant est bloqué et ben il va citer le cours, il va, il sait que c'est dans tel cours il va essayer de grappiner des points parce que, là aussi je leur apprend à grappiner des points, il faut savoir, montrer que tu sais quelque chose ; l'essentiel c'est ça. Mais eh : ce n'est pas eh : une habitude quoi, c'est vraiment lorsqu'une élève ne sait pas eh : moi je leur conseille que, tu ne sais pas mais montres que tu connais ton cours quoi. ((47 :11 :91)) ((passage non transcrit)) ((47 :20 :54))

5. Profil de l'enseignant

(47 :20) Nous allons conclure l'entretien sur ces quelques questions qui me permettront de pouvoir affiner mon analyse.

(47 :27) Question 5.1 Quel âge as-tu ?

Quarante-neuf ans.

(47 :31) Question 5.2 Depuis combien d'années enseignes-tu ?

(06.95) Vingt-cinq ans.

(47 :42) Question 5.3 Dans quel niveau enseignes-tu ?

De la quatrième à la terminale.

(47 :48) Question 5.4 As-tu toujours enseigné dans ce niveau ?

Non. <((rire)) j'ai travaillé de la maternelle à l'université>

(47 :57) Relance 5.4.1 Depuis combien de temps enseignes-tu dans le niveau actuel ?

Sept ans, du moins la quatrième non puisque, de la seconde à la terminale depuis sept ans, mais le collège ben depuis vingt-cinq ans. Du moins vingt-

cinq ans, un peu moins, vingt-trois ou vingt-deux ans. Vingt-trois ans de collège.

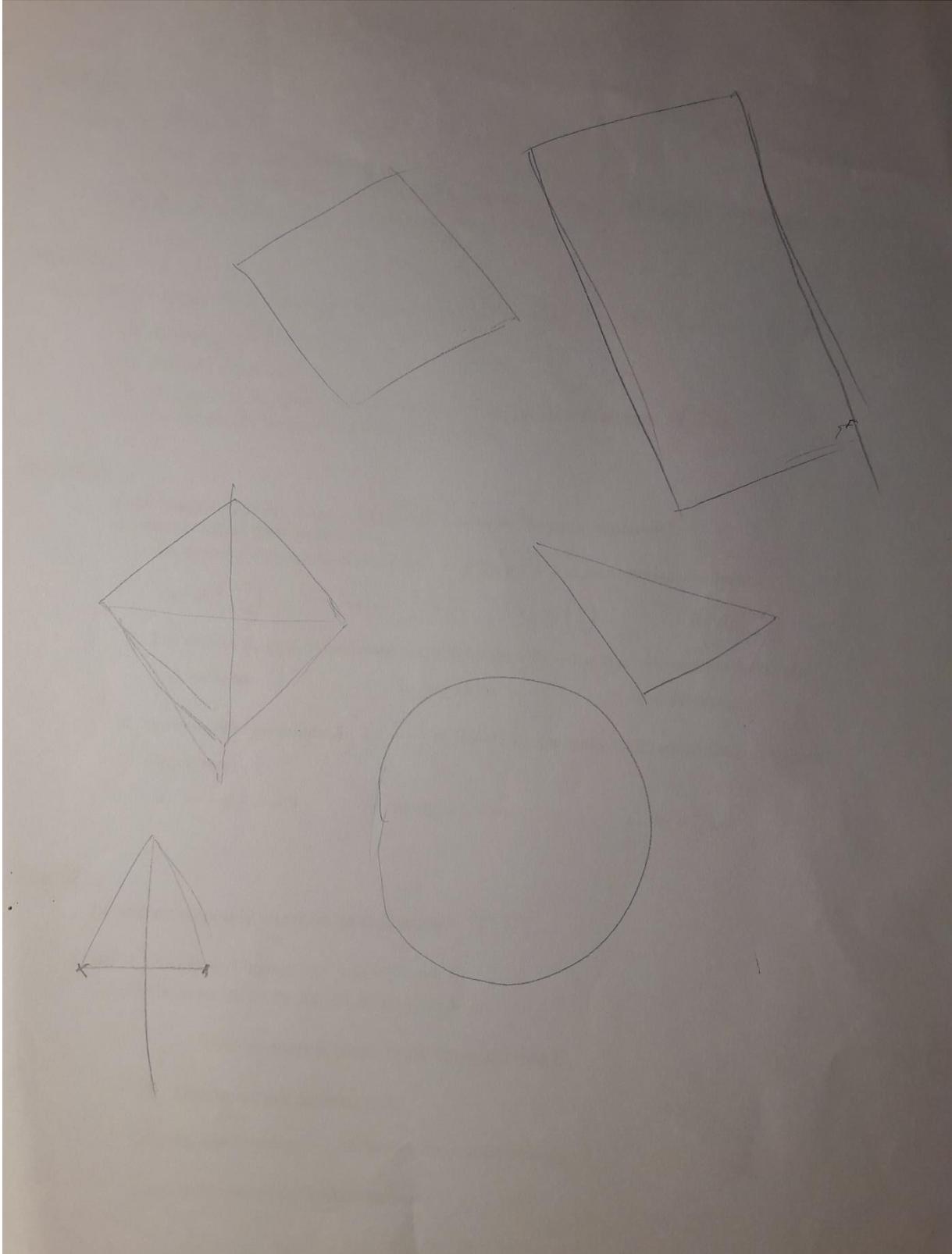
(48 :21) Question 5.5 Quels souvenirs gardes-tu de tes cours de géométrie en tant qu'élève ou étudiant ?

J'adorais, mais <(rire) j'étais> la géométrie eh : collègue j'adorais mais bon c'était, j'étais, c'était un cas particulier en collège et eh : en lycée oui j'ai toujours adoré. Oui après je suis devenue prof de maths [(inaud.)]. J'ai beaucoup plus adoré au collège que <(rép) qu'a-> mais j'ai toujours aimé la géométrie.

(48 :56) Question 5.6 Quel est ton ressenti quant à l'enseignement de cette matière ?

(05.01) Quand j'enseigne la géométrie, (01.63) alors (01.32) en ce qui concerne le collège, (02.21) je travaille autrement, c'est-à-dire que de plus en plus je tiens à ce que les élèves aient une conception de l'espace ont une vision autre, prendre de la pratique, je pratique beaucoup, je cherche beaucoup d'autres choses, leur faire aimer la géométrie. Peut-être trouver eh : même s'ils n'ont pas, ils ne vont pas tout aimer mais ils vont aimer quelque chose. (02.41) Au lycée, eh : (01.54) je ne sais pas, quand j'enseigne la géométrie, je suis tellement eh : (.) heureuse, <((rire)) je ne sais pas mais> c'est autre chose que d'enseigner l'algèbre ou la proba ou les stats ou autre chose. C'est vraiment eh : le concret le eh : (01.89) en tous cas je prends beaucoup de plaisir et j'essaie surtout que mes élèves performant en géométrie parce que pour moi, c'est la partie du programme où on peut eh : le plus facilement eh : comment dire ? Ne pas se tromper puisque <(rép) c'est> la logique et il n'y a pas d'erreurs de calcul vraiment possible eh : il n'y a pas d'au- d'autres parasites qui peuvent s'y mettre à part soi-même, dès qu'on a compris on arrive à récupérer le maximum de points.

Production de l'enseignant à la question 1.3



Exercice produit par l'enseignant pour la discussion à la question 2.8

EXERCICE 1

On considère les points $A(-2; -2)$, $B(4; 1)$, $C(2; 3)$ et le vecteur $\vec{u} \begin{pmatrix} -4 \\ -2 \end{pmatrix}$.

- ▷ 1. Déterminer une équation cartésienne de la droite (AB) .
- ▷ 2. Déterminer une équation cartésienne de la droite (d) passant par le point C et de vecteur directeur \vec{u} .
- ▷ 3. Les droites (d) et (AB) sont-elles parallèles ? Justifier.

EXERCICE 2

Soit ABC un triangle. On définit les points M , N et P par : $\vec{AM} = \frac{2}{5}\vec{AB}$; $\vec{NA} - 2\vec{CN} = \vec{0}$ et $\vec{PC} = -\frac{1}{2}\vec{BC}$.

- > 1. Démontrer que $\vec{AN} = \frac{2}{3}\vec{AC}$.
- > 2. Faire une figure.
- > 3. Exprimer le vecteur \vec{MN} , puis le vecteur \vec{NP} , en fonction des vecteurs \vec{AB} et \vec{AC} .
- > 4. En déduire que les points M , N et P sont alignés.

Annexe 8 : Questionnaire élèves du niveau lycée

QUESTIONNAIRE ÉLÈVES⁹⁶

(D'après Monti et Plourdeau, 2003, p.184)

Ce questionnaire s'inscrit dans le cadre d'un travail de Master MEEF Pratiques et ingénierie de la formation, réalisé à l'ESPE de Guadeloupe. Tu es sollicité aujourd'hui afin de mieux comprendre les difficultés que tu peux éventuellement rencontrer dans ton activité mathématique. Ce questionnaire est totalement anonyme afin que tu te sentes libre de t'exprimer avec la plus grande franchise. Je te remercie de ta participation qui permettra de contribuer à l'amélioration des pratiques professionnelles.

Les premières questions ont pour but de réaliser un traitement statistique (en cas de besoin, tu peux utiliser l'intercalaire s'il te manque de la place pour motiver tes réponses. Pour cela il suffit de préciser le numéro de la réponse et écrire dans la case attenante, comme présenté dans l'exemple).

1. Mieux te situer

Q1 : Tu es :

Une fille

un garçon

Q2 : Ton âge :

Moins de 15 ans

15 ans

16 ans

17 ans

18 ans

19 ans

20 ans

Q3 : Ta classe :

seconde

première S ES L

STI2D Autre préciser :.....

terminale S ES L

STI2D Autre préciser :.....

Maintenant nous allons regarder de plus près sur ce que tu préfères lorsque tu fais des mathématiques, mais également sur ce qui peut être source de difficultés pour toi.

2. Ce que tu aimes et ce qui te déplaît en mathématiques :

Q4 : Aimes-tu les problèmes en mathématiques ?

Oui

Non

Si non, explique :

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

⁹⁶ Voir Monti B. et Plourdeau C. (2003), *opérations mentales en résolution de problèmes*, mathématiques collège, Scerén, CRDP de Basse-Normandie.

Q5 : Quand tu fais des mathématiques, qu'est-ce qui te plaît ?

Explique :

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

Q6 : Quand tu fais des mathématiques, qu'est-ce qui te déplaît ?

Explique :

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

Q7 : Quand tu fais un problème, que trouves-tu difficile, que fais-tu pour faire face à cette difficulté ?

Explique :

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

Q8 : La correction te paraît-elle importante ?

Oui

Non

Explique :

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

Q9 : Comprends-tu la correction ?

Oui

Non

Explique :

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

Q10 : Serais-tu capable de résoudre un problème similaire

Oui

Non

Explique :

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

Q11 : Quand tu résous un problème préfères-tu le faire seul ou en groupe ?

Seul

en groupe

Explique :

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

Dans les questions qui suivent, nous nous intéressons à la façon dont tu pratiques lorsque tu es en résolution de problème.

3. Comment procèdes-tu ?

Q12 : Peux-tu expliquer en quelques lignes comment tu procèdes lorsque tu as un exercice de géométrie (dans lequel il y a une figure à réaliser) à résoudre ?

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

Q13 : Dans un problème réalises-tu toujours une figure, même lorsque cela n'est pas demandé ?

Oui

Non

Explique :

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

Q14 : Quelles données utilises-tu lorsque tu fais la figure ?

Explique :

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

Q15 : Quand tu trouves un problème difficile, que fais-tu ?

Explique :

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

Q16 : Quand tu ne comprends pas un problème, comment voudrais-tu qu'on t'aide ?

Explique :

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

Q17 : Trouves-tu les explications du professeur efficaces dans ce cas-là ?

Oui

Non

Explique :

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

Q18 : En cas de difficultés, comprends-tu mieux les explications d'un camarade ?

Oui

Non

Explique :

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

Les questions suivantes ont pour but de savoir comment tu comprends les consignes et quelle réponse tu y apportes.

4. Tes conceptions à propos des mathématiques :

Q19 : À la consigne « ABC est un triangle » que dessines-tu (sois le plus précis possible dans ta réponse)

Explique :

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

Q20 : Penses-tu qu'il existe toujours une solution à un problème mathématique ?

Oui

Non

Explique :

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

Q21 : Quand tu fais une erreur dans un problème, crois-tu que ce soit grave ?

Oui

Non

Explique :

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

Q22 : Dans une démonstration où figure une inconnue, la remplaces-tu par une valeur particulière ?

Oui

Non

Explique :

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

Q23 : Penses-tu que cette démarche est satisfaisante ?

Oui

Non

Explique :

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

Q24 : Sais-tu ce qu'est une conjecture ?

Oui

Non

Explique :

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

Q25 : Penses-tu qu'on doive faire une démonstration après une conjecture ?

Oui

Non

Explique :

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

Q26 : Sais-tu ce qu'est une hypothèse ?

Oui

Non

Explique :

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

Q27 : Peux-tu décrire en quelques mots en quoi consiste une démonstration en mathématiques et comment on procède ?

Explique :

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

Q28 : L'image qui suit représente un panneau de circulation. Peux-tu identifier le nom de cette figure géométrique représentée par ce panneau ?



Réponse :

Q29 : L'image qui suit représente un panneau indiquant la proximité d'un hôpital. Peux-tu identifier le nom de la figure géométrique représentée par ce panneau ?



Réponse :

Q30 : Dessines un carré.

Q31 : Dessines un losange.

Q32 : Dessines un segment et $[AB]$ et sa médiatrice.



Source: Pixabay

Annexe 9 : Test élèves du niveau primaire

Indiquer dans chaque case le nom de la figure géométrique représentée par le logo ou panneau de signalisation.



Figure 1 :



Figure 2 :

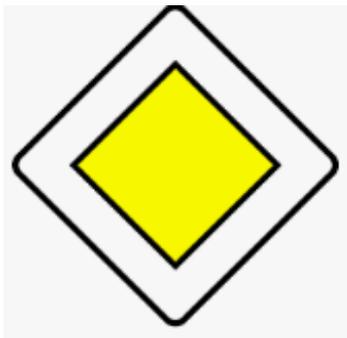


Figure 3 :



Figure 4 :



Figure 5 :



Figure 6 :



Figure 7 :



Figure 8 :



Figure 9 :



Figure 10 :



Figure 11 :

Annexe 10 : Documents officiels

Annexe 10.1 Extraits du BO n°30 du 26 juillet 2018 en lien avec l'apprentissage des mathématiques au cycle 2

Cycle 2

Volet 1 : les spécificités du cycle des apprentissages fondamentaux

Au cycle 2, le sens et l'automatisation se construisent simultanément. La compréhension est indispensable à l'élaboration de savoirs solides que les élèves pourront réinvestir et l'automatisation de certains savoir-faire est le moyen de libérer des ressources cognitives pour qu'ils puissent accéder à des opérations plus élaborées et à la compréhension. Tous les enseignements sont concernés. En mathématiques par exemple, comprendre les différentes opérations est indispensable à l'élaboration de ces savoirs que les élèves réinvestissent. En parallèle, des connaissances immédiatement disponibles (comme les résultats des tables de multiplication) améliorent considérablement les capacités de « calcul intelligent », où les élèves comprennent ce qu'ils font et pourquoi ils le font. En questionnement du monde, la construction des repères temporels répond à la même logique : leur compréhension liée à un apprentissage explicite permet progressivement de les utiliser spontanément.

Au cycle 2, on articule le concret et l'abstrait. Observer et agir, manipuler, expérimenter, toutes ces activités mènent à la représentation, qu'elle soit analogique (dessins, images, schématisations) ou symbolique, abstraite (nombres, concepts

Volet 2 : Contributions essentielles des différents enseignements du socle commun

Domaine 1

Les langages pour penser et communiquer

Comprendre, s'exprimer en utilisant les langages mathématiques, scientifiques et informatiques Les mathématiques participent à l'acquisition des langages scientifiques : compréhension du système de numération, pratique du calcul, connaissance des grandeurs. Les représentations symboliques transcrivent l'observation, l'exploration et le questionnement des objets et de la réalité du monde. Dans l'enseignement « Questionner le monde », les activités de manipulation, de mesures, de calcul, à partir d'expériences simples utilisent pleinement les langages scientifiques. La familiarisation avec un lexique approprié et précis, permet la lecture, l'exploitation et la communication de résultats à partir de représentations variées d'objets, de phénomènes et d'expériences simples (tableaux, graphiques simples, cartes, schémas, frises chronologiques, etc.). L'éducation physique et sportive permet de mettre en relation l'espace vécu et l'espace représenté : dans les activités d'orientation en lien avec la géométrie (repérage dans l'espace, sur un quadrillage, déplacements) ; dans les activités d'athlétisme où sont convoqués les grandeurs et les mesures, et des calculs divers sur les longueurs, les durées, ou dans les jeux collectifs (calculs de résultats, scores), etc.

Domaine 2

Les méthodes et outils pour apprendre

Tous les enseignements concourent à développer les compétences méthodologiques pour améliorer l'efficacité des apprentissages et favoriser la réussite de tous les élèves. Savoir apprendre une leçon ou une poésie, utiliser des écrits intermédiaires, relire un texte, une consigne, utiliser des outils de référence [...] la familiarisation aux techniques de l'information et de la communication contribue à développer les capacités à rechercher l'information, à la partager, à développer les premières explicitations et argumentations et à porter un jugement critique. En français, extraire des informations d'un texte, d'une ressource documentaire permet de répondre aux interrogations, aux besoins, aux curiosités ; la familiarisation avec quelques logiciels (traitement de texte avec correcteur orthographique, dispositif d'écriture collaborative, etc.) aide à rédiger et à se relire. En mathématiques, mémoriser, utiliser des outils de référence, essayer, proposer une réponse, argumenter, vérifier sont des composantes de la résolution de problèmes simples de la vie quotidienne.

Domaine 3

La formation de la personne et du citoyen

Débattre, argumenter rationnellement, émettre des conjectures et des réfutations simples, s'interroger sur les objets de la connaissance, commencer à résoudre des problèmes notamment en mathématiques en formulant et en justifiant ses choix développent le jugement et la confiance en soi.

Domaine 4

Les systèmes naturels et les systèmes techniques

« Questionner le monde » constitue l'enseignement privilégié pour formuler des questions, émettre des suppositions, imaginer des dispositifs d'exploration et proposer des réponses. Par l'observation fine du réel dans trois domaines, le vivant, la matière et les objets, la démarche d'investigation permet d'accéder à la connaissance de quelques caractéristiques du monde vivant, à l'observation et à la description de quelques phénomènes naturels et à la compréhension des fonctions et des fonctionnements d'objets simples. Différentes formes de raisonnement commencent à être mobilisées (par analogie, par déduction logique, par inférence, etc.) en fonction des besoins. Étayé par le professeur, l'élève s'essaie à expérimenter, présenter la démarche suivie, expliquer, démontrer, exploiter et communiquer les résultats de mesures ou de recherches, la réponse au problème posé en utilisant un langage précis. Le discours produit est argumenté et prend appui sur des observations et des recherches et non sur des croyances. [...] La pratique du calcul, l'acquisition du sens des opérations et la résolution de problèmes élémentaires en mathématiques permettent l'observation, suscitent des questionnements et la recherche de réponses, donnent du sens aux notions abordées et participent à la compréhension de quelques éléments du monde.

Domaine 5

Les représentations du monde et l'activité humaine

Les enseignements « Questionner le monde », mathématiques et éducation physique et sportive mettent en place les notions d'espace et de temps. Se repérer dans son environnement proche, s'orienter, se déplacer, le représenter, identifier les grands repères terrestres, construire des figures géométriques simples, situer des œuvres d'art d'époques différentes, effectuer des parcours et des déplacements lors d'activités physiques ou esthétiques, participent à l'installation des repères spatiaux. Les repères temporels aident à appréhender et apprendre les notions de continuité, de succession, d'antériorité et de postériorité, de simultanéité. Commencer à repérer quelques événements dans un temps long, prendre conscience de réalités ou d'événements du passé et du temps plus ou moins grand qui nous en sépare vise à une première approche de la chronologie.

Volet 3 : Les enseignements

Mathématiques

Au cycle 2, la résolution de problèmes est au centre de l'activité mathématique des élèves, développant leurs capacités à chercher, raisonner et communiquer. Les problèmes permettent d'aborder de nouvelles notions, de consolider des acquisitions, de provoquer des questionnements. Ils peuvent être issus de situations de vie de classe ou de situations rencontrées dans d'autres enseignements, notamment « Questionner le monde », ce qui contribue à renforcer le lien entre les mathématiques et les autres disciplines. Ils ont le plus souvent possible un caractère ludique. On veillera aussi à proposer aux élèves dès le CP des problèmes pour apprendre à chercher qui ne soient pas de simples problèmes d'application à une ou plusieurs opérations mais nécessitent des recherches avec tâtonnements. La composante écrite de l'activité mathématique devient essentielle. Ces écrits sont d'abord des écritures et représentations produites en situation par les élèves eux-mêmes qui évoluent progressivement avec l'aide du professeur vers des formes conventionnelles institutionnalisées dans les cahiers par des traces écrites qui ont valeur de référence. Il est tout aussi essentiel qu'une verbalisation reposant sur une syntaxe et un lexique adapté accompagne le recours à l'écrit et soit favorisée dans les échanges d'arguments entre élèves. L'introduction et l'utilisation des symboles

mathématiques sont réalisées au fur et à mesure qu'ils prennent sens dans des situations basées sur des manipulations, en relation avec le vocabulaire utilisé, assurant une entrée progressive dans l'abstraction. Les élèves consolident leur compréhension des nombres entiers, déjà rencontrés au cycle 1. Ils étudient différentes manières de désigner les nombres, notamment leurs écritures en chiffres, leurs noms à l'oral, les compositions-décompositions fondées sur les propriétés numériques (le double de, la moitié de, etc.), ainsi que les décompositions en unités de numération (unités, dizaines, etc.). L'étude des quatre opérations (addition, soustraction, multiplication, division) commence dès le début du cycle à partir de problèmes qui contribuent à leur donner du sens, en particulier des problèmes portant sur des grandeurs ou sur leurs mesures. 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. En lien avec le travail mené dans « Questionner le monde » les élèves rencontrent des grandeurs qu'ils apprennent à mesurer, ils construisent des connaissances de l'espace essentielles et abordent l'étude de quelques relations géométriques et de quelques objets (solides et figures planes) en étant confrontés à des problèmes dans lesquels ces connaissances sont en jeu. L'étude des grandeurs et de leurs mesures doit faire l'objet d'un enseignement structuré et explicite qui s'appuie sur des situations de manipulation.

Compétences travaillées	Domaines du socle
<p>Chercher</p> <ul style="list-style-type: none"> • s'engager dans une démarche de résolution de problèmes en observant, en posant des questions, en manipulant, en expérimentant, en émettant des hypothèses, si besoin avec l'accompagnement du professeur après un temps de recherche autonome ; • tester, essayer plusieurs pistes proposées par soi-même, les autres élèves ou le professeur 	2, 4
<p>Modéliser</p> <ul style="list-style-type: none"> • utiliser des outils mathématiques pour résoudre des problèmes concrets, notamment des problèmes portant sur des grandeurs et leurs mesures ; • réaliser que certains problèmes relèvent de situations additives, d'autres de situations multiplicatives, de partages ou de groupements ; • reconnaître des formes dans des objets réels et les reproduire géométriquement. 	1, 2, 4
<p>Représenter</p> <ul style="list-style-type: none"> • appréhender différents systèmes de représentations (dessins, schémas, arbres de calcul, etc.) ; • utiliser des nombres pour représenter des quantités ou des grandeurs ; • utiliser diverses représentations de solides et de situations spatiales. 	1, 5
<p>Raisonner</p> <ul style="list-style-type: none"> • anticiper le résultat d'une manipulation, d'un calcul, ou d'une mesure ; • raisonner sur des figures pour les reproduire avec des instruments ; • tenir compte d'éléments divers (arguments d'autrui, résultats d'une expérience, sources internes ou externes à la classe, etc.) pour modifier ou non son jugement ; • prendre progressivement conscience de la nécessité et de l'intérêt de justifier ce que l'on affirme. 	2, 3, 4

<p>Calculer</p> <ul style="list-style-type: none"> • calculer avec des nombres entiers, mentalement ou à la main, de manière exacte ou approchée, en utilisant des stratégies adaptées aux nombres en jeu ; • contrôler la vraisemblance de ses résultats. 	4
<p>Communiquer</p> <ul style="list-style-type: none"> • utiliser l’oral et l’écrit, le langage naturel puis quelques représentations et quelques symboles pour expliciter des démarches, argumenter des raisonnements. 	1, 3

Espace et géométrie

Au cycle 2, les élèves acquièrent à la fois des connaissances spatiales comme l’orientation et le repérage dans l’espace et des connaissances géométriques sur les solides et sur les figures planes. Apprendre à se repérer et se déplacer dans l’espace se fait en lien étroit avec le travail dans « Questionner le monde » et « Éducation physique et sportive ». Les connaissances géométriques contribuent à la construction, tout au long de la scolarité obligatoire, des concepts fondamentaux d’alignement, de distance, d’égalité de longueurs, de parallélisme, de perpendicularité, de symétrie. Les compétences et connaissances attendues en fin de cycle se construisent à partir de manipulations et de problèmes concrets, qui s’enrichissent tout au long du cycle en jouant sur les outils et les supports à disposition, et en relation avec les activités mettant en jeu les grandeurs géométriques et leur mesure. Dans la suite du travail commencé à l’école maternelle, l’acquisition de connaissances spatiales s’appuie sur des problèmes visant à localiser des objets ou à décrire ou produire des déplacements dans l’espace réel. L’oral tient encore une grande place dans l’ensemble du cycle mais les représentations symboliques se développent et l’espace réel est progressivement mis en relation avec des représentations géométriques. La connaissance des solides se développe à travers des activités de tri, d’assemblages et de fabrications d’objets. Les notions de géométrie plane et les connaissances sur les figures usuelles s’acquièrent à partir de manipulations et de résolutions de problèmes (reproduction de figures, activités de tri et de classement, description de figures, reconnaissance de figures à partir de leur description, tracés en suivant un programme de construction simple). La reproduction de figures diverses, simples et composées est une source importante de problèmes de géométrie dont on peut faire varier la difficulté en fonction des figures à reproduire et des instruments disponibles. Les concepts généraux de géométrie (droites, points, segments, angles droits) sont présentés à partir de tels problèmes. En géométrie comme ailleurs, il est particulièrement important que les professeurs utilisent un langage précis et adapté et introduisent le vocabulaire approprié au cours des manipulations et situations d’action où il prend sens pour les élèves, et que ceux-ci soient progressivement encouragés à l’utiliser.

Attendus de 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 ;
- reconnaître et utiliser les notions d’alignement, d’angle droit, d’égalité de longueurs, de milieu, de symétrie.

Annexe 10.2 Extraits du BO n°30 du 26 juillet 2018 en lien avec l'apprentissage des mathématiques au cycle 3

Cycle 3

Volet 1 : les spécificités du cycle de consolidation

La classe de 6e occupe une place particulière dans le cycle : elle permet aux élèves de s'adapter au rythme, à l'organisation pédagogique et au cadre de vie du collège tout en se situant dans la continuité des apprentissages engagés au CM1 et au CM2. Ce programme de cycle 3 permet ainsi une entrée progressive et naturelle dans les savoirs constitués des disciplines mais aussi dans leurs langages, leurs démarches et leurs méthodes spécifiques. Pris en charge à l'école par un même professeur polyvalent qui peut ainsi travailler à des acquisitions communes à plusieurs enseignements et établir des liens entre les différents domaines du socle commun, l'enseignement de ces savoirs constitués est assuré en 6e par plusieurs professeurs spécialistes de leur discipline qui contribuent collectivement, grâce à des thématiques communes et aux liens établis entre les disciplines, à l'acquisition des compétences définies par le socle.

En ce qui concerne les langages scientifiques, le cycle 3 poursuit la construction des nombres entiers et de leur système de désignation, notamment pour les grands nombres. Il introduit la connaissance des fractions et des nombres décimaux. Les quatre opérations sur les nombres, sans négliger la mémorisation de faits numériques et l'automatisation de procédures de calcul, sont travaillées tout au long du cycle. Les notions mathématiques étudiées prendront tout leur sens dans la résolution de problèmes qui justifie leur acquisition. Le cycle 3 installe également tous les éléments qui permettent de décrire, observer, caractériser les objets qui nous entourent : formes géométriques, attributs caractéristiques, grandeurs attachées, nombres et unités qui permettent d'exprimer ces grandeurs. D'une façon plus spécifique, l'élève acquiert les bases de langages scientifiques qui lui permettent de formuler et de résoudre des problèmes, de traiter des données. Il est formé à utiliser des représentations variées d'objets, d'expériences, de phénomènes naturels (schémas, dessins d'observation, maquettes, etc.) et à organiser des données de nature variée à l'aide de tableaux, graphiques ou diagrammes qu'il est capable de produire et d'exploiter.

Les élèves apprennent à adopter une approche rationnelle du monde en proposant des explications et des solutions à des problèmes d'ordre scientifique et technique. Les situations où ils mobilisent savoirs et savoir-faire pour mener une tâche complexe sont introduites progressivement

Volet 2 : contributions essentielles des différents enseignements au socle commun

Domaine 1

Les langages pour penser et communiquer

Comprendre, s'exprimer en utilisant les langages mathématiques, scientifiques et informatiques Les mathématiques, les sciences et la technologie contribuent principalement à l'acquisition des langages scientifiques. En mathématiques, ils permettent la construction du système de numération et l'acquisition des quatre opérations sur les nombres, mobilisées dans la résolution de problèmes, ainsi que la description, l'observation et la caractérisation des objets qui nous entourent (formes géométriques, attributs caractéristiques, grandeurs attachées, nombres et unités qui permettent d'exprimer ces grandeurs). En sciences et en technologie, mais également en histoire et en géographie, les langages scientifiques permettent de résoudre des problèmes, traiter et organiser des données, lire et communiquer des résultats, recourir à des représentations variées d'objets, d'expériences, de phénomènes naturels (schémas, dessins d'observation, maquettes, etc.). L'éducation physique et sportive permet de donner un sens concret aux données mathématiques en travaillant sur temps, distance et vitesse. Il importe que tous les enseignements soient concernés par l'acquisition des langages scientifiques.

Domaine 2

Les méthodes et outils pour apprendre

Dans tous les enseignements en fonction des besoins, mais en histoire, en géographie et en sciences en particulier, les élèves se familiarisent avec différentes sources documentaires, apprennent à chercher des informations et à interroger l'origine et la pertinence de ces informations dans l'univers du numérique.

En mathématiques, ils apprennent à utiliser des logiciels de calculs et d'initiation à la programmation. Dans le domaine des arts, ils sont conduits à intégrer l'usage des outils informatiques de travail de l'image et de recherche d'information au service de la pratique plastique et à manipuler des objets sonores à l'aide d'outils informatiques simples.

Domaine 3

La formation de la personne et du citoyen

Tous les enseignements contribuent à la formation du jugement. En histoire plus particulièrement, les élèves sont amenés à distinguer l'histoire de la fiction. Les mathématiques contribuent à construire chez les élèves l'idée de preuve et d'argumentation.

Domaine 4

Les systèmes naturels et les systèmes techniques

Par le recours à la démarche d'investigation, les sciences et la technologie apprennent aux élèves à observer et à décrire, à déterminer les étapes d'une investigation, à établir des relations de cause à effet et à utiliser différentes ressources. Les élèves apprennent à utiliser leurs connaissances et savoir-faire scientifiques et technologiques pour concevoir et pour produire. Les mathématiques permettent de mieux appréhender ce que sont les grandeurs (longueur, masse, volume, durée, etc.) associées aux objets de la vie courante. En utilisant les grands nombres (entiers) et les nombres décimaux pour exprimer ou estimer des mesures de grandeur (estimation de grandes distances, de populations, de durées, de périodes de l'histoire, etc.), elles construisent une représentation de certains aspects du monde. Les élèves sont graduellement initiés à fréquenter différents types de raisonnement. Les recherches libres (tâtonnements, essais-erreurs) et l'utilisation des outils numériques les forment à la démarche de résolution de problèmes. L'étude des figures géométriques du plan et de l'espace à partir d'objets réels apprend à exercer un contrôle des caractéristiques d'une figure pour en établir la nature grâce aux outils de géométrie et non plus simplement par la reconnaissance de forme

Domaine 5

Les représentations du monde et l'activité humaine

L'enseignement des mathématiques, des sciences et de la technologie contribue également à développer des repères spatiaux et temporels en faisant acquérir aux élèves des notions d'échelle, en différenciant différentes temporalités et en situant des évolutions scientifiques et techniques dans un contexte historique, géographique, économique ou culturel. Cet enseignement contribue à relier des questions scientifiques ou technologiques à des problèmes économiques, sociaux, culturels, environnementaux.

Volet 3 : Les enseignements

Mathématiques

Dans la continuité des cycles précédents, le cycle 3 assure la poursuite du développement des six compétences majeures des mathématiques : chercher, modéliser, représenter, calculer, raisonner et communiquer. La résolution de problèmes constitue le critère principal de la maîtrise des connaissances dans tous les domaines des mathématiques, mais elle est également le moyen d'en assurer une appropriation qui en garantit le sens. Si la modélisation algébrique relève avant tout du cycle 4 et du lycée, la résolution de problèmes permet déjà de montrer comment des notions mathématiques peuvent être des outils pertinents pour résoudre certaines situations. Les situations sur lesquelles portent les problèmes sont, le plus souvent, issues de la vie de classe, de la vie courante ou d'autres enseignements, ce qui contribue à renforcer le lien entre les mathématiques et les autres disciplines. Les élèves rencontrent également des problèmes issus d'un contexte interne aux mathématiques. La mise en perspective historique de certaines connaissances (numération de position, apparition des nombres décimaux, du système métrique, etc.) contribue à enrichir la culture scientifique des élèves. On veille aussi à proposer aux élèves des problèmes pour apprendre à chercher, qui ne soient pas directement reliés à la notion en cours d'étude, qui ne comportent pas forcément une seule solution, qui ne se résolvent pas uniquement avec une ou plusieurs opérations mais par un raisonnement et des recherches par tâtonnements. Le cycle 3 vise à approfondir des notions mathématiques abordées au cycle 2, à en étendre le domaine d'étude, à consolider l'automatisation des techniques écrites de calcul introduites précédemment (addition, soustraction et multiplication)

ainsi que les résultats et procédures de calcul mental du cycle 2, mais aussi à construire de nouvelles techniques de calcul écrites (division) et mentales, enfin à introduire des notions nouvelles comme les nombres décimaux, la proportionnalité ou l'étude de nouvelles grandeurs (aire, volume, angle notamment). Les activités géométriques pratiquées au cycle 3 s'inscrivent dans la continuité de celles fréquentées au cycle 2. Elles s'en distinguent par une part plus grande accordée au raisonnement et à l'argumentation qui complètent la perception et l'usage des instruments. Elles sont aussi une occasion de fréquenter de nouvelles représentations de l'espace (patrons, perspectives, vues de face, de côté, de dessus, etc.). En complément de l'usage du papier, du crayon et de la manipulation d'objets concrets, les outils numériques sont progressivement introduits. Ainsi, l'usage de logiciels de calcul et de numération permet d'approfondir les connaissances des propriétés des nombres et des opérations comme d'accroître la maîtrise de certaines techniques de calculs. De même, des activités géométriques peuvent être l'occasion d'amener les élèves à utiliser différents supports de travail : papier et crayon, mais aussi logiciels de géométrie dynamique, d'initiation à la programmation ou logiciels de visualisation de cartes, de plans, etc. Les grandeurs font l'objet d'un enseignement structuré et explicite, une bonne connaissance des unités du système international de mesure étant visée. L'étude des préfixes des unités de mesure décimales, en lien avec les unités de numération, facilite la compréhension et l'apprentissage des unités de mesure de la plupart des grandeurs relevant du cycle 3. Dans le prolongement du travail mené au cycle 2, l'institutionnalisation des savoirs dans un cahier de leçon est essentielle. L'introduction et l'utilisation des symboles mathématiques sont réalisées au fur et à mesure qu'ils prennent sens dans des situations basées sur des manipulations, en relation avec le vocabulaire utilisé, assurant une entrée progressive dans l'abstraction qui sera poursuivie au cycle 4. La verbalisation reposant sur une syntaxe et un lexique adapté est encouragée et valorisée en toute situation et accompagne le recours à l'écrit.

Compétences travaillées	Domaines du socle
<p>Chercher</p> <ul style="list-style-type: none"> • prélever et organiser les informations nécessaires à la résolution de problèmes à partir de supports variés : textes, tableaux, diagrammes, graphiques, dessins, schémas, etc. ; • s'engager dans une démarche, observer, questionner, manipuler, expérimenter, émettre des hypothèses, en mobilisant des outils ou des procédures mathématiques déjà rencontrées, en élaborant un raisonnement adapté à une situation nouvelle ; • tester, essayer plusieurs pistes de résolution. 	2, 4
<p>Modéliser</p> <ul style="list-style-type: none"> • utiliser les mathématiques pour résoudre quelques problèmes issus de situations de la vie quotidienne ; • reconnaître et distinguer des problèmes relevant de situations additives, multiplicatives, de proportionnalité ; • reconnaître des situations réelles pouvant être modélisées par des relations géométriques (alignement, parallélisme, perpendicularité, symétrie) ; • utiliser des propriétés géométriques pour reconnaître des objets. 	1, 2, 4

<p>Représenter</p> <ul style="list-style-type: none"> • utiliser des outils pour représenter un problème : dessins, schémas, diagrammes, graphiques, écritures avec parenthésages, etc. ; • produire et utiliser diverses représentations des fractions simples et des nombres décimaux ; • analyser une figure plane sous différents aspects (surface, contour de celle-ci, lignes et points) ; • reconnaître et utiliser des premiers éléments de codages d'une figure plane ou d'un solide ; • utiliser et produire des représentations de solides et de situations spatiales. 	1, 5
<p>Raisonner</p> <ul style="list-style-type: none"> • résoudre des problèmes nécessitant l'organisation de données multiples ou la construction d'une démarche qui combine des étapes de raisonnement ; • en géométrie, passer progressivement de la perception au contrôle par les instruments pour amorcer des raisonnements s'appuyant uniquement sur des propriétés des figures et sur des relations entre objets ; • progresser collectivement dans une investigation en sachant prendre en compte le point de vue d'autrui ; • justifier ses affirmations et rechercher la validité des informations dont on dispose. 	2, 3, 4
<p>Calculer</p> <ul style="list-style-type: none"> • calculer avec des nombres décimaux et des fractions simples de manière exacte ou approchée, en utilisant des stratégies ou des techniques appropriées (mentalement, en ligne, ou en posant les opérations) ; • contrôler la vraisemblance de ses résultats ; • utiliser une calculatrice pour trouver ou vérifier un résultat. 	4
<p>Communiquer</p> <ul style="list-style-type: none"> • utiliser progressivement un vocabulaire adéquat et/ou des notations adaptées pour décrire une situation, exposer une argumentation ; • expliquer sa démarche ou son raisonnement, comprendre les explications d'un autre et argumenter dans l'échange. 	1, 3

Comparer, estimer, mesurer des grandeurs géométriques avec des nombres entiers et des nombres décimaux : longueur (périmètre), aire, volume, angle Utiliser le lexique, les unités, les instruments de mesures spécifiques de ces grandeurs

Longueur et périmètre

Comparer des périmètres avec ou sans recours à la mesure (par exemple en utilisant une ficelle, ou en reportant les longueurs des côtés d'un polygone sur un segment de droite avec un compas) :

- notion de longueur : cas particulier du périmètre ;
- unités relatives aux longueurs : relations entre les unités de longueur et les unités de numération.

Calculer le périmètre d'un polygone en ajoutant les longueurs de ses côtés.

Calculer le périmètre d'un carré et d'un rectangle, la longueur d'un cercle, en utilisant une formule :

- formule du périmètre d'un carré, d'un rectangle ;
- formule de la longueur d'un cercle.

Aires

Comparer des surfaces selon leurs aires sans avoir recours à la mesure, par superposition ou par découpage et recollement. Différencier périmètre et aire d'une figure. Estimer la mesure d'une aire et l'exprimer dans une unité adaptée. Déterminer la mesure de l'aire d'une surface à partir d'un pavage simple ou en utilisant une formule :

- unités usuelles d'aire et leurs relations : multiples et sous-multiples du m^2 ;
- formules de l'aire d'un carré, d'un rectangle, d'un triangle, d'un disque.

Volumes et contenances

Relier les unités de volume et de contenance. Estimer la mesure d'un volume ou d'une contenance par différentes procédures (transvasements, appréciation de l'ordre de grandeur) et l'exprimer dans une unité adaptée. Déterminer le volume d'un pavé droit en se rapportant à un dénombrement d'unités (cubes de taille adaptée) ou en utilisant une formule :

- unités usuelles de contenance (multiples et sous multiples du litre) ;
- unités usuelles de volume (cm^3 , dm^3 , m^3), relations entre ces unités ;
- formules du volume d'un cube, d'un pavé droit.

Angles

Identifier des angles dans une figure géométrique.

Comparer des angles, en ayant ou non recours à leur mesure (par superposition, avec un calque).

Reproduire un angle donné en utilisant un gabarit. Estimer qu'un angle est droit, aigu ou obtus

Utiliser l'équerre pour vérifier qu'un angle est droit, aigu ou obtus, ou pour construire un angle droit.

Utiliser le rapporteur pour :

- déterminer la mesure en degré d'un angle ;
- construire un angle de mesure donnée en degrés.

- Notion d'angle.
- Lexique associé aux angles : angle droit, aigu, obtus.
- Mesure en degré d'un angle

Résoudre des problèmes impliquant des grandeurs (géométriques, physiques, économiques) en utilisant des nombres entiers et des nombres décimaux

Résoudre des problèmes de comparaison avec et sans recours à la mesure. Résoudre des problèmes dont la résolution mobilise simultanément des unités différentes de mesure et/ou des conversions.

Calculer des périmètres, des aires ou des volumes, en mobilisant ou non, selon les cas, des formules.

- Formules donnant :
 - le périmètre d'un carré, d'un rectangle, la longueur d'un cercle ;
 - l'aire d'un carré, d'un rectangle, d'un triangle, d'un disque ;
 - le volume d'un cube, d'un pavé droit.

Proportionnalité

Identifier une situation de proportionnalité entre deux grandeurs à partir du sens de la situation. Résoudre un problème de proportionnalité impliquant des grandeurs.

Espace et géométrie

À l'articulation de l'école primaire et du collège, le cycle 3 constitue une étape importante dans l'approche des concepts géométriques. Prolongeant le travail amorcé au cycle 2, les activités permettent aux élèves de passer progressivement d'une géométrie où les objets (le carré, la droite, le cube, etc.) et leurs propriétés sont essentiellement contrôlés par la perception à une géométrie où le recours à des instruments devient déterminant, pour aller ensuite vers une géométrie dont la validation s'appuie sur le raisonnement et l'argumentation. Différentes caractérisations d'un même objet ou d'une même notion s'enrichissant mutuellement permettent aux élèves de passer du regard ordinaire porté sur un dessin au regard géométrique porté sur une figure. Les situations faisant appel à différents types de tâches (reconnaître, nommer, comparer, vérifier, décrire, reproduire, représenter, construire) portant sur des objets géométriques, sont privilégiées afin de faire émerger des concepts géométriques (caractérisations et propriétés des objets, relations entre les objets) et de les enrichir. Un jeu sur les contraintes de la situation, sur les supports et les instruments mis à disposition des élèves, permet une évolution des procédures de traitement des problèmes et un enrichissement des connaissances. Les professeurs veillent à utiliser un langage précis et adapté pour décrire les actions et les gestes réalisés par les élèves (pliages, tracés à main levée ou avec utilisation de gabarits et d'instruments usuels ou lors de l'utilisation de logiciels). Ceux-ci sont progressivement encouragés à utiliser ce langage. Les activités spatiales et géométriques sont à mettre en lien avec les deux autres thèmes : résoudre dans un autre cadre des problèmes relevant de la proportionnalité ; utiliser en situation les grandeurs (géométriques) et leur mesure. Par ailleurs, elles constituent des moments privilégiés pour une première initiation à la programmation notamment à travers la programmation de déplacements ou de construction de figures.

Attendus de fin de cycle

- (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 (notions d'alignement, d'appartenance, de perpendicularité, de parallélisme, d'égalité de longueurs, d'égalité d'angle, de distance entre deux points, de symétrie, d'agrandissement et de réduction).

(Se) repérer et (se) déplacer dans l'espace en utilisant ou en élaborant des représentations
Se repérer, décrire ou exécuter des déplacements, sur un plan ou sur une carte (école, quartier, ville, village) Accomplir, décrire, coder des déplacements dans des espaces familiers. Programmer les déplacements d'un robot ou ceux d'un personnage sur un écran en utilisant un logiciel de programmation. <input type="checkbox"/> vocabulaire permettant de définir des positions et des déplacements (tourner à gauche, à droite ; faire demi-tour, effectuer un quart de tour à droite, à gauche) ; <input type="checkbox"/> divers modes de représentation de l'espace : maquettes, plans, schémas.
Reconnaître, nommer, décrire, reproduire, représenter, construire quelques solides et figures géométriques
Reconnaître, nommer, décrire des figures simples ou complexes (assemblages de figures simples) : - triangles, dont les triangles particuliers (triangle rectangle, triangle isocèle, triangle équilatéral) ;

- quadrilatères, dont les quadrilatères particuliers (carré, rectangle, losange, première approche du parallélogramme) ;
- cercle (comme ensemble des points situés à une distance donnée d'un point donné), disque.

Reconnaître, nommer, décrire des solides simples ou des assemblages de solides simples : cube, pavé droit, prisme droit, pyramide, cylindre, cône, boule

vocabulaire associé à ces objets et à leurs propriétés : côté, sommet, angle, diagonale, polygone, centre, rayon, diamètre, milieu, hauteur solide, face, arête.

Reproduire, représenter, construire :

- des figures simples ou complexes (assemblages de figures simples) ;
- des solides simples ou des assemblages de solides simples sous forme de maquettes ou de dessins ou à partir d'un patron (donné, dans le cas d'un prisme ou d'une pyramide, ou à construire dans le cas d'un pavé droit).

Réaliser, compléter et rédiger un programme de construction d'une figure plane. Réaliser une figure plane simple ou une figure composée de figures simples à l'aide d'un logiciel de géométrie dynamique.

Reconnaître et utiliser quelques relations géométriques

Relations de perpendicularité et de parallélisme

- tracer avec l'équerre la droite perpendiculaire à une droite donnée passant par un point donné ;
- tracer avec la règle et l'équerre la droite parallèle à une droite donnée passant par un point donné ;
- déterminer le plus court chemin entre un point et une droite.

Alignement, appartenance.

Perpendicularité, parallélisme.

Segment de droite.

Distance entre deux points, entre un point et une droite.

Symétrie axiale

Compléter une figure par symétrie axiale.

Construire le symétrique d'un point, d'un segment, d'une droite par rapport à un axe donné.

Construire la figure symétrique d'une figure donnée par rapport à un axe donné :

figure symétrique, axe de symétrie d'une figure, figures symétriques par rapport à un axe ;

propriétés de conservation de la symétrie axiale ;

médiatrice d'un segment :

- définition : droite perpendiculaire au segment en son milieu ;

- caractérisation : ensemble des points équidistants des extrémités du segment.

Proportionnalité

Reproduire une figure en respectant une échelle donnée :

agrandissement ou réduction d'une figure.

Annexe 10.3 Extraits du BO n°30 du 26 juillet 2018 en lien avec l'apprentissage des mathématiques au cycle 4

Cycle 4

Volet 1 : les spécificités du cycle des approfondissements

L'élève développe ses compétences par la confrontation à des tâches plus complexes où il s'agit de réfléchir davantage que ce soit en termes de connaissances, de savoir-faire ou d'attitudes. Il est amené à faire des choix, à adopter des procédures adaptées pour résoudre un problème ou mener à bien un projet. Cela passe par des activités disciplinaires et interdisciplinaires. Tous les professeurs jouent un rôle moteur dans cette formation, dont ils sont les garants de la réussite. Pour que l'élève accepte des démarches où il tâtonne, prend des initiatives, se trompe et recommence, il est indispensable de créer un climat de confiance, dans lequel on peut questionner sans crainte et où disparaît la peur de mal faire. L'abstraction et la modélisation sont bien plus présentes désormais, ce qui n'empêche pas de rechercher les chemins concrets qui permettent de les atteindre. Toutes les disciplines y concourent : il s'agit de former des élèves capables de dépasser le cas individuel, de savoir disposer d'outils efficaces de modélisation valables pour de multiples situations et d'en comprendre les limites.

Volet 2 : contributions essentielles des différents enseignements et champs éducatifs au socle commun

Domaine 1

Les langages pour penser et communiquer

Ce domaine considère les langages moins dans leur usage que dans le principe de leur acquisition. Il appelle la mise en place de procédures de mémorisation, d'entraînement, d'automatisation et de réflexion sur les objets qu'il travaille [...]. La rigueur de l'expression, la capacité à en faire preuve pour dialoguer, l'adaptation à une diversité de situations pour agir ou résoudre un problème sont au cœur du domaine 1. L'élève passe progressivement de ses intuitions et usages spontanés à des réalisations réfléchies nécessitant d'organiser et formaliser davantage ses productions en respectant des règles et des normes qui permettent la compréhension et l'échange.

Comprendre, s'exprimer en utilisant les langages mathématiques, scientifiques et informatiques Les mathématiques, les sciences et la technologie forment à la lecture, à la compréhension, à la production de documents scientifiques et techniques variés. Elles aident à passer d'une forme de langage courant à un langage scientifique ou technique et inversement. Les mathématiques apprennent à utiliser les nombres pour exprimer quantités et mesures, se repérer et résoudre des problèmes ; les grandeurs pour modéliser ; les propriétés des figures usuelles pour résoudre des problèmes, aborder la complexité du monde réel.

Domaine 2

Les méthodes et outils pour apprendre

L'ensemble des disciplines concourt à apprendre aux élèves comment on apprend à l'école. Elles prennent en charge l'apprentissage de la langue scolaire, de la compréhension des consignes, du lexique, du maniement des usuels, de la prise de notes. Elles aident à acquérir des stratégies d'écoute, de lecture, d'expression. L'organisation et l'entraînement, déterminants pour la réussite, se construisent dans la classe à travers leçons et exercices, mais aussi à l'extérieur, au sein de la vie scolaire et du CDI. Chaque discipline y contribue à sa façon. Les sciences, dont les mathématiques et la technologie par exemple par des exercices d'entraînement et de mémorisation ainsi que par la confrontation à des tâches complexes, l'éducation physique et sportive par l'entraînement, les répétitions, la réduction ou l'augmentation de la complexité des tâches, la concentration, la compréhension de ses erreurs. L'enseignement de l'informatique, dispensé en mathématiques et en technologie, permet d'approfondir l'usage des outils numériques et d'apprendre à progresser par essais et erreurs. Le volume des informations auxquelles sont soumis les élèves exige d'eux des méthodes pour les rechercher et les exploiter judicieusement. L'ensemble des disciplines propose pour cela des outils, et l'éducation aux médias et à l'information apprend aussi la maîtrise des environnements numériques de travail.

Domaine 3

La formation de la personne et du citoyen

Développer le jugement est un des buts privilégiés du cycle 4. Chaque discipline y concourt à sa manière en enseignant l'évaluation critique de l'information et des sources d'un objet médiatique, en apprenant à élaborer des codes pour évaluer une activité physique, à analyser une information chiffrée, ou encore en formant aux critères du jugement de goût. Toutes les disciplines visent à étayer et élargir les modes de raisonnement et les démonstrations.

. Ainsi, les langues vivantes étrangères et régionales introduisent à d'autres points de vue et conceptions, aident à prendre de la distance et à réfléchir sur ses propres habitudes et représentations. L'enseignement moral et civique permet de comprendre la diversité des sentiments d'appartenance et en quoi la laïcité préserve la liberté de conscience et l'égalité des citoyens. La culture littéraire nourrit les débats sur les grands questionnements. Les mathématiques et la culture scientifique et technique aident à développer l'esprit critique et le goût de la vérité ; celle-ci permet d'évaluer l'impact des découvertes et innovations sur notre vie, notre vision du monde et notre rapport à l'environnement.

Domaine 4

Les systèmes naturels et les systèmes techniques

Le domaine 4 est un lieu privilégié mais non exclusif pour travailler l'histoire des sciences en liaison avec l'histoire des sociétés humaines. Il permet d'initier aux premiers éléments de modélisation scientifique et de comprendre la puissance des mathématiques, l'importance de prendre conscience des ordres de grandeur de l'infiniment grand de l'univers à l'infiniment petit (de la cellule à l'atome). Les élèves sont amenés à utiliser constamment diverses échelles et la proportionnalité. Il met en perspective ce qui paraît aller de soi comme la mesure du temps et de l'espace.

Les sciences, dont les mathématiques, visent à décrire et expliquer des phénomènes naturels en réalisant et exploitant des mesures, en mobilisant des connaissances dans les domaines de la matière, du vivant, de l'énergie et de l'environnement, en anticipant des effets à partir de causes ou de modèles, en aidant à se repérer dans l'univers en ayant conscience des échelles et des ordres de grandeur.

Les sciences aident à se représenter, à modéliser et appréhender la complexité du monde à l'aide des registres numérique, géométrique, graphique, statistique, symbolique du langage mathématique. Elles exercent à induire et déduire grâce à la résolution de problèmes, aux démarches d'essais-erreurs, de conjecture et de validation. Elles contribuent à former le raisonnement logique par le calcul numérique ou littéral, la géométrie et l'algorithmique. Elles forment à interpréter des données, à prendre des décisions en les organisant et les analysant grâce à des outils de représentation. Elles apprennent à expérimenter tout en respectant les règles de sécurité.

Domaine 5

Les représentations du monde et l'activité humaine

Au cycle 4, les élèves commencent à développer l'esprit critique et le goût de la controverse qui caractérisera ensuite l'enseignement des lycées. Ils développent une conscience historique par le travail des traces du passé, des mémoires collectives et individuelles et des œuvres qu'elles ont produites. Ils commencent à les mettre en relation avec la société où ils vivent et dont ils doivent sentir l'élargissement aux mondes lointains et à la diversité des cultures et des croyances. Ils commencent à nourrir leurs propres travaux de citations qu'ils s'approprient ou détournent pour produire de nouvelles significations. Cet élargissement de l'expérience du temps et de l'espace permet de travailler sur le développement de l'information et des médias dans les sociétés humaines, de distinguer le visible et l'invisible, l'explicite et l'implicite, le réel et la fiction.

Volet 3 : Les enseignements

Mathématiques

Le programme de mathématiques est structuré selon cinq thèmes : nombres et calculs ; organisation et gestion de données, fonctions ; grandeurs et mesures ; espace et géométrie ; algorithmique et programmation qui entre dans le cadre d'un enseignement de l'informatique dispensé conjointement en mathématiques et en technologie. Une place importante doit être accordée à la résolution de problèmes. Mais pour être en capacité de résoudre des problèmes, il faut à la fois prendre des initiatives, imaginer des pistes de solution et s'y engager sans s'égarer en procédant par analogie, en rattachant une situation particulière à une classe plus générale de problèmes, en identifiant une configuration géométrique ou la forme d'un nombre ou d'une

expression algébrique adaptée. Ceci suppose de disposer d'automatismes (corpus de connaissances et de procédures automatisées immédiatement disponibles en mémoire). À la fin de l'explicitation des attendus de fin de cycle de chacun des quatre premiers thèmes du programme figure une liste de ces automatismes à développer par les élèves. L'acquisition de ces automatismes est favorisée par la mise en place d'activités rituelles, notamment de calcul (mental ou réfléchi), ayant pour double objectif la stabilisation et la pérennisation des connaissances, des procédures et des stratégies. La formation au raisonnement et l'initiation à la démonstration sont des objectifs essentiels du cycle 4. Le raisonnement, au cœur de l'activité mathématique, doit prendre appui sur des situations variées (par exemple problèmes de nature arithmétique ou géométrique, mais également mise au point d'un programme qui doit tourner sur un ordinateur ou pratique de jeux pour lesquels il faut développer une stratégie gagnante, individuelle ou collective, ou maximiser ses chances). Le programme du cycle 4 permet d'initier l'élève à différents types de raisonnement, le raisonnement déductif, mais aussi le raisonnement par disjonction de cas ou par l'absurde. La démonstration, forme d'argumentation propre aux mathématiques, vient compléter celles développées dans d'autres disciplines et contribue fortement à la formation de la personne et du citoyen (domaine 3 du socle). L'apprentissage de la démonstration doit se faire de manière progressive, à travers la pratique (individuelle, collective, ou par groupes), mais aussi par l'exemple. C'est pourquoi il est important que le cours de mathématiques ne se limite pas à l'application de recettes et de règles, mais permette de mettre en place quelques démonstrations accessibles aux élèves. De nombreux résultats figurant dans ce programme peuvent être démontrés en classe, selon des modalités variées : certaines démonstrations peuvent être élaborées et mises au point par les élèves eux-mêmes (de manière individuelle ou collective), sous la conduite plus ou moins forte du professeur ; d'autres, inaccessibles à la recherche des élèves, tireront leur profit des explications et des commentaires apportés par le professeur. Certaines démonstrations possibles (aussi bien sur les nombres et le calcul qu'en géométrie) sont identifiées dans le programme. Les enseignants ont la liberté de choisir ceux des résultats qu'ils souhaitent démontrer ou faire démontrer, en fonction du niveau et des besoins de leurs élèves. Enfin, il vaut mieux déclarer « admise » une propriété non démontrée dans le cours (qui pourra d'ailleurs l'être ultérieurement), plutôt que de la présenter comme une « règle ». Une propriété admise gagne à être explicitée, commentée, illustrée. En complément, dans le cadre du travail personnel soumis aux élèves, beaucoup d'exercices et de problèmes peuvent servir de support à la démonstration. De manière à encourager les élèves dans l'exercice de la démonstration, il est important de ménager une progressivité dans l'apprentissage de la recherche de preuve et de ne pas avoir trop d'exigences concernant le formalisme. L'apprentissage des mathématiques est facilité si la présentation des notions est faite sous différents angles, correspondant parfois à des niveaux de généralité et d'abstraction différents. À titre d'exemples, les nombres négatifs peuvent être reliés à des contextes familiers des élèves (températures, gains et pertes, altitudes et profondeurs), puis être représentés sur la droite graduée avant d'être interprétés comme de nouveaux nombres rendant possibles toutes les soustractions. Les égalités à trous $a + \dots = b$ et $a \times \dots = b$ facilitent la compréhension de la différence et du quotient de deux nombres, tout comme les programmes de calcul constituent le versant procédural des expressions algébriques. La diversité des registres de représentation (symbolique, graphique, numérique) et le passage des uns aux autres sont particulièrement efficaces pour l'apprentissage de la notion de fonction. Mais la compréhension des mathématiques ne se limite pas à celle de chacune des notions qui les constituent. Elle doit être globale. Cela s'opère à la fois par la mise en liens des notions nouvelles avec les notions antérieurement étudiées et la mise en relief de points communs entre des notions apparemment éloignées, voire étrangères les unes aux autres. Le programme mentionne un certain nombre de ces liens. Pour certains élèves, l'accès à l'abstraction ne peut se faire que s'il est précédé par deux phases intermédiaires : celle de la manipulation, puis celle

de la verbalisation (mise en mots) ou de la représentation (mise en images). De nombreux objets réels (carreaux de mosaïque, morceaux de ficelle, balances et autres instruments de mesure, solides, etc.) permettent d'approcher certaines notions abstraites (numération, fractions, équations, aires et volumes, etc.) de manière tactile, sensorielle. Il ne faut pas se priver d'y recourir lorsque cela s'avère nécessaire, même au collège. La mise en mots (par oral ou par écrit) dans le langage courant, véritable moyen de développer sa pensée, aide à la compréhension, à la mémorisation et à la routinisation de connaissances et de procédures. En parallèle et en complément, la constitution d'un répertoire d'images mentales est un autre atout pour la mémorisation. Une trace de cours claire, explicite et structurée aide l'élève dans l'apprentissage des mathématiques. Faisant suite aux étapes importantes de recherche, de découverte, d'appropriation individuelle ou collective, de présentation commentée, de débats, de mise au point, la trace écrite récapitule de façon organisée les connaissances, les procédures et les stratégies étudiées. Ne se limitant pas à un catalogue de recettes, mais explicitant les objectifs et les liens, elle constitue pour l'élève une véritable référence vers laquelle il pourra se tourner autant que de besoin et tout au long du cycle. Sa consultation régulière (notamment au moment de la recherche d'exercices et de problèmes, sous la conduite du professeur ou en autonomie) favorise à la fois la mise en mémoire et le développement de compétences. Le professeur doit avoir le souci de la bonne qualité (mathématique, rédactionnelle) des traces figurant au tableau ou dans les cahiers d'élèves. En particulier, il est essentiel de distinguer le statut des énoncés (définition, propriété – admise ou démontrée –, conjecture, démonstration, théorème) et de respecter les enchaînements logiques. Pour être accessible au plus grand nombre, y compris les familles et les accompagnateurs du périscolaire, la mise en mots de certains énoncés mathématiques gagne à être reformulée dans le langage courant. La mise en œuvre du programme doit permettre de faire acquérir aux élèves des connaissances, des méthodes et des démarches spécifiques. En lien avec le cours, elles sont mobilisées et articulées les unes aux autres dans la résolution d'exercices et de problèmes riches et variés, à travers des allers-retours entre le sens et la technique, chacun venant éclairer et consolider l'autre. La diversité des activités concerne aussi bien les contextes (internes aux mathématiques ou liés à des situations issues de la vie quotidienne ou d'autres disciplines) que les types de tâches proposées : « questions flash » pour favoriser l'acquisition d'automatismes, exercices d'application et d'entraînement pour stabiliser et consolider les connaissances, exercices et problèmes ouverts favorisant la prise d'initiatives, débats et mises au point collectives d'une démonstration, production d'écrits individuels formalisant une démarche ou un raisonnement, etc. L'élève consolide sa compréhension de notions mathématiques au programme comme les ordres de grandeur, la proportionnalité, le calcul littéral, les systèmes de coordonnées, le repérage ou les statistiques en les mobilisant dans des situations issues de la physique, la chimie, les sciences de la vie et de la Terre, la technologie, ou la géographie. L'utilisation d'outils comme le tableur, la calculatrice, un logiciel de géométrie dynamique ou de programmation permet de gérer des données réelles ou expérimentales, de faire des représentations et des simulations, de programmer des objets techniques et d'inscrire l'activité mathématique dans les domaines 4 et 5 du socle. Les mises en lien avec les autres disciplines contribuent à donner du sens et de la cohérence à l'ensemble des apprentissages. La pratique régulière et équilibrée de ces différentes activités en classe et en dehors de la classe permet de développer six compétences spécifiques, qui sont les composantes majeures de l'activité mathématique : chercher, modéliser, représenter, raisonner, calculer, communiquer.

Compétences travaillées	Domaines du socle
<p>Chercher</p> <ul style="list-style-type: none"> • extraire d'un document les informations utiles, les reformuler, les organiser, les confronter à ses connaissances ; • s'engager dans une démarche scientifique, observer, questionner, manipuler, expérimenter (sur une feuille de papier, avec des objets, à l'aide de logiciels), émettre des hypothèses, chercher des exemples ou des contre-exemples, simplifier ou particulariser une situation, émettre une conjecture ; • tester, essayer plusieurs pistes de résolution ; • décomposer un problème en sous-problèmes. 	2, 4
<p>Modéliser</p> <ul style="list-style-type: none"> • reconnaître un modèle mathématique (proportionnalité, équiprobabilité) et raisonner dans le cadre de ce modèle pour résoudre un problème ; • traduire en langage mathématique une situation réelle (par exemple à l'aide d'équations, de fonctions, de configurations géométriques, d'outils statistiques) ; • comprendre et utiliser une simulation numérique ou géométrique ; • valider ou invalider un modèle, comparer une situation à un modèle connu (par exemple un modèle aléatoire). 	1, 2, 4
<p>Représenter</p> <ul style="list-style-type: none"> • choisir et mettre en relation des cadres (numérique, algébrique, géométrique) adaptés pour traiter un problème ou pour étudier un objet mathématique ; • produire et utiliser plusieurs représentations des nombres ; • représenter des données sous forme d'une série statistique ; • utiliser, produire et mettre en relation des représentations de solides (par exemple perspective ou vue de dessus/de dessous) et de situations spatiales (schémas, croquis, maquettes, patrons, figures géométriques, photographies, plans, cartes, courbes de niveau). 	1, 4, 5
<p>Raisonner</p> <ul style="list-style-type: none"> • résoudre des problèmes impliquant des grandeurs variées (géométriques, physiques, économiques) : mobiliser les connaissances nécessaires, analyser et exploiter ses erreurs, mettre à l'essai plusieurs solutions ; • mener collectivement une investigation en sachant prendre en compte le point de vue d'autrui ; • démontrer : utiliser un raisonnement logique et des règles établies (propriétés, théorèmes, formules) pour parvenir à une conclusion ; • fonder et défendre ses jugements en s'appuyant sur des résultats établis et sur sa maîtrise de l'argumentation. 	2, 3, 4
<p>Calculer</p> <ul style="list-style-type: none"> • calculer avec des nombres rationnels, de manière exacte ou approchée, en combinant de façon appropriée le calcul mental, le calcul posé et le calcul instrumenté (calculatrice ou logiciel) ; • contrôler la vraisemblance de ses résultats, notamment en estimant des ordres de grandeur ou en utilisant des encadrements ; • calculer en utilisant le langage algébrique (lettres, symboles, etc.). 	1, 4
Communiquer	

<ul style="list-style-type: none"> • faire le lien entre le langage naturel et le langage algébrique. Distinguer des spécificités du langage mathématique par rapport à la langue française ; • expliquer à l’oral ou à l’écrit (sa démarche, son raisonnement, un calcul, un protocole de construction géométrique, un algorithme), comprendre les explications d’un autre et argumenter dans l’échange ; • vérifier la validité d’une information et distinguer ce qui est objectif et ce qui est subjectif ; lire, interpréter, commenter, produire des tableaux, des graphiques, des diagrammes. 	1, 3
---	------

Nombres et calculs

Les élèves abordent les bases du calcul littéral, qu’ils mettent en œuvre pour modéliser une situation, démontrer une propriété générale et résoudre des problèmes se ramenant à des équations du premier degré. Les élèves sont progressivement familiarisés aux différents statuts de la lettre (indéterminée, variable, inconnue, paramètre) et du signe égal (pour fournir le résultat d’une opération, pour traduire l’égalité de deux représentations d’un même nombre, dans une équation, dans une identité). À l’occasion d’activités de recherche, ils peuvent rencontrer des nombres irrationnels, par exemple dans l’utilisation du théorème de Pythagore ou la résolution d’équations de la forme $x^2 = a$.

Attendus de fin de cycle

- utiliser les nombres pour comparer, calculer et résoudre des problèmes ;
- comprendre et utiliser les notions de divisibilité et de nombres premiers ;
- utiliser le calcul littéral.

Espace et géométrie

Au cycle 3, les élèves ont découvert différents objets géométriques, qui continuent à être rencontrés au cycle 4. Ils valident désormais par le raisonnement et la démonstration les propriétés qu’ils conjecturent. Les définitions et propriétés déjà vues au cycle 3 ainsi que les nouvelles propriétés introduites au cycle 4 (caractérisation angulaire du parallélisme, somme des angles d’un triangle, inégalité triangulaire, théorèmes de Thalès et de Pythagore) fournissent un éventail d’outils nourrissant la mise en œuvre de raisonnements et démonstrations. De nouvelles transformations (symétries centrales, translations, rotations, homothéties) font l’objet d’une première approche, basée sur l’observation de leur effet sur des configurations planes, essentiellement à partir de manipulations concrètes (papier calque, papier pointé, quadrillage, etc.) ou virtuelles (logiciel de géométrie dynamique). L’objectif est d’installer des images mentales qui faciliteront ultérieurement l’analyse de figures géométriques ainsi que la définition ponctuelle des transformations étudiées.

Attendus de fin de cycle

- représenter l’espace ;
- utiliser les notions de géométrie plane pour démontrer.

Annexe 10.4 Extraits du BO n°18 du 4 Mai 2017 en lien avec l'enseignement de la géométrie en classe de seconde

Aménagement du programme de mathématiques Introduction La seconde est une classe de détermination.

Introduction

Le programme de mathématiques y a pour fonction :

- de conforter l'acquisition par chaque élève de la culture mathématique nécessaire à la vie en société et à la compréhension du monde ;
- d'assurer et de consolider les bases de mathématiques nécessaires aux poursuites d'étude du lycée ;
- d'aider l'élève à construire son parcours de formation.

Pour chaque partie du programme, les capacités attendues sont clairement identifiées et l'accent est mis systématiquement sur les types de problèmes que les élèves doivent savoir résoudre. L'acquisition de techniques est indispensable, mais doit être au service de la pratique du raisonnement qui est la base de l'activité mathématique des élèves. Il faut, en effet, que chaque élève, quels que soient ses projets, puisse faire l'expérience personnelle de l'efficacité des concepts mathématiques et de la simplification que permet la maîtrise de l'abstraction.

Objectif général

L'objectif de ce programme est de former les élèves à la démarche scientifique sous toutes ses formes pour les rendre capables de :

- chercher, expérimenter – en particulier à l'aide d'outils logiciels ;
- modéliser, faire une simulation, valider ou invalider un modèle ;
- représenter, choisir un cadre (numérique, algébrique, géométrique...), changer de registre ;
- raisonner, démontrer, trouver des résultats partiels et les mettre en perspective ;
- calculer, appliquer des techniques et mettre en œuvre des algorithmes ;
- communiquer un résultat par oral ou par écrit, expliquer oralement une démarche.

Dans la mesure du possible, les problèmes posés s'inspirent de situations liées à la vie courante ou à d'autres disciplines. Ils doivent pouvoir s'exprimer de façon simple et concise et laisser dans leur résolution une place à l'autonomie et à l'initiative des élèves. Au niveau d'une classe de seconde de détermination, les solutions attendues sont aussi en général simples et courtes.

Raisonnement et langage mathématiques

Le développement de l'argumentation et l'entraînement à la logique font partie intégrante des exigences des classes de lycée. À l'issue de la seconde, l'élève devra avoir acquis une expérience lui permettant de commencer à distinguer les principes de la logique mathématique de ceux de la logique du langage courant et, par exemple, à distinguer implication mathématique et causalité. Les concepts et méthodes relevant de la logique mathématique ne doivent pas faire l'objet de cours spécifiques mais doivent prendre naturellement leur place dans tous les chapitres du programme. De même, le vocabulaire et les notations mathématiques ne doivent pas être fixés d'emblée ni faire l'objet de séquences spécifiques mais doivent être introduits au cours du traitement d'une question en fonction de leur utilité. Comme les éléments de logique mathématique, les notations et le vocabulaire mathématiques sont à considérer comme des conquêtes de l'enseignement et non comme des points de départ. Pour autant, ils font pleinement partie du programme : les objectifs figurent, avec ceux de la logique, à la fin du programme.

Utilisation d'outils logiciels

L'utilisation de logiciels (calculatrice ou ordinateur), d'outils de visualisation et de représentation, de calcul (numérique ou formel), de simulation, de programmation développe la possibilité d'expérimenter, ouvre largement la dialectique entre l'observation et la démonstration et change profondément la nature de l'enseignement. L'utilisation régulière de ces outils peut intervenir selon trois modalités :

- par le professeur, en classe, avec un dispositif de visualisation collective adapté ;
- par les élèves, sous forme de travaux pratiques de mathématiques ; dans le cadre du
- travail personnel des élèves hors du temps de classe (par exemple au CDI ou à un autre point d'accès au réseau local).

Diversité de l'activité de l'élève

La diversité des activités mathématiques proposées doit permettre aux élèves de prendre conscience de la richesse et de la variété de la démarche mathématique et de la situer au sein de l'activité scientifique. Cette prise de conscience est un élément essentiel dans la définition de leur orientation.

Il importe donc que cette diversité se retrouve dans les travaux proposés à la classe. Parmi ceux-ci les travaux écrits faits hors du temps scolaire permettent, à travers l'autonomie laissée à chacun, le développement des qualités d'initiative. Ils doivent être conçus de façon à prendre en compte la diversité et l'hétérogénéité des aptitudes des élèves.

Le calcul est un outil essentiel pour la pratique des mathématiques dans la résolution de problème. Il est important en classe de seconde de poursuivre l'entraînement des élèves dans ce domaine par la pratique régulière du calcul mental, du calcul numérique et du calcul littéral. L'utilisation d'outils logiciels de calcul – sur calculatrice ou sur ordinateur – contribue à cet entraînement.

Organisation du programme

Le programme est divisé en quatre parties :

- Fonctions
- Géométrie
- Statistiques et probabilités
- Algorithmique et programmation

Les capacités attendues dans le domaine du raisonnement sont transversales et doivent être développées à l'intérieur de chacune des quatre parties. Le travail sur l'algorithmique et la programmation doit être réinvesti dans les trois autres parties. Des activités de type algorithmique possibles sont signalées dans les différentes parties du programme et précédées du symbole \diamond . Le programme n'est pas un plan de cours et ne contient pas de préconisations pédagogiques. Il fixe les objectifs à atteindre en termes de capacités et pour cela indique les types de problèmes que les élèves doivent savoir résoudre.

Évaluation des élèves

Les élèves sont évalués en fonction des capacités attendues et selon des modes variés : travaux écrits, rédaction de travaux de recherche, comptes-rendus de travaux pratiques. L'évaluation doit être en phase avec les objectifs de formation rappelés au début de cette introduction.

Géométrie

L'objectif de l'enseignement de la géométrie plane est de rendre les élèves capables d'étudier un problème dont la résolution repose sur des calculs de distance, la démonstration d'un alignement de points ou du parallélisme de deux droites, la recherche des coordonnées du point d'intersection de deux droites, en mobilisant des techniques de la géométrie plane repérée. Les configurations étudiées au collège, à base de triangles, quadrilatères, cercles, sont la source de problèmes pour lesquels la géométrie repérée et les vecteurs fournissent des outils nouveaux et performants.

En fin de compte, l'objectif est de rendre les élèves capables d'étudier un problème d'alignement de points, de parallélisme ou d'intersection de droites, de reconnaissance des propriétés d'un triangle, d'un polygone – toute autonomie pouvant être laissée sur l'introduction ou non d'un repère, l'utilisation ou non de vecteurs.

Dans le cadre de la résolution de problèmes, l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique par les élèves leur donne une plus grande autonomie et encourage leur prise d'initiative. Au cycle 4, les élèves ont étudié l'effet d'une translation, d'une symétrie, d'une rotation ou d'une homothétie sur une figure géométrique. En seconde, on prend appui sur ce travail pour étudier les vecteurs.

La définition proposée des vecteurs permet d'introduire rapidement l'addition de deux vecteurs et la multiplication d'un vecteur par un nombre réel. Cette introduction est faite en liaison avec la géométrie plane repérée.

CONTENUS	CAPACITÉS ATTENDUES	COMMENTAIRES
<p>Coordonnées d'un point du plan</p> <p>Abscisse et ordonnée d'un point dans le plan rapporté à un repère orthonormé.</p> <p>Distance de deux points du plan. Milieu d'un segment.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Repérer un point donné du plan, placer un point connaissant ses coordonnées. • Calculer la distance de deux points connaissant leurs coordonnées. • Calculer les coordonnées du milieu d'un segment. 	<p>Un repère orthonormé du plan est défini par trois points (O, I, J) formant un triangle rectangle isocèle de sommet O.</p> <p>À l'occasion de certains travaux, on pourra utiliser des repères non orthonormés.</p>
<p>Configurations du plan</p> <p>Triangles, quadrilatères, cercles.</p> <p>Tangente à un cercle.</p>	<p>Pour résoudre des problèmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • utiliser les propriétés des triangles, des quadrilatères, des cercles ; • utiliser les propriétés des symétries axiale ou centrale. • Construire la tangente à un cercle en l'un de ses points. 	<p>Les activités des élèves prennent appui sur les propriétés étudiées au collège et peuvent s'enrichir des apports de la géométrie repérée.</p> <p>◇ Le cadre de la géométrie repérée offre la possibilité de traduire numériquement des propriétés géométriques et permet de résoudre certains problèmes par la mise en œuvre d'algorithmes simples.</p>
<p>Droites</p> <p>Droite comme courbe représentative d'une fonction affine.</p> <p>Équations de droites.</p> <p>Droites parallèles, sécantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tracer une droite dans le plan repéré. • Interpréter graphiquement le coefficient directeur d'une droite. • Caractériser analytiquement une droite. • Établir que trois points sont alignés, non alignés. • Reconnaître que deux droites sont parallèles, sécantes. • Déterminer les coordonnées du point d'intersection de deux droites sécantes. 	<p>On démontre que toute droite a une équation soit de la forme $y = mx + p$, soit de la forme $x = c$.</p> <p>On fait la liaison avec la colinéarité des vecteurs.</p> <p>C'est l'occasion de résoudre des systèmes d'équations linéaires.</p>
<p>Vecteurs</p> <p>Vecteur \overrightarrow{AB} associé à la translation qui transforme A en B.</p> <p>Égalité de deux vecteurs : $\vec{u} = \overrightarrow{AB} = \overrightarrow{CD}$.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Savoir que $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{CD}$ équivaut à $ABDC$ est un parallélogramme, éventuellement aplati. 	<p>La notion de vecteur permet de représenter une translation par les coordonnées du vecteur associé dans un repère.</p>

<p>Coordonnées d'un vecteur dans un repère.</p> <p>Somme de deux vecteurs.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Connaître les coordonnées $(x_B - x_A; y_B - y_A)$ du vecteur \overrightarrow{AB}. • Calculer les coordonnées de la somme de deux vecteurs dans un repère. 	<p>La somme des deux vecteurs \vec{u} et \vec{v} est le vecteur associé à la translation résultant de l'enchaînement des translations de vecteur \vec{u} et de vecteur \vec{v}.</p>
<p>Produit d'un vecteur par un nombre réel.</p> <p>Relation de Chasles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser la notation \vec{u}. • Établir la colinéarité de deux vecteurs. • Construire géométriquement la somme de deux vecteurs. • Caractériser alignement et parallélisme par la colinéarité de vecteurs. 	<p>Pour le vecteur \vec{u} de coordonnées (a, b) dans un repère, le vecteur $\lambda\vec{u}$ est le vecteur de coordonnées $(\lambda a, \lambda b)$ dans le même repère. Le vecteur ainsi défini est indépendant du repère.</p> <p>Si une symétrie centrale transforme A en A' et B en B', alors $\overrightarrow{A'B'} = -\overrightarrow{AB}$.</p> <p>Si une homothétie de rapport λ transforme A en A' et B en B', alors $\overrightarrow{A'B'} = \lambda\overrightarrow{AB}$.</p> <p>$\Leftrightarrow$ On peut souligner le lien avec la physique des forces, qui utilise le formalisme des vecteurs mais avec un usage légèrement différent.</p>

S'adressant à tous les élèves de seconde, le programme de géométrie dans l'espace a pour objectif :

- de développer la vision dans l'espace des élèves en entretenant les acquis du collège concernant les solides usuels ;
- d'introduire les notions de plans et droites de l'espace et leurs positions respectives ;
- de fournir ainsi des configurations conduisant à des problèmes aptes à mobiliser d'autres champs des mathématiques (géométrie plane, fonctions, probabilités) ou de la physique. Il importe donc tout particulièrement que la géométrie dans l'espace soit abordée tôt dans l'année scolaire.

L'utilisation d'un logiciel de visualisation et de construction est un élément déterminant dans « l'apprentissage de l'espace ».

Les élèves doivent être capables de représenter en perspective parallèle (dite aussi cavalière) une configuration simple et d'effectuer des constructions sur une telle figure. Ils doivent aussi être capables de mobiliser pour des démonstrations les théorèmes de géométrie plane.

CONTENUS	CAPACITÉS ATTENDUES	COMMENTAIRES
Géométrie dans l'espace Les solides usuels étudiés au collège : parallélépipède rectangle, pyramides, cône et cylindre de révolution, sphère. Droites et plans, positions relatives. Droites et plans parallèles.	Manipuler, construire, représenter en perspective des solides.	C'est l'occasion d'effectuer des calculs de longueur, d'aire et de volumes. On consolide le travail de repérage sur la sphère terrestre (demi-cercles méridiens, cercles parallèles, longitude, latitude) entamé au cycle 4. On entraîne les élèves à l'utilisation autonome d'un logiciel de géométrie dans l'espace.

Notations et raisonnement mathématiques (objectifs pour le lycée)

Cette rubrique, consacrée à l'apprentissage des notations mathématiques et à la logique, ne doit pas faire l'objet de séances de cours spécifiques mais doit être répartie sur toute l'année scolaire.

Notations mathématiques

Les élèves doivent connaître les notions d'élément d'un ensemble, de sous-ensemble, d'appartenance et d'inclusion, de réunion, d'intersection et de complémentaire et savoir utiliser les symboles de base correspondant : \in , \subset , \cup , \cap ainsi que la notation des ensembles de nombres et des intervalles. Pour le complémentaire d'un ensemble, on utilise la notation des probabilités.

Pour ce qui concerne le raisonnement logique, les élèves sont entraînés, sur des exemples

:

- à utiliser correctement les connecteurs logiques « et », « ou » et à distinguer leur sens des sens courants de « et », « ou » dans le langage usuel ;
- à utiliser à bon escient les quantificateurs universel, existentiel (les symboles \forall , \exists ne sont pas exigibles) et à repérer les quantifications implicites dans certaines propositions et, particulièrement, dans les propositions conditionnelles ;
- à distinguer, dans le cas d'une proposition conditionnelle, la proposition directe, sa réciproque, sa contraposée et sa négation ;
- à utiliser à bon escient les expressions « condition nécessaire », « condition suffisante » ;
- à formuler la négation d'une proposition ;
- à utiliser un contre-exemple pour infirmer une proposition universelle ;
- à reconnaître et à utiliser des types de raisonnement spécifiques : raisonnement par disjonction des cas, recours à la contraposée, raisonnement par l'absurde.

**Annexe 10.5 Extraits du BO Spécial n°9 du 30 Septembre 2010 en lien avec
l'enseignement de la géométrie en classe de première scientifique**
Programme en vigueur à la rentrée 2011

B.O. Bulletin officiel spécial n° 9 du 30 septembre 2010

Annexe
MATHÉMATIQUES
CYCLE TERMINAL DE LA SÉRIE SCIENTIFIQUE
CLASSE DE PREMIÈRE

L'enseignement des mathématiques au collège et au lycée a pour but de donner à chaque élève la culture mathématique indispensable pour sa vie de citoyen et les bases nécessaires à son projet de poursuite d'études.

Le cycle terminal de la série S procure un bagage mathématique solide aux élèves désireux de s'engager dans des études supérieures scientifiques, en les formant à la pratique d'une démarche scientifique et en renforçant leur goût pour des activités de recherche.

L'apprentissage des mathématiques cultive des compétences qui facilitent une formation tout au long de la vie et aident à mieux appréhender une société en évolution. Au-delà du cadre scolaire, il s'inscrit dans une perspective de formation de l'individu.

Objectif général

Outre l'apport de nouvelles connaissances, le programme vise le développement des compétences suivantes :

- mettre en œuvre une recherche de façon autonome ;
- mener des raisonnements ;
- avoir une attitude critique vis-à-vis des résultats obtenus ;
- communiquer à l'écrit et à l'oral.

Raisonnement et langage mathématiques

Comme en classe de seconde, les capacités d'argumentation, de rédaction d'une démonstration et de logique font partie intégrante des exigences du cycle terminal.

Les concepts et méthodes relevant de la logique mathématique ne font pas l'objet de cours spécifiques mais prennent naturellement leur place dans tous les champs du programme. Il importe toutefois de prévoir des moments d'institutionnalisation de certains concepts ou types de raisonnement, après que ceux-ci ont été rencontrés plusieurs fois en situation.

De même, le vocabulaire et les notations mathématiques ne sont pas fixés d'emblée, mais sont introduits au cours du traitement d'une question en fonction de leur utilité.

Il convient de prévoir des temps de synthèse, l'objectif étant que ces éléments soient maîtrisés en fin de cycle terminal.

Utilisation d'outils logiciels

L'utilisation de logiciels, d'outils de visualisation et de simulation, de calcul (formel ou scientifique) et de programmation change profondément la nature de l'enseignement en favorisant une démarche d'investigation. En particulier, lors de la résolution de problèmes, l'utilisation de logiciels de calcul formel peut limiter le temps consacré à des calculs très techniques afin de se concentrer sur la mise en place de raisonnements. L'utilisation de ces outils intervient selon trois modalités :

- par le professeur, en classe, avec un dispositif de visualisation collective ;
- par les élèves, sous forme de travaux pratiques de mathématiques ;
- dans le cadre du travail personnel des élèves hors de la classe.

Diversité de l'activité de l'élève

Les activités proposées en classe et hors du temps scolaire prennent appui sur la résolution de problèmes purement mathématiques ou issus d'autres disciplines. De nature diverse, elles doivent entraîner les élèves à :

- chercher, expérimenter, modéliser, en particulier à l'aide d'outils logiciels ;
- choisir et appliquer des techniques de calcul ;
- mettre en œuvre des algorithmes ;
- raisonner, démontrer, trouver des résultats partiels et les mettre en perspective ;
- expliquer oralement une démarche, communiquer un résultat par oral ou par écrit. Des éléments d'épistémologie et d'histoire des mathématiques s'insèrent naturellement dans la mise en œuvre du programme. Connaître le nom de quelques mathématiciens célèbres, la période à laquelle ils ont vécu et leur contribution fait partie intégrante du bagage culturel de tout élève ayant une formation scientifique. La présentation de textes historiques aide à comprendre la genèse et l'évolution de certains concepts.

Fréquents, de longueur raisonnable et de nature variée, les travaux hors du temps scolaire contribuent à la formation des élèves et sont absolument essentiels à leur progression. Ils sont conçus de façon à prendre en compte la diversité et l'hétérogénéité de leurs aptitudes.

Les modes d'évaluation prennent également des formes variées, en phase avec les objectifs poursuivis. En particulier, l'aptitude à mobiliser l'outil informatique dans le cadre de la résolution de problèmes est à évaluer.

Organisation du programme

Le programme fixe les objectifs à atteindre en termes de capacités. Il est conçu pour favoriser une acquisition progressive des notions et leur pérennisation. Son plan n'indique pas la progression à suivre. Les capacités attendues dans le domaine de l'algorithmique d'une part et

du raisonnement d'autre part sont rappelées en fin de programme. Elles doivent être exercées à l'intérieur de chaque champ du programme. Plusieurs démonstrations, ayant valeur de modèle, sont repérées par le symbole \square . Certaines sont exigibles et correspondent à des capacités attendues. De même, les activités de type algorithmique sont signalées par le symbole \diamond .

Géométrie

L'objectif est de renforcer la capacité des élèves à étudier des problèmes dont la résolution repose sur des calculs de distances et d'angles, la démonstration d'alignement, de parallélisme ou d'orthogonalité. L'outil nouveau est le produit scalaire, dont il importe que les élèves sachent choisir la forme la mieux adaptée au problème envisagé.

L'introduction de cette notion implique un travail sur le calcul vectoriel non repéré et la trigonométrie. La géométrie dans l'espace est source de situations permettant de mettre en œuvre de nouveaux outils de l'analyse ou de la géométrie plane, notamment dans des problèmes d'optimisation.

CONTENUS	CAPACITÉS ATTENDUES	COMMENTAIRES
<p>Géométrie plane Condition de colinéarité de deux vecteurs : $xy' - yx' = 0$.</p> <p>Vecteur directeur d'une droite. Équation cartésienne d'une droite.</p> <p>Expression d'un vecteur du plan en fonction de deux vecteurs non colinéaires.</p>	<p>\square Utiliser la condition de colinéarité pour obtenir une équation cartésienne de droite.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déterminer une équation cartésienne de droite connaissant un vecteur directeur et un point. • Déterminer un vecteur directeur d'une droite définie par une équation cartésienne • Choisir une décomposition pertinente dans le cadre de la résolution de problèmes 	<p>On fait le lien entre coefficient directeur et vecteur directeur.</p> <p>L'objectif est de rendre les élèves capables de déterminer efficacement une équation cartésienne de droite par la méthode de leur choix.</p> <p>On ne se limite pas au cadre de la géométrie repérée</p>
<p>Trigonométrie Cercle trigonométrique. Radian.</p> <p>Mesure d'un angle orienté, mesure principale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser le cercle trigonométrique, notamment pour : <ul style="list-style-type: none"> - déterminer les cosinus et sinus d'angles associés ; - résoudre dans \mathbb{R} les équations d'inconnue x : $\cos x = \cos a$ et $\sin x = \sin a$. 	<p>L'étude des fonctions cosinus et sinus n'est pas un attendu du programme.</p>

<p>Produit scalaire dans le plan Définition, propriétés.</p> <p>Vecteur normal à une droite.</p> <p>Applications du produit scalaire : calculs d'angles et de longueurs ; formules d'addition et de duplication des cosinus et sinus.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calculer le produit scalaire de deux vecteurs par différentes méthodes : <ul style="list-style-type: none"> - projection orthogonale ; - analytiquement ; - à l'aide des normes et d'un angle ; - à l'aide des normes. <p>Choisir la méthode la plus adaptée en vue de la résolution d'un problème.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déterminer une équation cartésienne de droite connaissant un point et un vecteur normal. • Déterminer un vecteur normal à une droite définie par une équation cartésienne <p>▣ Déterminer une équation de cercle défini par son centre et son rayon ou par son diamètre.</p> <p>▣ Démontrer que : $\cos(a - b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$</p>	<p>▣ Il est intéressant de démontrer l'égalité des expressions attachées à chacune de ces méthodes.</p> <p>▣ La démonstration du théorème de la médiane fournit l'occasion de travailler le calcul vectoriel en lien avec le produit scalaire.</p> <p>La relation de Chasles pour les angles orientés est admise.</p>
---	--	---

En complément des objectifs rappelés ci-dessous, un travail sur la notion d'équivalence doit naturellement être mené en série scientifique (propriété caractéristique, raisonnement par équivalence).

Notations mathématiques Les élèves doivent connaître les notions d'élément d'un ensemble, de sous-ensemble, d'appartenance et d'inclusion, de réunion, d'intersection et de complémentaire et savoir utiliser les symboles de base correspondants : \in , \subset , \cup , \cap , ainsi que la notation des ensembles de nombres et des intervalles.

Pour le complémentaire d'un ensemble A , on utilise la notation des probabilités \bar{A} .

Pour ce qui concerne le raisonnement logique, les élèves sont entraînés, sur des exemples, à :

- utiliser correctement les connecteurs logiques « et », « ou » et à distinguer leur sens des sens courants de « et », « ou » dans le langage usuel ;
- utiliser à bon escient les quantificateurs universel, existentiel (les symboles \forall , \exists ne sont pas exigibles) et à repérer les quantifications implicites dans certaines propositions et, particulièrement, dans les propositions conditionnelles ;
- distinguer, dans le cas d'une proposition conditionnelle, la proposition directe, sa réciproque, sa contraposée et sa négation ;
- utiliser à bon escient les expressions « condition nécessaire », « condition suffisante » ;

- formuler la négation d'une proposition ;
- utiliser un contre-exemple pour infirmer une proposition universelle ;
- reconnaître et utiliser des types de raisonnement spécifiques : raisonnement par disjonction des cas, recours à la contraposée, raisonnement par l'absurde.

Annexe 10.6 Extraits du BO Spécial n°8 du 13 Octobre 2011 en lien avec l'enseignement de la géométrie en classe de terminale scientifique

Programme en vigueur à la rentrée 2012

B.O.

Bulletin officiel spécial n° 8 du 13 octobre 2011

Annexe

Programme de l'enseignement spécifique et de spécialité de mathématiques

Classe terminale de la série scientifique

L'enseignement des mathématiques au collège et au lycée a pour but de donner à chaque élève la culture mathématique indispensable pour sa vie de citoyen et les bases nécessaires à son projet de poursuite d'études. Le cycle terminal de la série S procure un bagage mathématique solide aux élèves désireux de s'engager dans des études supérieures scientifiques, en les formant à la pratique d'une démarche scientifique et en renforçant leur goût pour des activités de recherche.

L'apprentissage des mathématiques cultive des compétences qui facilitent une formation tout au long de la vie et aident à mieux appréhender une société en évolution. Au-delà du cadre scolaire, il s'inscrit dans une perspective de formation de l'individu.

Objectif général

Outre l'apport de nouvelles connaissances, le programme vise le développement des compétences suivantes :

- mettre en œuvre une recherche de façon autonome ;
 - mener des raisonnements ;
 - avoir une attitude critique vis-à-vis des résultats obtenus ;
- communiquer à l'écrit et à l'oral.

Raisonnement et langage mathématiques

Comme en classe de seconde, les capacités d'argumentation, de rédaction d'une démonstration et de logique font partie intégrante des exigences du cycle terminal.

Les concepts et méthodes relevant de la logique mathématique ne font pas l'objet de cours spécifiques mais prennent naturellement leur place dans tous les champs du programme. Il importe toutefois de prévoir des moments d'institutionnalisation de certains concepts ou types de raisonnement, après que ceux-ci ont été rencontrés plusieurs fois en situation.

De même, le vocabulaire et les notations mathématiques ne sont pas fixés d'emblée, mais sont introduits au cours du traitement d'une question en fonction de leur utilité. Il convient de prévoir des temps de synthèse, l'objectif étant que ces éléments soient maîtrisés en fin de cycle terminal.

Utilisation d'outils logiciels L'utilisation de logiciels, d'outils de visualisation et de simulation, de calcul (formel ou scientifique) et de programmation change profondément la nature de l'enseignement en favorisant une démarche d'investigation. En particulier lors de la résolution de problèmes, l'utilisation de logiciels de calcul formel limite le temps consacré à des calculs très techniques afin de se concentrer sur la mise en place de raisonnements. L'utilisation de ces outils intervient selon trois modalités :

- par le professeur, en classe, avec un dispositif de visualisation collective ;
- par les élèves, sous forme de travaux pratiques de mathématiques ;
- dans le cadre du travail personnel des élèves hors de la classe.

Diversité de l'activité de l'élève

Les activités proposées en classe et hors du temps scolaire prennent appui sur la résolution de problèmes purement mathématiques ou issus d'autres disciplines. De nature diverse, elles doivent entraîner les élèves à :

- chercher, expérimenter, modéliser, en particulier à l'aide d'outils logiciels ;
- choisir et appliquer des techniques de calcul ;
- mettre en œuvre des algorithmes ;
- raisonner, démontrer, trouver des résultats partiels et les mettre en perspective ;
- expliquer oralement une démarche, communiquer un résultat par oral ou par écrit. Des éléments d'épistémologie et d'histoire des mathématiques s'insèrent naturellement dans la mise en œuvre du programme. Connaître le nom de quelques mathématiciens célèbres, la période à laquelle ils ont vécu et leur contribution fait partie intégrante du bagage culturel de tout élève ayant une formation scientifique. La présentation de textes historiques aide à comprendre la genèse et l'évolution de certains concepts.

Fréquents, de longueur raisonnable et de nature variée, les travaux hors du temps scolaire contribuent à la formation des élèves et sont absolument essentiels à leur progression. Ils sont conçus de façon à prendre en compte la diversité et l'hétérogénéité de leurs aptitudes.

Les modes d'évaluation prennent également des formes variées, en phase avec les objectifs poursuivis. En particulier, l'aptitude à mobiliser l'outil informatique dans le cadre de la résolution de problèmes est à évaluer.

Organisation du programme

Le programme fixe les objectifs à atteindre en termes de capacités. Il est conçu pour favoriser une acquisition progressive des notions et leur pérennisation. Son plan n'indique pas la progression à suivre.

À titre indicatif, on pourrait consacrer la moitié du temps à l'analyse, l'autre moitié se répartissant équitablement entre géométrie et probabilités-statistique.

Les capacités attendues indiquent un niveau minimal de maîtrise des contenus en fin de cycle terminal. La formation ne s'y limite pas.

Les capacités attendues dans le domaine de l'algorithmique d'une part et du raisonnement d'autre part sont rappelées en fin de programme.

Elles doivent être exercées à l'intérieur de chaque champ du programme. Plusieurs démonstrations, ayant valeur de modèle, sont repérées par le symbole \square . Certaines sont exigibles et correspondent à des capacités attendues.

De même, les activités de type algorithmique sont signalées par le symbole \diamond .

Les commentaires notés \rightleftharpoons distinguent des thèmes pouvant se prêter à des ouvertures interdisciplinaires, en concertation avec les professeurs d'autres disciplines scientifiques.

Quelques propositions d'approfondissement, destinées à des activités dans le cadre de l'accompagnement personnalisé, figurent en italique avec la mention $\textcircled{\text{AP}}$.

Géométrie Nombres complexes

En classe terminale, les nombres complexes sont vus essentiellement comme constituant un nouvel ensemble de nombres avec ses opérations propres. Cette introduction s'inscrit dans la perspective d'un approfondissement lors d'une poursuite d'études.

CONTENUS	CAPACITÉS ATTENDUES	COMMENTAIRES
Forme algébrique, conjugué. Somme, produit, quotient.	<ul style="list-style-type: none"> Effectuer des calculs algébriques avec des nombres complexes. 	On introduit dans ce chapitre des éléments lui donnant une dimension historique.
Équation du second degré à coefficients réels.	<ul style="list-style-type: none"> Résoudre dans \mathbb{C} une équation du second degré à coefficients réels. 	
Représentation géométrique.	<ul style="list-style-type: none"> Représenter un nombre complexe par un point ou un vecteur. 	Le plan est muni d'un repère orthonormé (O, \vec{u}, \vec{v}) .
Affixe d'un point, d'un vecteur.	<ul style="list-style-type: none"> Déterminer l'affixe d'un point ou d'un vecteur. 	
Forme trigonométrique : - module et argument, interprétation géométrique dans un repère orthonormé direct ; - notation exponentielle.	<ul style="list-style-type: none"> Passer de la forme algébrique à la forme trigonométrique et inversement. Connaître et utiliser la relation $z \bar{z} = z ^2$. Effectuer des opérations sur les nombres complexes écrits sous différentes formes. 	La notation exponentielle est introduite après avoir montré que la fonction $\theta \mapsto a \cos \theta + i \sin \theta$ vérifie la même relation fonctionnelle que la fonction exponentielle. Les nombres complexes permettent de mémoriser les formules trigonométriques

		d'addition et de duplication vues en première. \Leftrightarrow [SI] Analyse fréquentielle d'un système.
--	--	--

Géométrie dans l'espace

Dans cette partie, il s'agit, d'une part de renforcer la vision dans l'espace entretenue en classe de première, d'autre part de faire percevoir toute l'importance de la notion de direction de droite ou de plan. La décomposition d'un vecteur d'un plan suivant deux vecteurs non colinéaires de ce plan, puis celle d'un vecteur de l'espace suivant trois vecteurs non coplanaires, sensibilisent aux concepts de liberté et de dépendance en algèbre linéaire.

Le repérage permet à la fois de placer des objets dans l'espace et de se donner un moyen de traiter des problèmes d'intersection d'un point de vue algébrique. Le concept d'orthogonalité, une fois exprimé en termes de coordonnées dans un repère orthonormé, fournit un outil pour une caractérisation simple des plans de l'espace.

L'objectif est de rendre les élèves capables d'étudier des problèmes d'intersection de droites et de plans, en choisissant un cadre adapté, vectoriel ou non, repéré ou non.

CONTENUS	CAPACITÉS ATTENDUES	COMMENTAIRES
Droites et plans Positions relatives de droites et de plans : intersection et parallélisme. Orthogonalité : - de deux droites ; - d'une droite et d'un plan.	<ul style="list-style-type: none"> • Étudier les positions relatives de droites et de plans. • Établir l'orthogonalité d'une droite et d'un plan. 	Le cube est une figure de référence pour la représentation des positions relatives de droites et de plans. On étudie quelques exemples de sections planes du cube. Ce travail est facilité par l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique.
Géométrie vectorielle Caractérisation d'un plan par un point et deux vecteurs non colinéaires.		On étend à l'espace la notion de vecteur et les opérations associées. On fait observer que des plans dirigés par le même couple de vecteurs non colinéaires sont parallèles. ☐ Il est intéressant de présenter la démonstration du théorème dit « du toit ».

<p>Vecteurs coplanaires. Décomposition d'un vecteur en fonction de trois vecteurs non coplanaires.</p> <p>Repérage.</p> <p>Représentation paramétrique d'une droite.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir une décomposition pertinente dans le cadre de la résolution de problèmes d'alignement ou de coplanarité. • Utiliser les coordonnées pour : <ul style="list-style-type: none"> - traduire la colinéarité ; - caractériser l'alignement ; - déterminer une décomposition de vecteurs. 	<p>On fait percevoir les notions de liberté et de dépendance.</p> <p>On ne se limite pas à des repères orthogonaux.</p> <p>La caractérisation d'un plan par un point et deux vecteurs non colinéaires conduit à une représentation paramétrique de ce plan.</p> <p>↔ [SI] Cinématique et statique d'un système en mécanique.</p>
<p>Produit scalaire Produit scalaire de deux vecteurs dans l'espace : définition, propriétés.</p> <p>Vecteur normal à un plan. Équation cartésienne d'un plan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer si un vecteur est normal à un plan. ▣ Caractériser les points d'un plan de l'espace par une relation $ax + by + cz + d = 0$ avec a, b, c trois nombres réels non tous nuls. • Déterminer une équation cartésienne d'un plan connaissant un point et un vecteur normal. • Déterminer un vecteur normal à un plan défini par une équation cartésienne. ▣ Démontrer qu'une droite est orthogonale à toute droite d'un plan si et seulement si elle est orthogonale à deux droites sécantes de ce plan. • Choisir la forme la plus adaptée entre équation 	<p>On étend aux vecteurs de l'espace la définition du produit scalaire donnée dans le plan.</p> <p>On caractérise vectoriellement l'orthogonalité de deux droites et on introduit la notion de plans perpendiculaires.</p>

	cartésienne et représentation paramétrique pour : - déterminer l'intersection d'une droite et d'un plan ; - étudier la position relative de deux plans.	 Perpendiculaire commune à deux droites non coplanaires. Intersection de trois plans.
--	---	--

Notations et raisonnement mathématiques

Cette rubrique, consacrée à l'apprentissage des notations mathématiques et à la logique, ne doit pas faire l'objet de séances de cours spécifiques, mais doit être répartie sur toute l'année scolaire. **En complément des objectifs rappelés ci-dessous, le travail sur la notion d'équivalence doit naturellement être poursuivi (propriété caractéristique, raisonnement par équivalence) et l'on introduit le raisonnement par récurrence.**

Notations mathématiques

Les élèves doivent connaître les notions d'élément d'un ensemble, de sous-ensemble, d'appartenance et d'inclusion, de réunion, d'intersection et de complémentaire et savoir utiliser les symboles de base correspondants : \in , \subset , \cup , \cap ainsi que la notation des ensembles de nombres et des intervalles. Pour le complémentaire d'un ensemble A , on utilise la notation des probabilités \bar{A} .

Pour ce qui concerne le raisonnement logique, les élèves sont entraînés sur des exemples à :

- utiliser correctement les connecteurs logiques « et », « ou » et à distinguer leur sens des sens courants de « et », « ou » dans le langage usuel ;
- utiliser à bon escient les quantificateurs universel, existentiel (les symboles \forall , \exists ne sont pas exigibles) et à repérer les quantifications implicites dans certaines propositions et, particulièrement, dans les propositions conditionnelles ;
- distinguer, dans le cas d'une proposition conditionnelle, la proposition directe, sa réciproque, sa contraposée et sa négation ;
- utiliser à bon escient les expressions « condition nécessaire », « condition suffisante » ;
- formuler la négation d'une proposition ;
- utiliser un contre-exemple pour infirmer une proposition universelle ;
- reconnaître et utiliser des types de raisonnement spécifiques : raisonnement par disjonction des cas, recours à la contraposée, raisonnement par l'absurde.

Résumé :

Les mathématiques, et en particulier la géométrie restent un domaine difficile pour beaucoup d'élèves, pourtant les enfants les pratiquent depuis leur plus jeune âge. Les études réalisées ont pour but d'identifier ces difficultés et d'apporter des solutions dans la prise en charge des difficultés rencontrées par l'élève. Le contrat didactique qui lie l'élève et le professeur contient une bonne part d'implicite, de non-dit que l'élève n'est pas toujours en mesure de décoder. Malgré cela, l'élève continue à privilégier dans ses choix d'orientation les sections scientifiques où les mathématiques ont un poids assez important. Ce travail interroge le rapport existant entre les mathématiques et ses acteurs que sont l'élève et le professeur, afin d'améliorer cet implicite programmé qui est au cœur de la formation de l'élève, et que ce dernier puisse garder au-delà de cette expérience, une bonne image des mathématiques. La démonstration, que ce soit en géométrie plane ou en géométrie dans l'espace où le repérage n'est pas toujours une évidence, reste le point délicat, car les élèves ne maîtrisent pas toujours les concepts qui y sont rattachés, ni sa finalité, voire même son utilité souvent. Il s'agit de faire en sorte que l'élève, aidé de son professeur, soit plus à même de correctement mobiliser les opérations mentales qui sont sollicitées dans la résolution de problèmes, de mieux comprendre les différents concepts, et acquérir plus d'autonomie et d'assurance dans ce qu'il fait.

Mots-clés : Amorçage négatif – Argumentation – Conceptions - Contextualisation – Décontextualisation - Démonstration – Dessin et Figure - Généricité – Inhibition – Mathématiques et genre - – Opérations mentales – PCK - Proto et paramathématiques – Raisonnement - Résistance cognitive – Système 1, 2, 3 –Transfert.