Université de Lyon

UNIVERSITE LUMIERE LYON 2

Ecole Doctorale EPIC

ED 485 – Education- Psychologie- Information et communication

Unité Mixte de Recherche – UMR 5191 ICAR

Année 2013

Articulation transdisciplinaire des connaissances de mathématiques et sciences physiques

Le cas de la proportionnalité en fin d'École primaire et début du Collège à Madagascar.

Approches didactiques, interactionnistes et ethnomathématiques

Thèse de Doctorat en Sciences de l'Éducation

dirigée par le Professeur Jean-Claude REGNIER

et codirigée par Karine BECU-ROBINAULT

présentée et soutenue publiquement le 14 mai 2013

par Marie Luc Modestine RAMANANDRAISOA

Devant le jury composé de :

Nadja Acioly-Régnier, MCF-HDR, Université Lyon1, Lyon

Karine Bécu-Robinault, MCF, ENS de Lyon, France

Ubiratan D'Ambrosio, Professeur émérite, UNICAMP, Brésil

Line Numa-Bocage, Professeur des Universités, Université d'Evry Val d'Essonne, France

Cécile de Hosson, MCF HDR - Université Diderot, Paris 7, France

Jean-Claude Régnier, Professeur des Universités, Université Lyon2, France

Résumé

Comment reconnaît –on que l'apprentissage est efficace ? C'est une de nos questions à laquelle nous cherchons à répondre dans notre fonction de conseillère pédagogique. Bon nombre d'enseignants se plaignent que les élèves ne font pas l'unité des connaissances qu'ils acquièrent. Nous soulignons en particulier les mathématiques et les sciences physiques qui restent des vases étanches. Ce sont des îlots qu'il faut découvrir un à un sans se soucier de leur complémentarité. Certaines questions nous retiennent, est-ce que la présentation du programme et des contenus favorise l'articulation transdisciplinaire des connaissances ? Est-ce que la méthode de l'enseignant guide l'élève à articuler les connaissances acquises ? Est-ce que l'élève lui-même est capable de faire le transfert des connaissances acquises ? A l'exemple de la notion de proportionnalité, dans quelle mesure la présentation des contenus relatifs à la proportionnalité dans les disciplines des mathématiques et sciences physiques, favorise-t-elle l'articulation par les élèves des connaissances et des compétences ? Notre étude va essayer d'expliciter et de comprendre comment les élèves conceptualisent les connaissances, car la première difficulté tient au fait que la capacité de transfert des connaissances de l'élève dépend de sa méthode d'intégration. Une des conditions de transfert est la construction de sens. Le transfert de compétences n'est pas l'affaire de l'élève seul bien que la plus grande partie s'impose au dernier. Chacun a son propre rapport au savoir, ce qui nous invite à tenir compte de la place de la culture malgache dans l'apprentissage. L'élève est partagé entre différents cadres. De ce fait, le cadre de rationalité est important dans l'analyse des ruptures et les filiations des connaissances et des compétences dans les disciplines.

Mots-clés : Proportionnalité, articulation des connaissances, approches ethnomathématiques, tableaux, graphiques.

Abstract

How can we assess the way we teach is efficient? This is one of the many questions. I'll try to answer as a teacher trainer. Many teachers complain that students are unable to unify their knowledge. We wish to emphasize the fact this particularly true of mathematics and physics which still remain as subjects taught in class as "insulated vessels". They're like isolated islands one has to explore one after the other, indifferent to their complementary. Various questions arise at this stage. Does the layout of curriculum and its contents help link up the knowledge, the skills developed in various subjects? Does the teacher's approach offer the students the necessary guidance to link up the knowledge acquired in various disciplines? Are the students capable of transferring the knowledge they have acquired we'll take the example of proportionality. To what extent the layout of the content concerning proportionality help students to link up knowledge and skill? The present work aims at explicating and analyzing how students conceptualize knowledge: the main difficulty lies in the student's ability to transfer to transfer knowledge this depends on how the students integrate this. One of the conditions for transferring efficiently is making sense. Transferring skill doesn't only depend on the student's abilities although the greater part lies on the latter. Each student develops his own perception of knowledge, we have take Madagascar culture into account the process of learning students remain divided between different frameworks. Consequently the framework of rationality remains essential in the analysis of breaks and links in the knowledge and skill developed in the discipline.

Keywords: Proportionality, articulation of knowledge, ethnomatematics approach, table, graph.

A ma mère

Remerciements

Mes remerciements s'adresseront d'abord à Jean-Claude REGNIER qui a accepté de diriger mon mémoire de MASTER en 2008 et qui a continué dans mon travail de recherche. Je le remercie chaleureusement pour son soutien et guide précieux. Son enseignement m'a appris beaucoup de chose, intellectuelle et relationnelle.

Je remercie Karine BECU-ROBINAULT qui a accepté d'être la co-directrice en MASTER et aussi a accepté pour ce travail de recherche. Toute ma profonde gratitude pour tous ses conseils et suivis minutieux, ce travail est actuellement grâce à sa présence et sa disponibilité.

A vous deux mes sincères remerciements.

Je remercie Ubiratan D'AMBROSIO, Line NUMA-BOCAGE, d'avoir accepté d'être les rapporteurs de ce travail. Vos remarques et commentaires me seront bien utiles pour nourrir mes réflexions. Je remercie Nadja ACIOLY-REGNIER et Cécile de HOSSON d'avoir bien voulu être les membres de ce jury.

Je remercie Anny et Jean-Marie DREVON pour leur aide technique qui m'ont bien soulagé dans plusieurs mises en page et relecture. Tous mes remerciements au groupe ADATIC de votre gentillesse et encouragement, spécialement : Fadhila, Hassan, Azeez et Zoualfakar.

Je remercie la Congrégation des Sœurs du Christ qui m'a permise de finir cette recherche, toutes mes Sœurs de Madagascar qui m'ont soutenu de loin. Je remercie particulièrement la Communauté de 87 rue Tronchet de Lyon qui a tout fait pour que j'aboutisse à ce travail. Je remercie la Direction Diocésaine de l'Enseignement Catholique d'Antananarivo par le biais du Père Ranaivoson Jules qui a facilité mes recueils des donnés. A vous tous, enseignants qui ont voulu répondre à mes questionnaires.

« Ny fisaorana toy ny fary lava vany ka tsy lany hamamiana». Mes remerciements sont comme la canne à sucre à longue tige, la douceur n'en finit point.

INTRODUCTION GENERALE

Comptine malgache: « Dimy tsindrina dimy folo
Dimy tsindrina dimy ; roapolo
Dimy tsindrina dimy, telopolo
Dimy tsindrina dimy, efapolo »[1]

C'est un jeu de jonglage de 2, 3, cailloux en récitant cette sorte de comptine que l'enfant malagasy mémorise la dizaine. Cela signifie: cinq plus cinq dix, cinq plus cinq, 20, on reprend cinq plus cinq à chaque fois, mais mentalement on retient, après dix c'est, vingt, après vingt c'est trente, et ainsi de suite, celui qui se trompe est vaincu. L'enfant apprend beaucoup de chose par le jeu, les contes et les légendes et les devinettes.

Nous voudrions souligner quelques traits de la culture et de la valeur de la société malgache car l'enfant malgache, comme dans toute société, a une base d'éducation qui le modèle. Son apprentissage se base sur la sagesse des « Ray aman-dReny », les parents. Ce qui fait que le respect des parents est une des valeurs malagasy. Mais qu'est-ce qu'on entend par « Ray aman-dReny » ? Tout ce qui a une autorité est appelé « Ray aman-dReny » quelque soit son âge. Donc la parole du « Ray aman-dReny » est sacrée. A l'école les enseignants, les institutrices ont la place du « Ray aman-dReny ».

L'éducation de l'enfant se fait auprès de ses parents. Il les accompagne dans leurs activités quotidiennes et les fêtes. Il apprend beaucoup par imitation tout en suivant les consignes de ses parents. De ce fait, l'autorité est celui à qui on doit un respect, on l'écoute, on lui demande conseils.

Culturellement, les tâches sont réparties, jusqu'au morceau de viande à manger. Prenons l'exemple du poulet. Le poulet est coupé selon la part qui revient à chacun, la tête du poulet c'est pour l'aîné car il est l'aîné. La tête veut dire aussi chef. Les cuisses sont pour les enfants, les cadets car ils doivent encore grandir. Ou encore, c'est le pied qui n'est pas important. Les ailes pour ceux qui doivent partir, qui doivent entreprendre quelque chose. Le sot-l'y-laisse, la viande qui est dans l'arrière train du bœuf , est la viande réservée à quelqu'un d'honorable dont le roi, le chef de la maison, quelqu'un de haut placé dans la société. Dans le

[1] « Cinq plus cinq, dix/ cinq plus cinq, vingt/ Cinq plus cinq, trente/ Cinq plus cinq, quarante »

discours en public, on dit facilement « Ny vody hena tsy miainga aloha », qui veut dire que la viande qui est de l'arrière train du bœuf ne se partage pas, ainsi, pour faire parler quelqu'un c'est par hiérarchie, le plus honoré parle en dernier.

D'où le rapport de l'enfant avec le maître est marqué par cette relation « Ray aman-dreny sy ny zanaka », relation parent enfant.

Le mode de fonctionnement à l'école n'est pas tout à fait facile pour l'enfant imbibé de sa culture. Anecdote, un jour en classe de 5ème, un enseignant voulait faire travailler ses élèves. Faire construire les connaissances requiert des activités de la part des élèves pendant l'enseignement apprentissage. Ce jour là, pendant le cours de mathématiques, les élèves savent bien que c'est l'explication de la leçon. Le professeur leur demande de prendre le cahier d'exercices pour leur faire faire chercher, découvrir la notion à étudier. Un élève disait : « Asan-dRamose io ka ahay ro ampanaovina azy ». Cela veut dire, en français, « c'est la tâche du professeur, pourquoi nous les donner à faire ».

Si nous supposons que tel est le cadre familier de l'enfant malgache (MALAFOSSE D, LEROUGE A et DUSSEAU J-M (2001). Dans quel cadre rationnel, (MALAFOSSE) qu'est le système éducatif est-il éduqué en ce moment ?

La loi n° 94-033 du 13 mars 1995 définit les finalités de l'Education et de la Formation à Madagascar. Cette éducation vise « à favoriser l'épanouissement physique, intellectuel, moral et artistique de la personnalité de l'individu, dans la pleine jouissance de sa liberté »

La Constitution de la République de Madagascar était révisée en 2007, a envisagé une nouvelle structure du système éducatif malgache qui était de mettre en 7 années d'étude pour le primaire, 3 années celui du collège et de 2 années celui du lycée. Vu la transition de 2009, ce projet est suspendu. La loi de 1995 est abrogée par la loi n°2004-004 du 26 juillet 2004. C'est celle-ci qui régit l'orientation générale du système d'éducation et de formation en organisant l'éducation formelle, ainsi que de l'éducation informelle (qui constitue l'éducation infantile et l'alphabétisation)

- ✓ L'éducation fondamentale qui dure 9ans, répartie en deux, l'éducation fondamentale du niveau 1, qui accueille l'enfant à partir de 6 ans, constituée des niveaux, cours préparatoire première année, cours préparatoire deuxième année, cours élémentaire, cours moyen première année et cours moyen deuxième année sanctionné par l'obtention du diplôme CEPE (Certificat d'Etudes Primaires et Elémentaires). Ce qui fait un cursus de 5 années. L'Education fondamentale du niveau 2, composée de la classe de 6ème ,5ème, 4ème et 3ème qui correspondant au collège. La classe de 3ème est sanctionné par l'obtention du diplôme de BEPC (Brevet d'Etudes du Premier Cycle de l'enseignement secondaire), ce cycle dure 4 ans.

- ✓ L'Enseignement secondaire : composé de la classe de seconde, de la première et de la terminale, sanctionnée par l'obtention du diplôme du Baccalauréat.
- ✓ Après le Baccalauréat, l'enseignement supérieur qui est composé des instituts et universités dispense la formation académique ou professionnelle.

Le fonctionnement des écoles primaires publiques : concernant les effectifs, chaque enseignant a autour de 40 à 60 élèves par classe. En ville, dans plusieurs écoles, les classes sont échelonnées par manque de salle, c'est-à-dire, une partie rentre de 7h à 12h et une autre partie de 13h à 17h pour une même salle. En milieu rural, c'est plutôt par manque d'enseignants, ils fonctionnent en multigrade, un enseignant pour deux ou trois niveaux. Ils échelonnent la rentrée selon les effectifs, ce qui fait travailler les enseignants plus de 8 heures par jour à certains endroits. Par conséquent, nombreux des écoles primaires rurales n'ont pas tous les niveaux de classes. Plusieurs ont seulement les classes CP et CE.

Si bien que pour les examens officiels, beaucoup d'enseignants travaillent pour les examens sur un programme limitatif.

Dans les écoles primaires privées, en milieu urbain, elles fonctionnent normalement. Mais en milieu rural, elles subissent les mêmes situations que celles du publiques. Nous ne voulons pas faire une analyse du système éducatif malgache, ainsi nous arrêtons ce petit aperçu par quelques chiffres que nous avons relevé du site http://www:ibe.unesco.org du 12 mars 2013. Ce chiffre nous intéresse car cela explique notre choix de terrain d'étude que nous allons expliquer ultérieurement

Tableau 1: Évolution des effectifs du personnel de l'enseignement primaire et secondaire

Primaire collège/lycée	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05
PUBLIC					
PRIMAIRE	33868	36181	38509	47320	48870
COLLEGE	8086	8055	8390	8910	9400
LYCEE	2774	2639	2684	2620	2660
PRIVE					
PRIMAIRE	15543	14555	16800	16950	18270
COLLEGE	6669	6015	6271	8950	10100
LYCEE	3326	2086	2126	3400	3930

Nous décrivons en diagonal le recrutement et la formation des enseignants privés à Madagascar. L'enseignement privé, prenons en exemple, le collège et le primaire, car c'est le domaine qui nous intéresse, recrute souvent des enseignants pas professionnalisant. C'est-à-dire des enseignants qui n'ont pas passé les écoles normales ou autres car ils n'ont pas toujours accès. Les écoles normales publiques ont un certain cota d'accueil des enseignants d'un 'établissement privé, les écoles normales privées sont très onéreuses. De ce fait, l'enseignement privé forme sur le tas. Question d'effectif, selon, UNESCO 2010/2011, (statistique 2005) nous constatons que le nombre d'enseignants chez le privé au collège est supérieur à celui du public. La formation et le recrutement ont beaucoup changé depuis 2008. Avant 2008, les bacheliers sont recrutés pour l'enseignement primaire. Depuis 2008, celui qui a son BEPC (niveau 3ème) est recruté pour enseigner au primaire public (France DNB : diplôme national des brevets)

Avant de rentrer effectivement dans la présentation de notre thème, nous tenons à expliquer en quelques lignes la situation actuelle à Madagascar qui nous permettra à nos lecteurs de se situer dans le contexte, dans lequel s'est réalisée notre recherche, car notre travail a commencé en septembre 2009. Nous avons choisi spécialement comme champ d'étude, l'enseignement privé à Madagascar pour deux raisons spécifiques. En premier, depuis 2009, début de notre travail de recherche, Madagascar est en période de transition par rapport à la vie politique. Les enseignants fonctionnaires sont souvent en manifestations. Ils ne travaillent pas régulièrement. Nous avons une grande difficulté pour trouver des enseignants avec qui nous pourrons nous entretenir, ou encore qui pourront répondre à nos questionnaires, de même du côté des élèves. Deuxième raison, nous pensons qu'en terme de représentativité, les enseignants privés présentent un taux assez fort car, en 2005, selon les données du PASEC, les enseignants au collège public était de 9400, et le privé 10100. La situation actuelle fait que parents, enseignants se fient plus aux écoles privées. Nous considérons cet effectif assez significatif.

Venant à la genèse de notre étude, nous sommes enseignante depuis 1973, et institutrice des classes CM avant 1984 ; ensuite nous étions responsable pédagogique de l'enseignement primaire au Collège Providence Antsirabe, après au Collège Sainte Chantal Soanierana Tananarive. Ces responsabilités nous ont incitée à nous former à l'Institut National de Formation Pédagogique pour devenir Conseillère Pédagogique de l'Enseignement Primaire en 1999. La discipline mathématique nous a toujours fascinée. Nous nous sommes dite que l'enfant ne doit pas être déjà littéraire ou scientifique il est en début d'apprentissage, donc les deux séries doivent croître ensemble chez l'enfant, et qu'après, c'est le choix qui doit l'orienter mais pas l'incapacité dans l'une ou l'autre.

Notre fonction de conseillère pédagogique nous pousse à approfondir sur les didactiques des mathématiques, ce qui nous amène à l'Université Lumière Lyon 2 en 2005 où nous avons travaillé sur la résolution des problèmes en arithmétique en Licence 3. L'expérience de cette première recherche nous a mise en contact avec plusieurs œuvres en didactiques des mathématiques que nous avons continué en Master. Notre regard sur l'enseignement et l'apprentissage de la résolution des problèmes en arithmétiques a changé. Nous avons acquis une nouvelle façon d'appréhender les erreurs des apprenants. Nos cours de Master, spécialement les sciences cognitives, éducation, nous ont donné la curiosité sur les « représentations » des élèves. Nous restons curieuse sur ce qui se passe dans la tête des apprenants pendant la « conceptualisation ».

En un mot, les sciences cognitives qui permettent d'analyser des « représentations » de l'individu étaient une grande découverte pour nous. Partant de cette soif, nous avons choisi les mathématiques et sciences physiques pour notre recherche. Ce sont des disciplines qui permettent de mobiliser des cadres théoriques similaires. Du point de vue générale, l'articulation transdisciplinaire des connaissances nous amène à analyser d'autres concepts qui interagissent : interdisciplinarité, transdisciplinarité, pluridisciplinarité, et qui sont à la base du transfert TARDIF (1999), des compétences et des connaissances.

Des connaissances acquises en mathématiques à transférer en sciences physiques, c'est l'objet de notre étude. Nous avons choisi le champ conceptuel de la proportionnalité. Cette notion de proportionnalité est étudiée en sciences physiques dans différents thèmes selon les niveaux de classe à Madagascar. Mais celle-ci est aussi utile dans d'autres disciplines comme l'histoire, la géographie et les sciences de la vie et de la terre. Les contenus relatifs à la proportionnalité sont exprimés sous différentes « représentations ». La proportionnalité en tant que concept nous amène à analyser sur la base des champs conceptuels de VERGNAUD (1991). Les représentations : sémiotiques, énoncé, tableau, graphique nous ont conduit d'emblée aux travaux d'analyse de conversion de DUVAL (1995) qui est la transformation d'une représentation dans un registre dans un autre registre.

En vérifiant le programme de l'enseignement malgache, l'étude de la proportionnalité en sciences physiques se trouve en classe de 3ème, le chapitre sur la loi d'Ohm que nous avons traité en 4ème à Lyon. En classe de 5ème, il y a la masse volumique. En mathématiques, la notion de proportionnalité est initiée en classe de CE 2. Ce qui nous fait étendre notre étude de la classe CM I de l'école primaire aux classes de 6ème 5ème, début du collège.

Nous avons axé notre analyse sur les « représentations » des enseignants sur la notion de la proportionnalité, cela à partir de leur dire et de leur pratique quotidienne. De même, chez les élèves nous avons étudié, comment l'élève construit un sens à ce concept. Pour comprendre les représentations de l'élève nous devions faire des enquêtes auprès des élèves, notre situation ne nous a pas permise. Nous nous sommes limitée à l'observation de groupe classe et d'un groupe de deux élèves.

Un des problèmes que nous avons rencontré dans notre recherche, était d'accorder le moment d'observation au jour où l'enseignant transmettait la notion de proportionnalité pour y adapter les exercices. Nous avons surtout pensé passer les exercices aux élèves tout de suite après la séance pendant laquelle ils ont étudié la notion. Il nous a fallu attendre que partout dans les écoles, ils aient fini le programme sur la proportionnalité pour les passer aux élèves.

Après l'exploitation théorique, nous mettons en évidence trois axes principaux qui retiennent notre attention et guident notre recherche :

En premier axe, c'est la construction du sens autour du concept de la proportionnalité. Quelles définitions les enseignants donnent aux élèves pendant l'enseignement apprentissage. Eux- mêmes, quelles relations ont-ils par rapport à ce concept ? Qu'en font-ils des éléments significatifs de ce concept ? Du côté des élèves, quels sens donnent-ils à la proportionnalité ?

Dans les résolutions des situations de proportionnalités quelles sont leurs difficultés spécifiques ?

En deuxième axe, nous avons centré notre étude sur l'enseignement apprentissage. Est-ce que l'enseignement des disciplines en sciences physiques comme en mathématiques facilite la compréhension des élèves du concept de la proportionnalité. Est-ce que les pratiques quotidiennes mises en œuvre sont cohérentes entre les deux disciplines pour que les élèves articulent les connaissances et les compétences ?

En troisième axe, la question de transdisciplinarité, relation entre les deux disciplines, que font-ils pratiquement dans la gestion de leur enseignement ?, comment ils guident les élèves à faire les liens entre les disciplines ? Qu'envisagent-ils ?

Toutes nos questions tournent autour de : **Comment les élèves articulent les connaissances acquises en mathématiques et en sciences physiques, pour interpréter des situations mettant en jeu la proportionnalité ? Dans quelle mesure, la présentation des contenus relatifs à la proportionnalité dans ces deux disciplines favorise l'articulation par les élèves les connaissances et les compétences ?**

Nous parlons de la relation des enseignants et des élèves au savoir mathématiques et sciences physiques. Nous nous intéressons aux contenus du savoir, dans le cas de la proportionnalité. C'est la didactique qui nous oriente à décrire les enseignements apprentissages. C'est aussi la didactique qui prescrit, suggère ce qu'il faut faire pendant l'enseignement apprentissage. C'est pourquoi nous avons choisi l'approche didactique dans notre analyse et qui sera surtout notre guide dans nos perspectives.

Il n'y a pas enseignement ni d'apprentissage sans la médiation de quelqu'un. Selon VYGOTSKY, une dimension socio-constructiviste est à considérer dans le développement de l'individu. L'enseignement est une interaction permanente entre l'enseignant et les élèves ou entre les élèves/ élèves. De ce fait nous ne pouvons échapper à l'approche socio-constructiviste dans notre recherche.

Les mathématiques sont-elles vraiment une source de difficultés pour les élèves? Nous rejoignons D'AMBROSIO qui dit que les mathématiques existent depuis longtemps et dans toutes les cultures. Par conséquent, cela ne devrait pas être difficile pour les enfants. Ce sont les mathématiques qu'on enseigne aux enfants qui sont trop loin de leur culture et surtout dans la formulation du nombre. A cela s'ajoute la langue d'enseignement qu'il ne maîtrise pas, pour l'enfant malgache. C'est le pourquoi de cet essai en approche ethnomatématiques de notre étude.

La présentation de notre travail de recherche se déroulera en trois grandes parties. C'est notre écrit qui les distingue, mais notre étude sur terrain, bien que nous ayons décrit une planification n'a pu être conduite intégralement.

En première partie c'est le résultat d'une partie exploratoire de notre travail, la lecture. Ce sont les différentes références conceptuelles qui guident notre recherche. Comme nous parlons de la relation entre deux disciplines, mathématiques et sciences physiques, il s'avère nécessaire de définir les divers termes autour de la discipline : transdisciplinarité, interdisciplinarité, multidisciplinarité qui conduisent au transfert des connaissances et compétences selon TARDIF (1999). Notre recherche se veut didactique, cela suppose l'analyse du rapport des trois éléments : savoir-enseignant-enseigné. Les concepts de la transposition didactique de CHEVALLARD (1991) et contrat didactique de BROUSSEAU (1990) sont des appuis pour nous. BROUSSEAU définit l'enseignement-apprentissage comme un « système » qui veut dire des interactions gèrent ce système, nous avons décrit le socioconstructivisme selon DOISE et MUGNY (1981). L'objet de notre étude tourne autour du concept de la proportionnalité utilisé dans les deux disciplines mathématiques et sciences physiques. Chaque discipline a sa spécificité, c'est ce que nous allons essayer d'éclaircir à la lumière des notions de cadre DOUADY (1986), l'espace de réalité MALAFOSSE et al (2001). Le concept de proportionnalité met en œuvre les différents registres sémiotiques (DUVAL 1993). La théorie des champs conceptuels de VERGNAUD (1991) nous permet de situer la notion de proportionnalité dans un réseau, un champ de concepts. Toute notre étude est centrée sur l'apprenant qui est le principal acteur de l'appropriation du savoir dans le « système », bien que notre étude ne soit pas psychosociologique, il faut tenir compte de tout ce que et qui construit l'apprenant, ce qui nous amène à l'approche ethnomathématiques de D'AMBROSIO

En deuxième partie, nous visons à décrire nos méthodes et techniques d'investigation pour la construction des données et leurs traitements. Ces données sont quantitatives et qualitatives. Nous avons choisi la triangulation observation-entretien-questionnaire. Le traitement des données nécessite la maîtrise d'outils statistiques, et nous sommes loin d'en être. La description qualitative de nos données est traitée par SPAD et EXCEL sous l'enseignement et guide précieux de Jean-Claude REGNIER. Cette partie relate les dire des enseignants et des élèves concernant le concept de la proportionnalité. Dans l'approche didactique ; elle décrit certaines séances de classe que nous avons observées.

En troisième partie, les deux premiers chapitres sont consacrés au développement de l'enseignement de la notion de proportionnalité selon les situations multiplicatives de VERGNAUD avec ses éléments significatifs tels que les tableaux et les graphiques. Cet enseignement précède l'analyse des questionnaires que nous avons soumis aux enseignants et élèves. Cet enseignement revêt les différents aspects des tableaux et graphiques qui sont les points forts des problèmes donnés aux enseignants et aux élèves.

CADRE THEORIQUE DE RECHERCHE

1. INTRODUCTION

L'approche que nous avons choisie nous conduit à faire référence aux travaux des didacticiens et psychologues. L'articulation des connaissances d'une discipline à une autre relève de la construction et de l'appropriation des propriétés d'une ou de plusieurs notions de chacune des disciplines par l'individu apprenant. La conceptualisation concerne l'élève mais aussi l'enseignant qui a en charge la présentation du concept à travers les situations didactiques conçues. Ce qui nous amène à considérer les interactions en classe entre le sujet apprenant et son environnement : les savoirs, toutes les médiations entre ces savoirs et l'apprenant, (physique et social dont l'enseignant, temporel et spatial).

Afin de donner du sens aux interactions en classe, nous considérons les situations d'enseignement d'un point de vue **socioconstructiviste**, l'enfant devant être accompagné par un adulte avant de pouvoir réalisé seul des tâches

Les situations d'enseignement et d'apprentissage sont un système mettant en interaction différents acteurs, comme l'indique BROUSSEAU, et il est important de considérer ce système globalement.

Au cœur de notre étude, se trouve la proportionnalité, que nous devons aborder tout à la fois du point de vue de l'élève, de l'enseignant, des mathématiques et de la physique.

Se pose tout d'abord la question de la **transdisciplinarité,** question qui s'est posée dès le master 2 quand j'ai travaillé sur la proportionnalité en France. Cette question se pose de manière identique à Madagascar, avec une difficulté supplémentaire liée à l'absence de formation initiale dans les écoles privées à Madagascar.

Cela nous conduit à prendre en compte des aspects liés **à la transposition didactique** autour de la proportionnalité: comment les programmes présentent-ils ce concept, qu'en est-il dans les manuels, et qu'en font les enseignants.

Afin de voir comment se construisent les situations d'enseignement de ce concept, et de prendre en compte le milieu avec lequel les élèves vont interagir, nous avons également mobilisé la **théorie des situations didactique** et les aspects liés au contrat, afin de voir quelle légitimité les élèves pouvaient avoir à mobiliser des outils mathématiques en classe de physique.

Toujours dans l'idée d'aborder les questions d'enseignement et d'apprentissage d'un point de vue systémique, **le cadre de rationalité** nous permet d'envisager tout à la fois les relations à établir entre mathématiques et physique pour construire du sens à ce concept, mais aussi entre ces deux disciplines et le vécu quotidien de l'élève. Cette approche est couplée avec l'**ethnomathématique** afin de comprendre les difficultés rencontrées par les élèves issues de la culture malgache, et plus particulièrement les aspects liés au langage. La prise en compte de ce cadre est d'autant plus importante quand on constate l'alternance fréquente par les enseignants des deux langues français et malgache, ce qui implique des significations différentes que les élèves doivent mettre en cohérence.

L'une des particularités de l'apprentissage des mathématiques et des sciences physiques est liée à la mobilisation de systèmes de représentations autres que le langage courant. C'est pour cette raison que nous avons intégré à notre cadre **les registres sémiotiques** qui sont porteurs de significations différentes selon les disciplines et les objets théoriques dont ils sont sensés être la représentation.

En lien avec les registres sémiotiques et le cadre de rationalité, nous avons souhaité prendre en compte **la théorie des champs conceptuels**: effectivement, la conceptualisation est liée à la manière de mobiliser les schèmes et dépend des cadres de rationalité mobilisés. Pour conceptualiser la proportionnalité, il est nécessaire de mettre en œuvre des schèmes permettant la conversion de tableaux en graphiques.

Suite à cette brève description de l'articulation des différents éléments de notre cadre théorique nous choisissons de présenter le rôle des interactions dans les situations d'enseignement et d'apprentissage. Ces situations impliquent une communication relationnelle entre au moins un élève ou apprenant et un professeur ou enseignant, centrée sur le savoir à s'approprier par l'élève et à transmettre par l'enseignant. C'est autour de cette communication ou relation interpersonnelle entre ces deux acteurs que se définiront les enjeux de réussite ou échec de l'enseignement.

2. ON APPREND AU CONTACT DES AUTRES

De par lui-même, par la valeur de la société malgache, l'interaction s'inscrit dans la vie quotidienne, le principe de la solidarité qu'ils appellent FIHAVANANA. « Le FIHAVANANA, correspond à un appel qui sourd sans cesse des profondeurs malgaches, pour stimuler l'homme à vivre et partager humainement son existence » DUBOIS (1978 p 124).

Nous supposons donc, que cette valeur peut avoir une influence jusque dans la collaboration en classe par les élèves. C'est pourquoi nous voulons étudier cette interaction des enfants en classe. Car dans une vie de groupe « céder devant l'avis des autres ne dénote nul manque de personnalité ou de courage ; ce n'est pas seulement, non plus, une preuve de savoir-vivre, mais une exigence de la condition humaine » DUBOIS (1978 p 97)

Notre travail ne s'inscrit pas dans une perspective de la psychologie sociale, où nous pourrions décrire, les traditions, les mœurs de l'élève. Nous tenterons pourtant, si cela s'avère pertinent de souligner certains effets. C'est donc sous l'influence de la théorie vygotskienne et de DOISE et MUGNY (1981) que nous portons quelques réflexions que : l'interaction transforme la structure cognitive de l'élève, et cette interaction est efficace sous des conditions requises.

2.1. Dimension sociale du développement de l'intelligence selon DOISE et MUGNY

DOISE et MUGNY continuent leurs travaux dans la double perspective de ceux de PIAGET et WYGOTSKY. Ils présentent que les interactions de l'enfant avec l'adulte ou avec un pair, est source de développement cognitif. Cette transformation ne s'effectue que si les interactions suscitent des conflits sociocognitifs. Cela suppose, entre les deux interactants une confrontation entre des conceptions divergentes. En prenant l'exemple de l'enfant, il ne reste pas passif à la confrontation de ses idées à celles des autres. Le désaccord ou le conflit lui apporte une réflexion, c'est le déséquilibre interindividuel au sein du groupe. Ce heurt avec l'autre éclaircit son esprit et le conduit à distinguer le subjectif de l'objectif.

Par ailleurs, on sait que pour PIAGET le développement de la pensée est en corrélation avec le développement social de la pensée. Et que WYGOTSKY affirme que le mouvement de la pensée va du social vers l'individuel. DOISE et MUGNY (1981 p 39) citent : « ce qu'un enfant peut faire aujourd'hui en collaborant avec autrui, il peut le faire tout seul demain », et eux de confirmer :

« En interagissant les uns avec les autres, ou avec les adultes, les enfants ne produisent pas seulement des organisations cognitives plus élaborées que celles dont ils étaient capables avant cette interaction, mais ils deviennent, après cette interaction, capables de reprendre tout seuls ces coordinations. Ces acquis devraient alors leur permettre de participer à des interactions plus complexes et de progresser le long de la spirale de la sociogenèse des opérations cognitives »

De leur côté, DOISE et MUGNY (1981 p 105), par leurs expériences, démontrent l'aspect interactionniste et en même temps constructiviste du développement mental de l'homme. « Lorsqu'une régulation purement relationnelle du conflit intervient (abandon de son opinion par un des partenaires), c'est au détriment d'un progrès cognitif. »

2.2. Principe de l'interaction pendant l'enseignement-apprentissage

- Au cours d'une action, les élèves ont des avis ou points de vue divergents. En ce moment, un ou plusieurs élèvent vont ce décentrer, de leur propre point de vue, et prendre en compte l'avis d'un tiers ;
- Il y a remise en question de ses propres représentations sociales, confrontation avec ce qu'il vient d'adopter.
- Pour qu'il y ait conflit, il faut qu'il y ait « centration » différente qui provoque le conflit, conflit sociocognitif.
- Des variables de contraintes peuvent favoriser le déclenchement du conflit,

DOISE et MUGNY (1981) expliquent que l'enfant, face à une divergence de position, doit avoir une certaine potentialité pour discerner cette divergence et pouvoir prendre position.

« Il semble nécessaire qu'un enfant puisse discerner en quoi sa position diffère de celle de son partenaire pour pouvoir profiter de sa participation à une interaction sociale menant à une nouvelle coordination des points de vue. Si coordination ne signifie pas annulation d'une centration existante, mais intégration dans une nouvelle régulation, il y a tout lieu de croire qu'une prise de conscience des différences entre sa propre centration et celle d'autrui est à la base d'une telle intégration ». (p 39)

2.3. Impact de l'interaction sur l'apprentissage

La notion de conflit sociocognitif désigne un conflit entre des éléments cognitifs et qui provoque chaque individu à une réaction.

- Réorganisation de ses raisonnements ou points de vue
- Si l'individu a déjà une maîtrise de certaines compétences, l'interaction sociale ne se produit pas.
- L'interaction sociale amène à une autonomie de l'individu, l'interaction mène de l'interdépendance à l'autonomie
- Des individus qui ont participé à l'interaction sociale pourront effectuer seul ces coordinations.
- « Le marquage social » influe sur l'interaction (question de bracelet)

2.4. Conditions de l'interaction

- Pour qu'il y ait efficacité de l'interaction, le sujet doit avoir un pré-requis sur le sujet à traiter, même si les niveaux sont différents.
- Il faut aussi un degré de conscientisation que son point de vue est différent de l'autre, et acceptation de la confrontation pour qu'au moment de la confrontation se fasse la coordination de points de vue, et la régulation
- Il faut que les deux individus acceptent de chercher la même centration
- Il faut qu'ils se comprennent
- Il ne faut pas qu'un des interactants ait un niveau beaucoup trop supérieur à l'autre, si non il n'y aura plus de recherche.

Il faut qu'entre les deux il y ait opposition d'idées, et qu'au moment donné, il arrive à un accord qui convainc qu'ils ont construit une connaissance commune

Nous admettrons dans la suite de notre travail que l'acquisition des connaissances et le développement intellectuel de l'individu se font dans et par l'interaction. Notre étude s'inscrivant en didactique, nous devons prendre en compte les contenus d'enseignement, à savoir dans notre cas, la proportionnalité. Cette notion est étudiée en mathématique et appliquée dans d'autres disciplines en particulier, les sciences physiques. Ce qui nous conduit à aborder à la fois, le point de vue de l'élève, de l'enseignant, des mathématiques et des sciences physiques. Ces points de vue imposent de considérer la question de transdisciplinarité. La transdisciplinarité peut être envisagée comme le fondement du transfert des compétences permettant l'articulation des deux disciplines mathématiques et sciences physiques.

3. PLURIDISCIPLINARITE, INTERDISCIPLINARITE, TRANSDISCIPLINARITE

VECCHI (1994, p. 207), nous signale que pour réfléchir sur des disciplines « il est important de prendre conscience que la réalité n'est jamais disciplinaire, mais qu'en dehors de l'enseignement, on se sert plutôt des disciplines pour appréhender la réalité », ce que confirme MAINGAIN A et DUFOUR B (2002). La transdisciplinarité est la base de transfert nous dit TARDIF (1999). Nous nous intéressons à deux disciplines, les mathématiques et les sciences physiques. La notion de cadre de DOUADY (1986) est notre repère, étayée par les notions de cadre de rationalité, espace de réalité de MALAFOSSE et al (2001). L'étude du cas de la proportionnalité, dans les deux disciplines, en tant que concept, est éclairée par la théorie des champs conceptuels de VERGNAUD (1991). Les représentations sémiotiques : énoncé, tableau, graphique, nous font recourir aux travaux d'analyse de DUVAL (1993), et tout cela dans une approche disciplinaire (BROUSSEAU 2004), ethnomathématique (D'AMBROSIO 2001) et interactionniste socio cognitive, DOISE et MUGNY (1981)

Les définitions étymologiques, *a priori* servent à éclaircir, dans un premier temps, nos réflexions sur les différentes analyses. Selon Larousse Dictionnaire encyclopédique, le préfixe « trans », tiré du latin veut dire « au-delà », « à travers », marquant en composition le dépassement, le passage, le changement. Le préfixe « inter » tiré du latin, qui veut dire « entre », exprime une situation dans l'espace ou le temps (l'espacement, la répartition), la réciprocité ou une relation quelconque. Le préfixe pluri : élément du latin « plures », plusieurs, réunit, porte sur plusieurs objets. Ces premières définitions sont toutes, bien insuffisantes pour comprendre le rôle de ces approches dans l'apprentissage, compte tenu de la diversité des termes utilisés. Nous proposons dans un premier temps de préciser comment ces approches sont utilisées dans l'enseignement et la recherche.

3.1. Pluridisciplinarité

La pluridisciplinarité, n'est pas une approche didactique. Dans un travail pluridisciplinaire, plusieurs disciplines sont réunies pour voir un objectif à faire coïncider les disciplines sur un même objet. Prenons l'exemple du Cycle III CMI et CMII, au primaire. En matière Français, on prend le thème des travaux des champs, en mathématiques, les énoncés des situations problèmes décrivent des situations autour des travaux des champs, les sciences de la vie et de la terre parlent de plantes. Au collège donc, chaque enseignant entreprend l'objet selon sa discipline. On peut considérer une juxtaposition des disciplines comme BOURGUIGNON (1997) (annexes du document synthèse CIRET –UNESCO) stipule « dans la pluridisciplinarité plusieurs disciplines s'associent pour étudier un objet commun dont aucune ne peut observer tous les aspects avec les seules techniques dont elle dispose ».

Cette association des disciplines n'atteint pas le processus d'apprentissage, c'est un état. C'est une coopération de différentes disciplines pour la compréhension d'un objet. C'est aussi un regard systémique d'un objet mais qui doit faire appel à l'interdisciplinarité et la transdisciplinarité dans le contexte de transfert des connaissances par l'élève.

3.2. Interdisciplinarité

3.2.1. L'interdisciplinarité : un mouvement

L'interdisciplinarité fait appel à un foisonnement de disciplines qu'on confronte pour construire un objet commun entre elles. Il y a interaction, interconnexion, interdépendance entre ces disciplines. En faisant référence à la théorie des ensembles, l'intersection de deux ou plusieurs ensembles sont des éléments communs aux ensembles. Nous pouvons admettre qu'entre plusieurs disciplines il existe des éléments communs tels que des connaissances, des compétences, des méthodes, des démarches. C'est-à-dire, des connaissances procédurales et des connaissances déclaratives. BOURGUIGNON (1997) expliques que c'est un lieu et un moment

« d'échange de savoirs qui est à favoriser, non pas dans la perspective de reproduire la démarche de quelqu'un d'autre , mais bien, de la connaître pour la remalaxer , pour stimuler la re-création individuelle et collective pour engendrer un véritable métissage méthodologique »

Dans l'interdisciplinarité, l'échange entre les disciplines est prévisible dans le temps et dans l'espace. G. GUSDORF (1984) dans le colloque international, à l'Université de Liège, Psychologie et Science de l'Education, explique que « le terme interdisciplinarité évoque un espace commun, un facteur de cohésion entre des savoirs différents ». Chacun se déplace pour accueillir l'autre, un deuil du sien jusqu'à son propre langage, dépasser sa discipline et rencontrer l'autre différent. Cette démarche suppose un dialogue pour arriver à une construction de savoir commun

3.2.2. L'interdisciplinarité chemin de construction des savoirs

L'interdisciplinarité est dans le champ de recherche de plusieurs agents des Sciences de l'Education. Ils ne cessent d'évoquer qu'il est urgent de penser interdisciplinarité. VECCHI (1994) souligne que pour apprendre à apprendre, « il est important de prendre conscience que la réalité n'est jamais disciplinaire, mais qu'en dehors de l'enseignement, on se sert plutôt des disciplines pour appréhender la réalité ». Ce n'est pas parce qu'un élève de la fin du primaire maîtrise l'algorithme de l'addition, que dans une résolution de situation de problème il s'en sort automatiquement. L'algorithme est une connaissance comme une autre, mais la compréhension de l'énoncé du problème requiert la maîtrise de la lecture en tant que déchiffrement de mots, puis de la construction de sens de ce qu'on lit. Il suffit d'un vocable incompris dans le texte pour mettre l'élève en difficulté dans la résolution de problème. Ce n'est pas les mathématiques seules qui les ont appris à lire ; et à mettre du sens dans cet énoncé du problème. Et le raisonnement logique pour la compréhension totale de la situation ? La confrontation avec les autres disciplines valide les acquisitions dans une discipline donnée. VECCHI (1994) nous conduit plus loin en disant qu'

« Il devient urgent de construire un langage pédagogique commun, et de définir un ensemble de connaissances interdisciplinaires qui seraient traitées dans différentes matières en utilisant les outils et techniques propres à chacune ».

3.2.3. L'interdisciplinarité transfert de méthode

Le dialogue entre les différentes disciplines décrit de part et d'autre la méthode et technique dans l'objectif d'adapter respectivement ces méthodes. Ce dialogue, en outre, détermine les modes d'application dans les disciplines pour que ces connaissances ne soient pas juste « apposition », mais que soit « malaxer » pour produire et féconder.

Du côté de l'élève, prenons l'exemple de la dissertation en français. Dans cette tâche, il doit découvrir le problème à résoudre, en se posant des questions. De même, face à une situation problème à résoudre en mathématiques, il doit se poser des questions pour découvrir la situation problème. En méthode, il y a donc une interdépendance entre les deux matières, mais faut-il seulement que l'élève s'en rende compte. Il est « impossible d'isoler une discipline. Les disciplines doivent être en relation les unes avec les autres » nous confirment NICOLESCU B (1994). L'interdisciplinarité enrichit l'élève. Cette méthode est interface, pont, ou passe d'une discipline à une autre. L'objectif, c'est privilégier l'élève dans l'enseignement-apprentissage, à construire des savoirs, d'une manière variée. ASTOLFI

(1993) nous exprime qu' « apprendre c'est établir un réseau » en prévision du transfert des connaissances. En conclusion, nous sommes de l'avis de KOURLISKY (2003) que « l'acquisition d'une compétence requiert la contribution de plusieurs disciplines et réciproquement, une discipline contribue à l'acquisition de plusieurs compétences ».

3.2.4. L'interdisciplinarité et la complexité

Toute nouveauté demande un effort de la part de celui qui veut l'adopter. L'interdisciplinarité ne s'acquiert pas sans difficultés. Dans l'enseignement-apprentissage, il nous semble que cela engage surtout l'enseignement, car l'élève pense interdisciplinaire selon la méthode qu'on lui présente. Il y a complexité car le groupe pédagogique doit fournir analyse du travail, combinaison de méthodes, stratégies, et techniques. Cela ne signifie pas égalité et unification des disciplines, ni perte identitaire. KOURLISKY (2003 p 12) nous prévient qu'

« *un chercheur qui choisit l'interdisciplinarité prend le chemin difficile et risqué. Il quitte son milieu culture et professionnel d'origine. Après une longue formation, il doit non seulement tenir à jour ces connaissances dans sa propre discipline mais se familiariser avec un nouveau domaine jusqu'à le maîtriser parfaitement* ».

Le fait d'accepter l'interdisciplinarité suppose de quitter la routine conceptions, habitudes, pour analyser sa façon de faire et s'adapter à l'autre. Des expériences professionnelles font qu'on est spécialiste dans notre discipline. Cette spécialité est à mettre à jour, valider sa cohérence avec l'autre. Nouveau regard sur la discipline, nouvelle mode de collaboration, ce n'est pas seulement la matière qu'il faut tirer de l'isolement mais l'enseignant lui-même. Car

« *Certaines situations ne peuvent être maîtrisées dans un paradigme disciplinaire particulier et nécessitent l'articulation de différents apports disciplinaires. Ce regard intégrateur, reliant les disciplines, constitue bien une grille de lecture spécifique, déterminant une façon d'investiguer le réel et de construire des savoirs* » nous explicitent MAINGAIN et DUFOUR (2002).

3.3. Transdisciplinarité

3.3.1. Transdisciplinarité : penser au-delà des disciplines

La transdisciplinarité, comme le préfixe trans signifie « au-delà », « à travers », nous amène à penser à la transversalité. De prime abord « la transdisciplinarité repose sur le comportement de l’individu qui utilise ses connaissances et compétences pour se représenter le monde » RAMANANDRAISOA (2008). Pendant l’enseignement-apprentissage, l’individu construit des connaissances, mais ces connaissances et compétences restent conglomérat d’objets qui se détérioreront s’il ne l’utilise pas.

L’individu doit communiquer, mobiliser ses compétences pour appréhender la réalité de par son initiative. Pendant l’appropriation des savoirs, l’individu s’imprègne des compétences des différentes disciplines. Par son habileté, il mettra en cohérence toutes ces compétences au-delà, et en dehors des disciplines pour les utiliser dans la vie quotidienne. Un élève qui apprend à résoudre des situations problèmes, acquiert certaines compétences qui ne sont pas dictées dans la résolution de problème telles que : la démarche, le raisonnement la logique, la rigueur. Celles-ci sont d’autres compétences que nous considérons comme des compétences transversales.

« La transdisciplinarité : c’est une stratégie de dépassement qui s’emploie à rechercher l’unité à la fois subjective et objective des connaissances » RESWEBER (2000). Objective, car l’individu fait l’unité en soi-même, de sa personnalité. Ce dépassement de la discipline fait l’émancipation de la personne (l’accomplissement). Objective en utilisant les savoirs acquis dans différentes disciplines, l’individu ne trie pas le lien ou le moment de l’utilisation de ses compétences. Il adopte des positions, des démarches ou des stratégies cohérentes à la réalité à appréhender.

La transdisciplinarité : c’est un comportement que l’individu acquiert pendant l’enseignement-apprentissage et qu’il doit mobiliser en temps opportun.

3.3.2. Transdisciplinarité : acquisition de compétences communes

Pendant l’enseignement-apprentissage, l’individu construit une signification des connaissances. Nous supposons que les disciplines ont de signification, du sens pour l'apprenant lorsque celui-ci sait le mobiliser, l’utiliser dans l’appréhension de la réalité autre que celle de la discipline source nous explicite MORO, RICKENMANN (2004). Et MEIRIEU d’ajouter, que le savoir se transmet et s’acquiert avec une méthode mise en œuvre par l’individu et l’enseignant. Cette acquisition est pertinente lorsque l’apprenant peut se passer de la médiation. L’individu lui-même la décompose en compétences procédurales, déclaratives selon le champ d’application, après une transparente identification de la situation. Il y a donc cohérence, unité et globalité des compétences.

3.3.3. La transdisciplinarité : un levier pour un transfert de compétences

L'objectif de l'enseignement, c'est que l'apprenant puisse acquérir des connaissances et les faire siennes pour que dans la vie sociale il puisse les utiliser. Prenons l'exemple de la notion de proportionnalité : objet de notre étude. L'apprenant acquiert la notion en mathématique. Il assimile avec la notion, la logique du raisonnement afférente. Il applique cette notion en physique, exemple, dans le thème de la masse volumique. Il pourra ensuite étendre cette acquisition dans d'autres cas (MAINGAIN, DUFOUR 2002).

Ces compétences sont transférées par l'individu par son habileté de mettre le lien entre les différentes informations transmises par l'enseignant. Ce sont des compétences dans leur globalité qui se déplacent d'un champ disciplinaire à un autre précise, (MAIGAIN, DUFOUR 2002). « La transdisciplinarité concerne le transfert d'un champ disciplinaire à un autre, de concepts, de modèles théoriques, de démarches, d'instruments, d'analyse, de schèmes cognitifs, de techniques, de compétences. » nous concevons que c'est en ce moment surtout qu'il y a articulation des différentes connaissances par l'apprenant. Mais MAINGAIN, DUFOUR (2002, p. 208) nous mettent aussi en garde que

« *l'ancrage d'une connaissance ou d'une compétence dans une situation particulière permet souvent de lui donner du sens, ce qui est loin négligeable. Cependant, il faut être conscient qu'un tel ancrage rend encore plus difficile le transfert, en particulier lorsqu'il s'agit de procéder à un transfert entre disciplines* »

Pluridisciplinarité, interdisciplinarité, transdisciplinarité ont un objet commun, c'est la centration sur la discipline.

La pluridisciplinarité c'est la recherche d'un même objet, sans qu'il y ait interaction ni articulation de ces disciplines, c'est la mise en œuvre de l'organisation pédagogique autour d'un objet.

L'interdisciplinarité est un mode d'établissement de la relation entre les disciplines, interaction entre deux ou plusieurs disciplines. Recherche de collaboration entre les disciplines.

La transdisciplinarité est une stratégie de dépassement des disciplines à la recherche d'une unité de connaissances et qui engage le comportement de l'individu.

3.4. Transfert de compétences

Année après année, l'enseignant espère que l'apprenant qu'il puisse réinvestir les acquis de connaissances ou de compétences de la classe antérieure. La déception survient parfois quand l'apprenant n'arrive pas à utiliser comme outils les pré-requis de l'année précédente. La question de transfert reste une préoccupation majeure. Le problème se pose à tout niveau. En session de formation des stagiaires maîtres bacheliers (Madagascar), nous avons constaté qu'à chaque fois, nous faisons un test de niveau académique. Nous posons toujours les mêmes questions, et nous faisons faire les mêmes tâches : définir ce qu'est une hauteur dans un triangle, et ce que sont des droites parallèles. Nous constatons qu'un individu sur 30 peut répondre à chaque question. Ainsi notre question se pose, est-ce cela le non transfert de connaissances ou de compétences? Qu'est ce que le transfert ? Quoi transférer ? A quelles conditions il y a transfert ? Et enfin, quel processus pour transférer ? Nos questions ne sont pas exhaustives, mais ce sont celles auxquelles nous allons essayer de répondre.

Nous parlons de connaissances, mais il nous paraît plus adapté de parler de compétences bien que la définition du terme compétence ne fasse pas toujours consensus parmi les des différents auteurs.

3.4.1. Définition

Le transfert : c'est l'action de transférer, c'est-à-dire déplacer un objet, d'un lieu vers un autre lieu. Cette définition doit être replacée dans un contexte pédagogique. Différents auteurs utilisent l'objet à transfert selon leur conception. Selon MEIRIEU (2005), PERRENOUD (2001), il s'agit d'un transfert de connaissances. Selon TARDIF (1999), il s'agit plutôt de transfert d'apprentissage. Pour MAINGAIN, DUFOUR (2002), ils sont plus pour le transfert de compétences. Pour chacun de ces auteurs, il y a déplacement d'un objet : le transfert n'est pas statique mais dynamique. Cela qui nous conduit aux schèmes d'actions de Piaget

"Les actions, en effet, ne se succèdent pas au hasard, mais se répètent et s'appliquent de façon semblable aux situations comparables. Plus précisément, elles se reproduisent telles quelles si, aux mêmes intérêts, correspondent des situations analogues, mais se différencient ou se combinent de façon nouvelle si les besoins ou les situations changent Nous appellerons schèmes d'actions ce qui, dans une action, est ainsi transposable, généralisable ou différenciable d'une situation à la suivante, autrement dit ce qu'il y a de commun aux diverses répétitions ou applications de la même action" PIAGET 1975 p 23)

Donc, c'est la capacité d'un individu de réinvestir ses acquis dans de nouvelles situations. Nous n'abordons en aucune la perspective psychanalytique qui attribue au concept de transfert une signification cadrée par les théories psychanalytiques.

Pendant l'apprentissage, quand l'apprenant est capable de faire le transfert de ses acquis, c'est un des critères qui marque l'efficacité de la situation d'apprentissage. MEIRIEU (1999) ajoute, la qualité du transfert d'un individu nous informe sur le degré de son autonomie, car la capacité de transfert des connaissances et compétences, permet à l'apprenant de se dégager des liens et de la médiation pour son développement individuel. Et lui de continuer, « transférer les connaissances : consiste à s'interroger sur les conditions qui permettent à un sujet de réutiliser des connaissances acquises dans une situation pédagogique, ailleurs et à sa propre initiative » MEIRIEU, (Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation) (2005). Pour conclure, optons l'avis de MEIRIEU (1996) que « le transfert ne constitue pas seulement la phase terminale de l'apprentissage, mais qu'il est présent tout au long de l'apprentissage. Pour apprendre, se former, il convient de transférer en permanence, depuis la représentation jusqu'à la réutilisation ».

3.4.2. Quoi transférer ?

En général, l'enseignement est composé « des connaissances procédurales », « des connaissances déclaratives ». Nous empruntons les conceptions de DEVELAY (1996) ; en parlant de « compétences méthodologiques » et « compétences notionnelles ». En ce sens, transférer engage le comportement de l'apprenant et l'objet de la discipline à transférer. Transférer des connaissances, n'est pas transférer des îlots de connaissances. Le transfert est dynamique, c'est un dialogue, une démarche comme le dit TARDIF (1999). Nous sommes entre les mots : connaissances, savoirs, compétences, apprentissages. Nous utilisons le mot compétences car toutes les connaissances ne sont pas transférables, nous explicitons ci-après. Prenons le cas de la proportionnalité, en classe de 5ème, car c'est cette notion qui est à transférer des mathématiques vers les sciences physiques. Pour résoudre un problème de la proportionnalité, on suppose que l'élève de 5ème maîtrise les notions suivantes : situation de proportionnalité, grandeur, fonction, opérateur multiplicatif, quotient, coefficient de proportionnalité, tableau, graphique. Nous ne sommes pas exhaustifs pour la liste. Pour adopter le point de vue de DEVELAY (1996), nous les appelons compétences notionnelles. Savoir calculer, savoir utiliser le tableau, faire correspondre le tableau et le graphique, nous les classons parmi les compétences méthodologiques. Mais ces compétences notionnelles et méthodologiques doivent être aussi cohérentes, cette habileté sera la compétence cognitive.

Toutes ces compétences précitées ne sont pas toutes transférables. Les compétences à transférer d'une situation « source » vers une situation « cible » dépendent de beaucoup de choses. C'est la compétence cognitive qui permet de distinguer, déterminer ce qu'il faut transférer. L'ancrage des compétences, connaissances rend difficile le transfert.

Dans certains cas les objets des connaissances ne sont pas transférables. Dans le cas de la proportionnalité, la situation de proportionnalité est énoncée comme suit « si tous les points représentant les colonnes d'un tableau sont situés sur une droite passant par l'origine du repère, alors ce tableau est un tableau de proportionnalité » (MATH 5^{èmE} CIAM). Pour déplacer cette notion en physique, l'élève retiendra : « la droite passant par l'origine du repère ». Dans l'exercice test que nous leur avons donné à faire, nous avons pris l'allongement d'un ressort d'un dynamomètre. Par suite de plusieurs expériences, la répétition des essais, la raideur du ressort varie, ce qui fait une imprécision dans la mesure. Dans le traçage de la droite, tous les points n'étaient pas sur la même droite, mais approchés. Les élèves ont transféré la notion de droite alignée à l'origine et ont trouvé la non proportionnalité de l'allongement du ressort et de la masse suspendue au dynamomètre. Outre l'ancrage des connaissances la « décontextualisation, la recontextualisation » ne sont pas maîtrisées par les élèves.

3.4.3. Condition de transfert

Deux facteurs déterminants dans le transfert de compétences : l'apprenant et l'enseignant. *« Le transfert ne se fait pas automatiquement. Pour mobiliser une compétence et qu'il se produise un transfert des apprentissages, il faut que le sujet puisse s'approprier le savoir, et donner du sens aux situations scolaires ou professionnelles. Le sujet opère une relation entre un domaine source et le domaine cible, pour pouvoir réinvestir une compétence déjà acquise* ».(ORVOINE C 2006)

L'apprenant doit être conscient de la tâche à réaliser. Il est l'acteur principal. Est-il avisé pour le transfert ? Est-ce que son milieu lui permet de faire le transfert ? Milieu didactique, physique, psychologique, environnemental ? Est-ce qu'il a du plaisir à l'apprentissage ? Est-ce que le contenu de l'apprentissage a du sens pour lui ? Dans la capacité du traitement des tâches proposées : est-ce qu'il est capable d'accéder à sa mémoire à long terme ?, est-ce que l'acuité de sa mémoire de travail est assez puissante pour réaliser les tâches proposées ? Est-ce qu'il intègre les acquis pour pouvoir identifier la situation problème pour adapter l'outil à sa disposition. PERRENOUD (2001) remarque la pertinence de ce travail d'identification des structures des problèmes pour adapter les outils correspondants.

Car mobiliser les connaissances dit-il n'est pas seulement utiliser et appliquer. C'est bien plus, l'apprenant doit « conduire un ensemble d'opérations mentales complexes » : différencier les éléments à faire correspondre, généraliser les règles et lois à appliquer. Différencier en reconnaissant les similitudes entre les tâches cibles et tâches sources afin de faciliter le transfert. C'est là que jouent un rôle important des registres sémiotiques selon DUVAL (2003). Si l'apprenant a utilisé plusieurs registres pendant l'apprentissage, il a beaucoup plus de chance de retrouver l'analogie pour la coordination des registres, car il a large choix.

Et d'autre part, le transfert des compétences « dépend de la créativité de l'enseignant dans l'élaboration de situation de transfert ». Cela suppose une perspicacité de l'enseignant pour « différencier » H PRZESMYCKI(2004) les contenus de l'apprentissage à transmettre, les processus à suivre dans l'objectif de laisser l'apprenant autonome dans la construction et l'appropriation des compétences. Capacité de l'enseignant « à tenir compte des caractéristiques, des connaissances, et des habiletés de l'apprenant ». Donner la possibilité à l'apprenant de trouver confiance pendant l'apprentissage : organisation, assimilation, approfondissement, situation d'auto-évaluation. Tout cela c'est un environnement pour la transférabilité des compétences.

3.4.4. Processus composant la dynamique du transfert des apprentissages :

Le transfert des compétences implique nécessairement des « opérations mentales ». TARDIF (1999) décompose cette démarche en sept étapes distinctes et interactives

3.4.4.1. Encodage des apprentissages de la tâche source

L'encodage de la tâche source consiste à construire du sens aux nouvelles connaissances dès le premier apprentissage. Elles doivent être considérées comme transférables par l'apprenant. Cela suppose que la tâche source est maîtrisée, bien identifiée s'il s'agit de connaissances procédurales ou déclaratives, structurée pour faciliter le transfert. L'intégration de chaque élément de la tâche source l'organise en connaissance mobilisable mais pas comme un îlot à transférer, contenu, stratégie, démarche. Dans le cas de la proportionnalité en mathématique, il y a les éléments principaux : les grandeurs qui sont la base de ce concept, le coefficient de proportionnalité, constant, la reconnaissance de la situation de proportionnalité par rapport à un tableau ou un graphique, la correspondance de ces deux éléments, c'est-à-dire la conversion du tableau en graphique ou du graphique en tableau. Nous ne voulons pas être exhaustive dans la description, ce qu'exige l'encodage.

PROCESSUS

1. Encodage des apprentissages de la tâche source
2. Représentation de la tâche cible
3. Accessibilité aux connaissances et aux compétences en mémoire à long terme
4. Mise en correspondance des éléments de la tâche cible et de la tâche source
5. Adaptation des éléments non correspondants
6. Evaluation de la validité de la mise en correspondance
7. Génération de nouveaux apprentissages.

TARDIF (1999) p 72

Figure 1 : Processus de transfert selon Tardif (1999) p 72

3.4.4.2. Représentation de la tâche cible

La représentation de la tâche cible, c'est le problème à résoudre. « Il doit nécessairement distinguer les données importantes des données secondaires, de même que les données structurelles des données superficielles » TARDIF (1999). En physique, en classe de 5ème à Madagascar, c'est déterminer la masse volumique d'une substance, d'un liquide ou d'un solide qui est la tâche cible. Cette tâche passe par des manipulations, pesage et mesure de volume. Prendre en compte l'expression des résultats en tableau et le reportage de ce tableau en graphique. La caractéristique du problème c'est la concrétisation de la tâche. La représentation est la compréhension de la situation, « une construction d'une représentation particularisée » (RICHARD 2005), qui retient les propriétés caractéristiques de la situation problème.

3.4.4.3. Accessibilité aux connaissances et aux compétences en mémoire à long terme

Pendant la séance d'apprentissage des sciences physiques, l'apprenant « inventorie dans la mémoire à long terme les outils cognitifs, les connaissances et compétences dont elle dispose et qui sont susceptibles de contribuer à la résolution du problème ». L'expression en tableau des résultats dans la tâche cible éveille le souvenir de la tâche source, de même le graphique, c'est l'importance des divers registres (DUVAL 2003) dans les acquisitions des compétences.

3.4.4.4. *Mise en correspondance des éléments de la tâche cible et de la tâche source*

Quand les deux tâches sont appréhendées séparément, il est temps de les mettre face à face, pour établir les liens, voir les similitudes, identifier les différences. L'accessibilité aux connaissances et aux compétences en mémoire en long terme a déjà étayé la mise en correspondance des deux tâches. Dans le cas de la proportionnalité, ce sont les éléments de ces concepts. S'il présente quelques obstacles à cette mise en correspondance entre les deux tâches, du caractère du processus interactif, le retour à l'étape antérieure s'avère nécessaire pour bien préciser la situation. Cette mise en correspondance n'est pas l'analogie systématique des éléments, voir les nuances qui pourront empêcher le transfert. Dans l'expérience que nous avons, dans notre observation, le cas de l'allongement d'un ressort, l'analogie systématique n'est pas de mise, car après plusieurs pesage, le ressort perd de son élasticité, d'où la différence dans la précision du pesage.

3.4.4.5. *Adaptation des éléments non correspondants.*

Dans le cas de la proportionnalité, objet de notre observation, l'adaptation des éléments non correspondants s'est concrétisée par la situation de proportionnalité représentée par le graphique. En mathématique, tâche source, la droite formée par les points, passant par l'origine du repère est la validation de la situation de proportionnalité. En physique, en prenant l'allongement du ressort, l'imprécision est apparue après les pesages réitérés. Mais le cadre physique valide cette situation.

3.4.4.6. *Evaluation de la validité de la mise en correspondance*

Pour qu'il y ait transférabilité, la mise en correspondance doit être possible. Il y a validité quand chaque élément significatif de l'élément source trouve sa correspondance dans l'élément cible.

3.4.4.7. *Génération de nouveaux apprentissages.*

Nouveaux apprentissages pour les élèves de la $5^{ème}$, les quotients sont égaux à des erreurs près. C'est l'imprécision dans les mesures. Nouvelles connaissances pour les élèves de $5^{ème.}$

Masse (en g)	200	250	300	350	400
Allongement (en cm)	1,2	1,6	1,8	2,2	2,8

Deux sortes de calcul étaient faites par les élèves

- 200/1,2 = 166,66 250/1,6= 156,25 300/1,8=166,66
- 350/2,2= 159,09 400//2,8=142,85

1,2/200= 0,006 1,2/250=0,0064 1,8/300=0,006 2,2/350= 0,0062

2,8/400=0,007

La transdisciplinarité est la base du transfert selon TARDIF (1999). DEVELAY (2006) explique que « *l'interdisciplinarité peut mener à la transdisciplinarité à condition de clarifier ce qui peut être commun, au niveau des concepts et des connaissances procédurales de différentes disciplines.* » Pour certains enseignants cette interdisciplinarité et transdisciplinarité sont abordées comme la juxtaposition des disciplines ou la recherche de ce qui peut rapprocher les différentes disciplines. Concernant la proportionnalité au centre de notre étude, nous recherchons les éléments qui contribueraient à éclaircir cette transdisciplinarité au delà du programme scolaire. Parmi ces éléments, nous pensons qu'il est important de prendre en compte les savoirs que l'enseignant transmet à travers les différents manuels. Cette étude peut être conduite sur la base du concept de la transposition didactique initialement introduit par VERRET (1975).

4. CONCEPTS DE LA DIDACTIQUE DES MATHEMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES

4.1. La transposition didactique

Le temps est révolue de parler seulement de l'enseignant et de l'enseigné dans l'enseignement-apprentissage. Notre approche didactique nous appelle à prendre conscience des savoirs et connaissances que l'élève a à transférer dans l'articulation des connaissances acquises en mathématiques dans les sciences physiques. Le concept de transposition didactique est opportun pour étayer notre analyse. CHEVALLARD (1991) précise à chaque fois, dans ses discours, qu'il s'agit de « système didactique », ou encore de « système d'enseignement ». Le savoir enseigné aux élèves n'est pas à la seule responsabilité de l'enseignant. Le savoir produit par le chercheur n'est pas le savoir à enseigner. Le savoir à enseigner n'arrive pas tel qu'il est prévu par l'enseignant chez l'enseigné. La transposition didactique est une balise pour les acteurs de la didactique.

Pourquoi de la transposition didactique ?

La notion de transposition didactique a été introduite par VERRET (1975), un sociologue. Sa première question était la réorganisation du savoir et les contraintes institutionnelles. C'est-à-dire, pour introduire un objet dans la pratique d'enseignement, cet objet mérite une transformation pour être objet d'enseignement. Cette notion a été reprise par CHEVALLARD (1991) et développée au sein de la didactique des mathématiques. « *Un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir à enseigner subit des lois, un ensemble de transformations adaptatives qui vont rendre apte à prendre place parmi les objets d'enseignement. Le « travail » qui d'un objet de savoir à enseigner, fait un objet d'enseignement est appelé la transposition didactique* » CHEVALLARD (1991 p 39). Cette transposition didactique fait l'objet d'analyse des didacticiens. DEVELAY (1992 p 25), ne se contente pas de voir la transformation subite par le savoir savant (domaine de la communauté scientifique) en savoirs scolaires. Il complète l'analyse en introduisant les pratiques sociales de référence, idée développée par MARTINAND (1981).

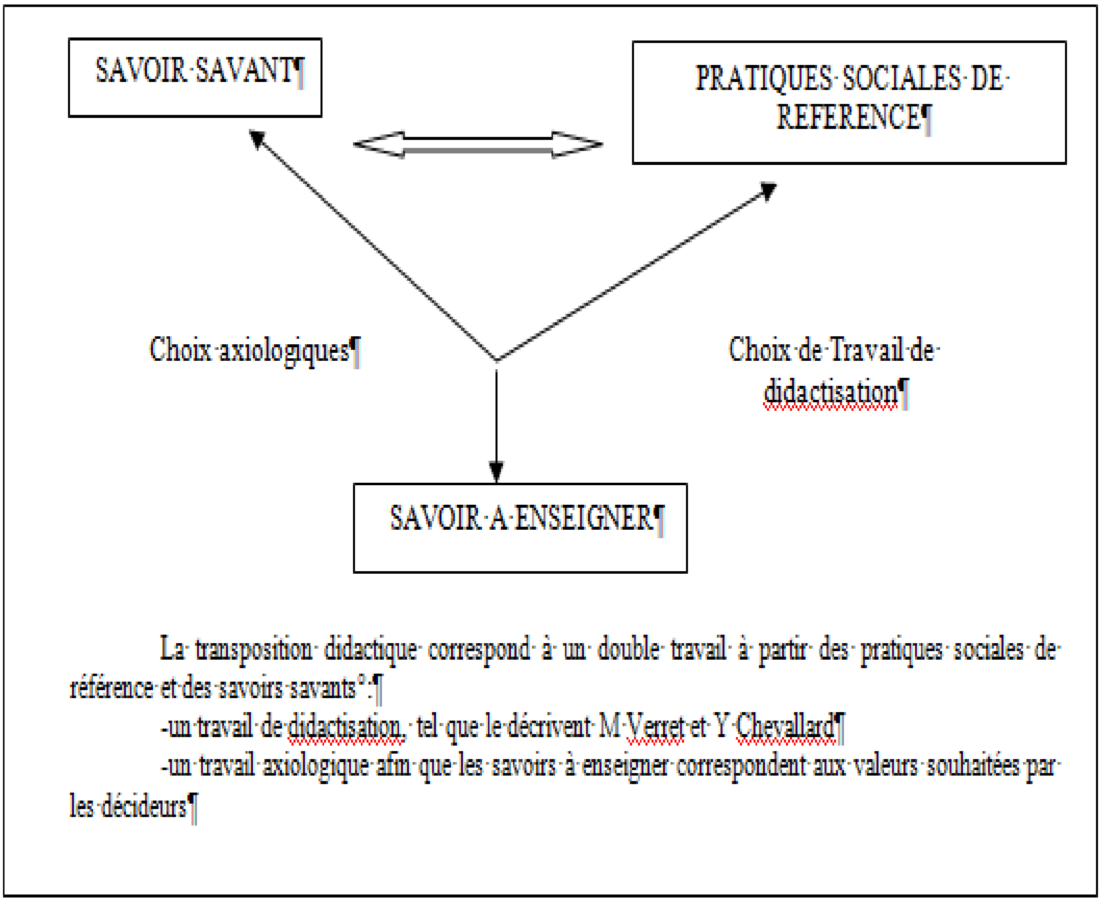


Figure 2 : Axiologisation et didactisation selon DEVELAY (1992)

PERRENOUD (1998) continue l'analyse partant de ces pratiques sociales de référence jusqu'au processus d'apprentissage, d'appropriation, de construction des savoirs et des compétences chez les élèves

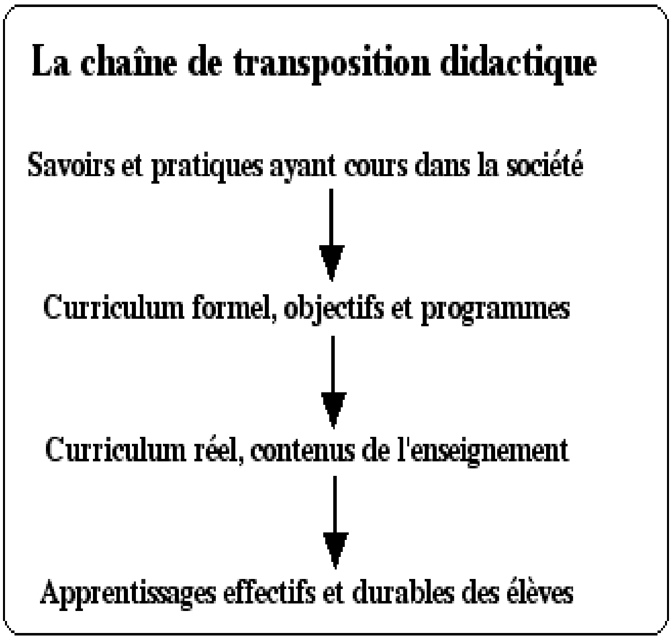


Figure 3: Etape de la transposition didactique selon PERRENOUD (1999)

4.1.1. Explication

« *Chaque société, considérée, à un moment déterminé de son développement, a un système d'éducation qui s'impose aux individus avec une force généralement irrésistible. Il est en vain que nous pouvons élever nos enfants comme nous le voulons. Il y a des coutumes auxquelles nous sommes tenus de nous conformer* » DURKHEIM (1992 p 41).

En chaque individu, il y a deux êtres, explique Durkheim, il y a l'être individuel, sa personne, sa personne distincte de l'autre, et il y a l'être social, le groupe auquel nous appartenons. Ce groupe nous forme, et l'éducation nous apprend comment vivre dans ce groupe. C'est ainsi qu'il existe des savoirs adaptés à chaque société. Mais ses savoirs ne peuvent pas être enseignés tels qu'ils sont nous dit VERRET (1975), il faut que ses savoirs passent par une transformation, cette transformation est adaptée à chaque société qui veut l'appliquer c'est ce qui devient savoir à enseigner. Ce sont les pratiques, les habitudes, les besoins de cette société qui vont déterminer et préciser les savoirs à enseigner et les savoirs enseignés. C'est cet « ensemble d'activités sociales » que sont les pratiques sociales de références et qui permettront aux enseignants et élèves de donner sens à leurs activités d'enseignement apprentissage. C'est ce qu'explique DEVELAY (1992 p 29) dans ce qu'il appelle « choix axiologique » et « travail de didactisation ». La transposition didactique, à partir des pratiques sociales de référence et les savoirs savants, cherche à adapter ce qu'il faut enseigner, aux valeurs de la société. C'est le travail du « noosphère » comme le précise CHEVALLARD. Avant que ces savoirs arrivent entre les mains des enseignants, le programme scolaire est déterminé par le Ministère, les experts de l'enseignement.

DEVELAY propose d'étendre le champ de cette transformation.

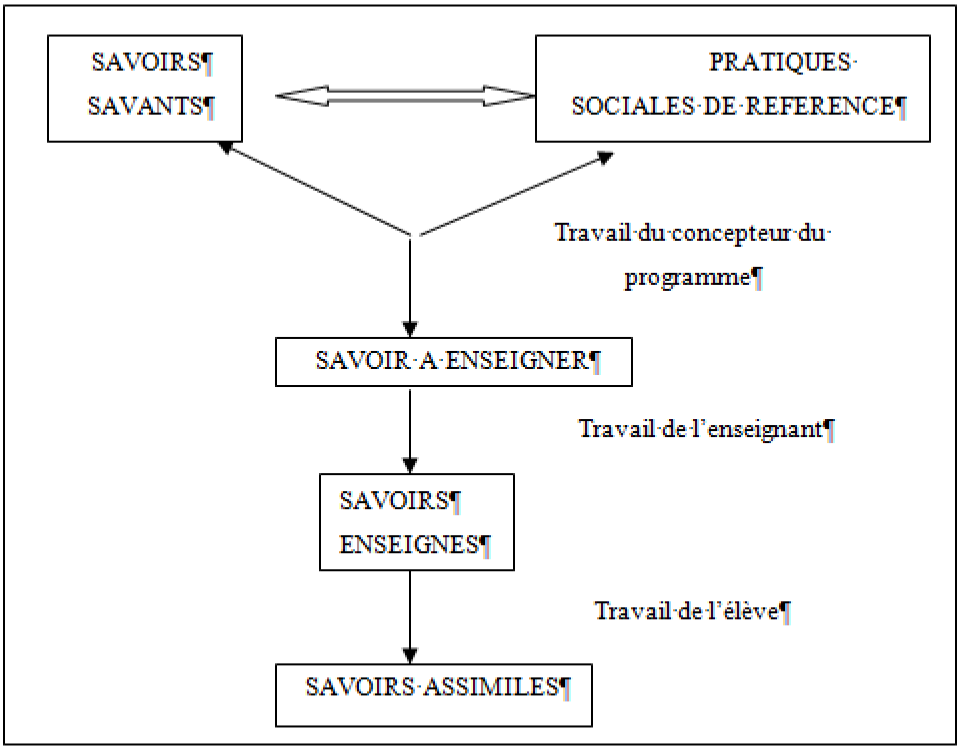


Figure4. Les différents degrés de la transposition didactique selon DEVELAY

La première transformation est la transposition externe, la transformation des savoirs savants en savoir à enseigner. Conception du programme scolaire Elle est réglée par le « noosphère » CHEVALLARD (1990), ce sont les personnes qui pensent à ce qu'il faut donner aux enseignants, ce sont les inspecteurs, les concepteurs de manuels, les gens du ministère ou les représentants du système éducatif. Elle n'atteint pas encore l'enseignement ni le champ de l'école. C'est le travail des didacticiens, les experts qui vont le transformer en programme officiel. Le texte du programme est le texte de référence qui va permettre à l'enseignant d'élaborer le contenu à enseigner.

La deuxième transformation est la transposition interne. Elle est le travail des enseignants, à partir du programme, les enseignants organisent, interprètent les contenus des savoirs à enseigner, par la planification trimestrielle, mensuelle, journalière même. Le savoir est réparti par l'enseignant en chapitres, en thèmes et en séance avec ses objectifs. Comment l'enseignant met en œuvre le savoir diffusé dans le programme pour qu'il soit accueilli par l'élève ? Le contenu peut subir beaucoup de transformations. Cela dépend de l'enseignant, son rapport au savoir et tout autre facteur, le temps, le milieu ; l'environnement, les élèves qui vont acquérir le savoir. Cela peut dépendre de l'établissement scolaire, des disciplines. Cela dépend aussi de ses connaissances de la discipline. C'est son travail de rendre les savoirs « accessibles », « transférables » par l'élève. Dans sa préparation, l'enseignant se pose beaucoup de questions pour construire ce qu'il va proposer à l'élève.

PERRENOUD (1998) ajoute une étape incluant l'élève car l'objectif de l'enseignement est la transmission du savoir. La troisième étape concerne l'élève qui est en apprentissage ou en appropriation des savoirs. L'élève transforme ces savoirs suivant ses représentations. L'appropriation du savoir par l'élève est conditionnée par beaucoup de facteurs : sociologique, affectif, cognitif, que l'enseignant ne peut pas minimiser pendant l'enseignement-apprentissage. Cette transposition d'une situation à l'autre est le transfert.

4.1.2. Transfert et transposition didactique

La transposition didactique est un processus pour permettre le transfert des savoirs d'une situation à une autre. Le savoir savant qui est de la main du chercheur, passe par la transposition didactique pour que la communauté scientifique l'accueille, et le valide.

En première étape, la dépersonnalisation et décontextualisation par le chercheur est incontournable. Pour communiquer le savoir à la communauté scientifique, le chercheur ne cherche pas à resituer le contexte de découverte du savoir. Il doit présenter à la communauté scientifique son objet de découverte, pour être publié. Sortir le savoir de son contexte de découverte. Chercher le contexte le plus général, car le savoir à enseigner est l'héritage de génération en génération mais qui peut être transformé selon le temps.

En deuxième étape, pour que le savoir savant devienne savoir à enseigner, les institutions, les didacticiens, le « noosphère », la décontextualisation, pour qu'il soit applicable au programme, décontextualisation en référence aux besoins de la société, des élèves.

En troisième étape, l'enseignant recontextualise, repersonnalise le savoir à enseigner pour devenir « savoir enseigné ». Ce savoir à enseigner par la préparation de l'enseignant devient le savoir enseigné. Le « savoir enseigné » est le fruit de plusieurs facteurs. A partir du programme scolaire, l'enseignant reformule le savoir pour qu'il soit enseignable, tout dépend de ses connaissances personnelles et de ses conceptions de l'apprentissage. Pendant l'enseignemen-apprentissage, l'élève décontextualise, et dépersonnalise le savoir, pour construire le savoir avec sa démarche personnelle ; c'est le savoir appris ;

Tous ces processus c'est en vue de transformer le savoir savant en objet d'enseignement.

Pendant cette transformation, de l'objet de savoir en objet d'enseignement, il risque une distance, une déformation selon l'enseignant, (rapport au savoir, niveau académique, compréhension) l'élève (niveau, motivation). Voir la notion de proportionnalité, à force de décontextualiser, on perd certains éléments caractéristiques de la proportionnalité, comme la grandeur, la fonction, sans être exhaustif.

La transposition didactique c'est la préoccupation didactique qui consiste à : analyser, élaborer, discuter, proposer, organiser le savoir à enseigner, et le savoir enseigné. C'est dans sa préoccupation aussi de garder la filiation entre le savoir savant et le savoir à enseigner, et le savoir enseigné.

Dans cette réflexion sur la didactique, nous venons à la plus importante de nos remarques qui est la pratique quotidienne. Notre recherche vise à améliorer l'enseignement apprentissage des mathématiques et de sciences physiques. Nous faisons nôtre les questions de RUFFENACH et COURTILLOT (2009 p 7).

« *Comment former les jeunes en leur donnant les compétences nécessaires pour exercer des métiers scientifiques et techniques en évolution permanente ? Comment leur donner une culture scientifique pour qu'ils puissent devenir citoyens éclairés et curieux, désireux d'en savoir plus, d'être mieux armés pour faire leurs choix de vie professionnelle et personnelle en toute connaissance de cause ?* »

Le triangle didactique permet de caractériser les situations d'enseignement apprentissage. Ce triangle permet d'analyser les relations liant le savoir, l'enseignant et l'apprenant. HOUSSAYE, DEVELAY décrivent chacun ce triangle en lien avec la théorie des situations didactiques de BROUSSEAU (1986).

C'est ce que nous abordons dans le paragraphe suivant.

4.2. Enseignement-apprentissage :

4.2.1. Triangle didactique/triangle pédagogique

Selon HOUSSAYE (2000), le triangle pédagogique est composé du savoir, de l'enseignant, et de l'élève. Il explique la relation didactique entre le savoir et l'enseignant est

« ENSEIGNER », entre le savoir et l'élève est « APPRENDRE », entre l'enseignant et l'élève est « FORMER ».

Si nous considérons l'élément savoir. Dans notre travail de recherche en transdisciplinarité, dans l'enseignement des mathématiques et sciences physiques, nous nous posons la question, peut-il y avoir, des concepts, des procédures, des instruments communs entre les deux disciplines ?

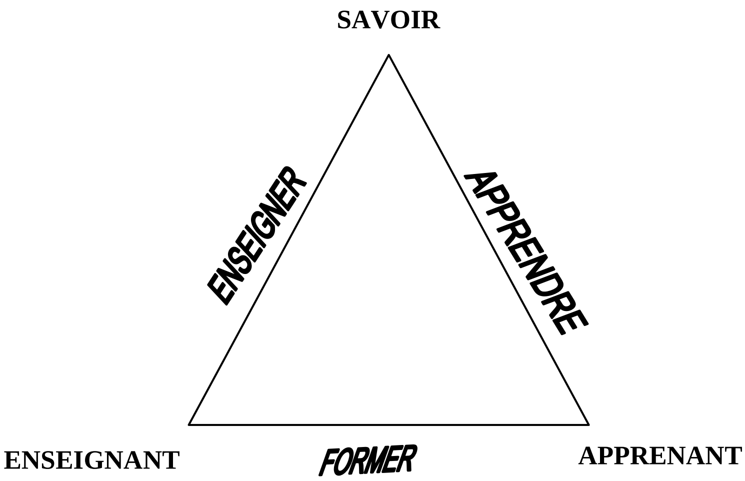


Figure5:Triangle didactique selon HOUSSAYE

Penser à la situation didactique selon BROUSSEAU (1998), cela doit être développé du moins dans le concept de situation, en faisant référence à l'élève, « la situation est l'ensemble des circonstances dans lesquelles une personne se trouve, et des relations qui l'unissent à son milieu » et BROUSSEAU présente deux points. Le premier, « la situation est l'environnement de l'élève mis en œuvre et manipulé par l'enseignant ou l'éducateur qui la considère comme outil ». Selon le second «la situation didactique est l'environnement tout entier de l'élève, l'enseignant et le système éducatif lui-même y compris ».

Ce qui nous fait supposer qu'enseigner, en prenant en compte la transdisciplinarité, dans notre étude, c'est d'abord prévoir que les situations ne cessent d'évoluer. Ensuite, dans son projet d'enseignement, mettre en évidence les caractéristiques de chaque discipline pour pouvoir les mettre en correspondance. De son côté, l'apprenant est provoqué à s'adapter et à acquérir des connaissances afin de pouvoir passer d'une connaissance à une autre à l'intérieur du cadre LEROUGE et al (2001) et d'un cadre à un autre cadre. Par ce fait, comme nous propose BALDY et al, (2007) en prenant le cas de la proportionnalité, « la représentation graphique de la relation de proportionnalité est susceptible de constituer un pont entre l'enseignement mathématique et physique ».

4.2.2. Comment le sujet manifeste ses connaissances dans ses interactions avec un milieu selon BROUSSEAU (1998)

BROUSSEAU présente quatre phases différentes, ou processus « fondamentaux » nécessaires à l'acquisition de savoirs. En ce temps, le savoir n'a pas la même fonction, et l'élève n'a pas le même rapport au savoir à chaque étape.

- L'action
- La formulation
- La validation
- L'institutionnalisation.

Dans la situation d'action, c'est le « dialogue » entre l'élève et le milieu. Il ne s'agit pas d'apprentissage. L'élève résout le problème qu'on lui présente ou qu'il rencontre « dans l'exemple de : qui dira 20 ? ». La méthode de résolution s'améliore par la répétition de l'action, l'apprenant acquiert un théorème. Nous citons aussi l'exemple des situations problèmes ouvertes où l'apprenant doit s'investir pour décoder ce qui est à résoudre dans le problème qui lui est proposé. L'élève réagit par rapport aux informations reçues, il juge, ajuste ces informations selon ses pré-acquis. Nous nous référons à l'interaction du sujet avec son milieu, selon PIAGET, il cherche l'équilibre par l'alternance de l'accommodation et de l'assimilation. L'élève prend connaissances des informations acquises et découvertes.

L'action continue dans la situation de formulation. Le sujet formule des hypothèses. Il continue sa recherche en tâtonnant, et peut même impliquer des erreurs. C'est le constructivisme selon PIAGET. Pendant cette situation, l'élève dialogue avec d'autres, on peut associer cette étape au socio constructivisme. L'élève formule par écrit ou oralement las connaissances acquises. C'est le temps d'explication et d'acquisition des vocabulaires particuliers à la discipline.

Dans un échange ou une discussion, quand l'élève a explicité son modèle, il doit convaincre, démontrer, argumenter pour être validé. C'est la situation de validation. C'est le lieu de réfutation ou d'acceptation.

Après la discussion et l'échange, le moment où l'enseignant intervient pour fixer une convention et explicitement sur le savoir. C'est la situation d'institutionnalisation. La connaissance prend place parmi les autres connaissances déjà existantes, universelles.

BROUSSEAU explique que « chaque situation peut faire évoluer le sujet mais peut aussi, de ce fait, évoluer à son tour, de sorte que la genèse d'une connaissance peut être le fruit d'une succession de questions nouvelles et de réponses » Il qualifie ce processus de dialectique.

C'est l'ingénierie didactique qui permettra la mise en œuvre de toutes ces situations pour que l'élève ait la posture de chercheur.

4.2.3. L'enseignant

La responsabilité de l'enseignant dans cette situation, c'est en premier de ne pas se laisser capter par l'un des pôles comme nous prévient ARTIGUE (1994) et al. L'enseignant doit donc étudier les activités relatives à ses projets d'enseignements qui sont de :

- Faire approprier à l'apprenant des connaissances.
- Organiser pour que les relations entre les interactants soient optimales,
- Contrôler la relation de l'apprenant avec son « milieu ».
- Veiller à ce que l'apprenant soit motivé et ne dise pas « asan-dramose io , ka izahay no omeny azy », c'est la tâche de l'enseignant et qu'il nous donne à traiter, en parlant des activités anticipant les nouvelles leçons, dans une activités de découverte. C'est le contrat didactique selon BROUSSEAU (1998), les apprenants se répartissent les tâches entre eux et l'enseignant.

L'enseignant est un médiateur, un organisateur, un animateur et BARTH (2001 p 37) conseille que « *l'enseignant peut aider les enfants à mobiliser leurs capacités intellectuelles à condition qu'il sache repérer, qu'il ajuste sa pédagogie et qu'il rende les élèves conscients des stratégies d'apprentissage qui leur permettent de construire leur savoir* »

4.2.4. L'apprenant

Selon BROUSSEAU (1998), face à une situation l'élève doit prendre en tout premier lieu l'information. Ces informations le contraignent à agir dans une direction plus ou moins donnée. Dans la contextualisation, le problème à résoudre se pose pour l'élève. Il tente de le formuler, il le reconnaît, l'identifie, et le reconstruit lorsqu'il s'approprie le problème et le fait sien, il y a dévolution. L'élève continue son exploration, il devient chercheur, c'est la personnalisation du problème, il formule des hypothèses. La validation se fait par les expérimentations, les interprétations des résultats. Et BROUSSEAU (1998) a ajouté l'institutionnalisation qui se fait avec l'enseignant, résumé, formule, réponse à retenir.

4.2.5. Le problème de l'apprentissage

Où se trouve le problème de l'enseignement-apprentissage ? Chez les deux acteurs, l'enseignant ne cherche pas à comprendre le processus d'apprentissage de l'élève. L'élève lui-même n'a pas une méthode d'apprentissage. Pour de nombreux enseignants malgaches, apprendre, c'est faire du par cœur, en mathématiques comme sciences physiques. Nous constatons souvent dans les tests qu'ils donnent aux élèves des définitions à redire ou des propriétés à énoncer. C'est une des convictions de l'enfant malgache. Exemple dans une séance de lecture, nous posons la question sur la compréhension du texte, en malgache comme en français, la première réponse c'est la répétition de ce qu'ils ont entendu ou vu dans le texte, reproduction mot à mot. En général, et plus souvent on entend dire « le maître dit que, ou le maître a dit que », c'est sacré. L'enseignant attend quelque chose de l'élève, l'élève attend quelque chose de l'enseignant, et tout cela implicitement, c'est ce que BROUSSEAU (1980) appelle le contrat didactique.

4.3. Le contrat didactique BROUSSEAU (1980)

Nous devons l'introduction du concept de contrat didactique en mathématiques à BROUSSEAU (1980).

4.3.1. Définition selon BROUSSEAU (1980)

L'élève et l'enseignant sont en interaction permanent autour de l'objet savoir. L'élève sait, reconnaît que l'enseignant a ce qu'il faut à propos du savoir à transmettre. L'enseignant attend de l'élève qu'il fasse ce qu'il lui demande de faire. BROUSSEAU (1980) définit cette situation comme un contrat didactique. « L'ensemble des comportements de l'enseignant qui sont attendus de l'élève et l'ensemble des comportements de l'élève qui sont attendus de l'enseignant »

4.3.2. « Implicite de la conversation »

De part cette situation, l'élève pense bien apprendre quand il fait tout ce que le maître lui demande de faire (l'âge du capitaine). Le maître n'est pas satisfait quand l'élève ne donne pas le bon résultat. Ce contrat provient du statut de chaque contractant. Universellement, l'enseignant est reconnu comme détenteur du savoir. L'élève est celui qui doit apprendre. Cela ne veut pas dire qu'il ne connaît rien. C'est le centre de la relation didactique. Qu'est-ce que l'enseignant doit faire pour que l'élève s'approprie du savoir ? Un paradoxe à résoudre, si l'enseignant dit tout ce que l'élève doit faire pour réussir, il n'y a plus apprentissage du côté de l'élève. SARRAZY (1995) explique que « l'apprentissage va reposer, non sur le bon fonctionnement du contrat, mais sur ses ruptures ». De là procède la « dévolution ».

4.3.3. Contrat didactique et dévolution (1990)

Il faut bien une solution. L'apprentissage est efficace quand l'élève arrive à s'approprier du savoir par ses propres moyens. BROUSSEAU (1990) définit ce processus par *« l'acte par lequel le professeur obtient que l'élève accepte et peut accepter, d'agir dans une situation adidactique. Il accepte les conséquences de ce transfert, en prenant le risque et la responsabilité de ses actes dans des conditions incertaines* »

Dans la situation d'apprentissage, l'élève doit accepter de ne pas toujours dépendre de l'enseignant à certaine situation pour qu'il puisse apprendre. L'enseignant met l'élève face à quelque chose qu'il ne sait pas encore, mais qu'il va essayer de résoudre. Et si vraiment l'élève a un « obstacle », c'est là qu'intervient les négociations (effet de Topaze). C'est la situation a didactique. « C'est à partir de l'asymétrie des contractants, de leur inégalité factuelle face au savoir que s'élabore la relation didactique et le contrat qui la soutient » SARRAZY (1995).

Aussi pour apprendre, l'élève doit faire face à des incertitudes, des erreurs. Il faut qu'il accepte d'être chercheur à son niveau, c'est le processus de l'enseignement apprentissage.

4.3.4. Le contrat didactique et l'ingénierie didactique

Dans le cadre des interactions didactiques, l'enseignant est le maître de la gestion de son enseignement. L'efficacité de son enseignement dépend de son ingéniosité. Pour faire face au risque des échecs, il pourra guider par des questions qui aident l'élève dans sa recherche. Il pourra être aussi l'animateur dans un travail de groupe pour amorcer la tâche. L'enseignant, par son esprit d'initiative, pourra improviser certaine situation, voire changement de cadre (DOUADY 1986). BROUSSEAU (1998) propose un enseignement où l'élève produit des connaissances par des situations bien choisies. Dans une situation a didactique où l'enseignant n'intervient pas directement, c'est-à-dire, il n'a pas la responsabilité de transmettre le savoir.

4.3.5. Quelques précisions sur ces termes

Les situations didactiques sont des situations qui servent à enseigner. Une situation est didactique lorsqu'un individu a l'intention d'enseigner à un autre individu un savoir donné .Une situation non didactique est une situation sans finalité didactique pour laquelle le rapport au savoir s'élabore comme un moyen économique d'action (= apprendre à faire du vélo).Une situation a-didactique est la partie de la situation didactique dans laquelle l'intention d'enseigner n'est pas explicite au regard de l'élève. Le sujet réagit comme si la situation était non didactique. Il prend donc la décision, engage des stratégies, évalue leur efficacité.

Nous rejoignons BROUSSEAU qui qualifie l'enseignement apprentissage comme système. L'élève apprend en s'adaptant à *un milieu* (PIAGET). *Ce milieu* provoque des contraintes, des déséquilibres, des difficultés pour l'élève qui doit trouver un nouvel équilibre. Ces difficultés et déséquilibre proviennent de différents facteurs, rapport au savoir de l'élève et de l'enseignant, la culture, le vécu quotidien. Ce qui nous appelle à considérer les différents cadres selon DOUADY et le cadre de rationalité selon LEROUGE et ses collègues et qui seront le fondement de l'ethnomathématique de D'AMBROSIO.

5. NOTION DE CADRE

Articuler les connaissances en mathématiques et sciences physiques nous oriente vers la transdisciplinarité et le transfert des connaissances. Nous ne pouvons parler de ces deux phénomènes sans parler de l'environnement du sujet agissant. Dans le cas de notre étude, nous sommes concentrés sur les élèves et l'enseignant. . « Parler de transfert de connaissances fait apercevoir au bout de la chaîne l'élaboration « de compétences communes » aux deux disciplines » RAMANANDRAISOA (2008). Certains termes et certains outils ou concepts sont communs aux différentes disciplines. Dans la notion de proportionnalité étudiée en mathématiques et sciences physiques, il y a les tableaux et les graphiques. On peut toutefois s'interroger sur leurs modalités d'utilisation. Plusieurs études ont été déjà faites sur ce point. Mais articuler les connaissances entre deux disciplines nous fait référer à la notion de jeux de cadre de DOUADY (1986), la notion de cadre de rationalité LEROUGE (2000). Il explique

que dans un processus de conceptualisation, plusieurs cadres sont en interactions qui rendent complexe ce processus, et surtout la validation.

5.1. NOTION DE CADRE SELON DOUADY (1992)

5.1.1. Relation didactique

DOUADY s'intéresse à la situation de classe pendant laquelle l'élève construit son savoir. Plusieurs questions se posent alors :

- ✓ Quel est le processus d'acquisition et d'appropriation des savoirs par l'élève ?
- ✓ Quelle est sa relation au savoir ?
- ✓ Quelle est la relation de l'enseignant au savoir ?
- ✓ Quelles sont les interactions entre l'enseignant et les élèves ?
- ✓ Comment l'enseignant s'organise et conduit son enseignement pour que le savoir acquis par l'élève soit plus proche de ce que l'enseignant propose ?

DOUADY considère la classe « comme un lieu de vie où se nouent des relations complexes entre le maître et les élèves dont l'enjeu est la communication d'un savoir, ici mathématique »

5.1.2. Référence épistémologique : « outil-objet »

Dans leurs recherches, les mathématiciens se posent des questions, résolvent des problèmes que personne n'a pu résoudre. Ils y mettent leurs connaissances en mathématique, ainsi ils mobilisent des objets selon la situation. L'étude d'une question peut prendre du temps. Ils confrontent, exploitent plusieurs points de vue avant de le valider. Ils tissent des réseaux entre « différents concepts d'un même cadre ou de cadres distincts ». Ces concepts sont les outils pour créer de nouvelles connaissances. « Un outil est engagé par quelqu'un dans un contexte problématique, à un moment donné » DOUADY (1992). Les nouvelles connaissances sont les objets. Ces objets peuvent servir à édifier, à transformer d'autres objets, donc deviennent outils. La production scientifique s'enchaîne, d'outil à objet et d'objet à outil. Un élève, dans des activités mathématiques, peut avoir recours à un outil implicite ou explicite.

L'outil implicite correspond à un concept qui n'est pas exprimé, mais dont l'individu s'en sert pour résoudre un problème bien que « non mathématiquement construit ». Ce concept est encore en élaboration. Il s'agit du théorème en acte selon VERGNAUD.

L’outil est explicite quand il est formulé pour résoudre un problème. DOUADY l’appelle pratique. « L’objet est culturel, il a sa place dans édifice plus large qui est le savoir des mathématiciens, à un moment donné, reconnu socialement»(DOUADY 1992)

5.1.3. Cadres et changement de cadre

« Une part importante du travail des mathématiciens est consacrée à interpréter les problèmes qu’ils se proposent de résoudre, à changer de point de vue, à les formuler autrement, à les transporter d’un cadre dans un autre » DOUADY (1992). La notion de cadre est prise dans le sens de cadre algébrique, cadre numérique, cadre géométrique, c’est le sens usuel que lui donne les mathématiciens dans leur langage habituel. DOUADY 1992) propose de transposer cette notion de cadres dans le champ didactique des mathématiques., surtout dans les situations d’enseignement et d’apprentissage. Ce changement de cadre devient un outil d’ingénierie didactique. « Un cadre est constitué des objets d’une branche des mathématiques, des relations entre les objets, de leurs formulations et des images mentales associées à ces objets et ces relations » (DOUADY 1992).

Dans une situation d’apprentissage mathématique, en prenant l’exemple de la situation proportionnalité, le changement de cadre, le traitement lié à la proportionnalité, tel que le rapport scalaire constant, ou le traitement algébrique, qui est le produit en croix fait trouver la quatrième proportionnelle.

Le changement de cadre est sollicité dans un enseignement apprentissage pour aider les élèves à avoir accès à la situation problème. C’est une autre façon de différencier l’enseignement, cela suppose l’implication de l’élève, du maître. « *Le changement de cadres est un moyen d’obtenir des formulations différentes d’un problème qui sans être nécessairement tout à fait équivalentes, permettent un nouvel accès aux difficultés rencontrées et la mise en œuvre d’outils et techniques qui ne s’imposaient pas dans la première formulation* » DOUADY (1992).

La notion de cadre peut être envisagée selon trois dimensions : dimensions mathématiques, dimensions socioculturelles, dimensions individuelles. Le cadre évolue dans le temps et selon l’acteur.

« Les jeux de cadres sont des changements de cadre provoqués à l’initiative de l’enseignant, à l’occasion de problèmes convenablement choisis, pour faire avancer les phases de recherche et évoluer les conceptions des élèves » (DOUADY 1992)

5.1.4. Dynamique des cadres

Dans l'enseignement des mathématiques, les cadres sont dans le même domaine, mais ils sont de complexité différente, chacun étant composé de code, symbole, registres différents (DUVAL 1993).

Dans une dimension socioculturelle, dans une situation de classe, les élèves et le maître sont en interactions par le même enjeu, mathématique. Chacun a son rapport au mathématique de par son environnement immédiat, ses habitudes, ses cultures. Ce qui fait que le même cadre n'a pas les mêmes caractéristiques pour tous .Pour l'élève, l'influence de son environnement infère : lui-même son caractère affectif, ses motivations, son rapport au mathématique, les parents, les enseignants, l'établissement même et les institutions qui élaborent le programme. Le rapport de l'enseignant à la matière qu'il enseigne fait partie du système d'apprentissage de l'élève. Il transmet avec les mathématiques, la maîtrise de cette discipline, la surestimation. Il transmet sa relation au mathématique avec le contenu des mathématiques et tout cela pour l'élève devient un système dans lequel l'élève doit construire sa conception dans la résolution des situations problèmes en mathématiques.

Au point de vue individuel, « dans une société, les individus tout en disposant d'un large champ de références communes se construisent des représentations personnelles des expériences vécues, y compris des expériences cognitives, le cadre suit l'évolution de chacun » DOUADY (1992).

5.1.5. L'importance du changement des cadres

Les jeux de cadre sont les changements de cadre à l'initiative de l'enseignant (DOUADY) , pour permettre aux élèves d'avoir accès aux difficultés dans une situation de problème à résoudre. L'élève peut mettre en œuvre les techniques qu'ils pensent en adéquation à la situation et avec ces propres mots. C'est ainsi qu'il peut avoir de nouveaux résultats, et construire de nouveaux savoirs.

Par le changement de cadre, l'enseignant fait travailler l'élève comme chercheur :

- ✓ Il comprend le problème par ses propres connaissances, il applique les techniques qui lui conviennent.
- ✓ Il s'engage à résoudre le problème, sans que la procédure qu'il met en œuvre ne soit pas sûre d'aboutir.

Prenant le cas de la situation de la proportionnalité : l'enseignant présente le problème dans le cadre de graphique :

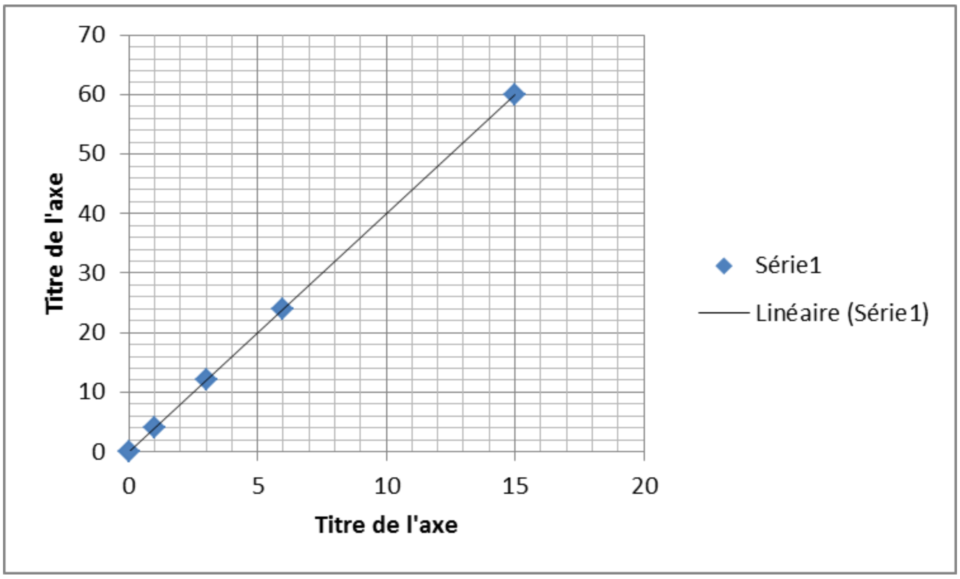


Figure 6: Exemple de graphique en mathématique

Pour résoudre le problème par le graphique, l'élève classe de CM et même de la classe de 5ème va essayer de compter les quadrillages. Il ne cherche pas la correspondance entre le couple (15 ; 60) qui est assez visible.

L'enseignant, pour aider l'élève va transformer le graphique en énoncé mathématique, et l'élève va trouver la solution par la méthode de la règle de trois. La règle de trois est la technique plus facile à l'élève pour trouver cette situation. De là sortira le coefficient de proportionnalité qui va permettre de résoudre les autres problèmes.

Selon DUVAL (1993) ; on est passé d'un registre à un autre, graphique en énoncé. DOUADY parle d'objet à outil, le coefficient de proportionnalité devient objet, c'est la dialectique objet-outil.

5.2. NOTION DE CADRE SELON LEROUGE (2000)

Les notions de cadre, de registre, d'espace de réalité sont en synergie pour le fonctionnement d'un processus de conceptualisation chez l'individu. Une coordination entre l'enseignement des sciences physiques et celui des mathématiques est sollicitée dans le programme officiel malgache. Il est bien stipulé (*En utilisant la proportionnalité vue en mathématiques, on fera calculer la masse et le volume à partir de la relation $m/v = \rho$*) dans le programme de sciences physique de la classe de 5ème pour l'étude de la masse volumique. Mais pratiquement, la référence au programme, est mise en écart, car la notion de proportionnalité en mathématique est placée en fin de la liste du programme, et la notion de masse volumique en sciences physique est placée en début de la liste. Si bien que la notion de proportionnalité est étudiée en mathématique comme outil, ou comme savoir tout simplement et devient problème pour l'enseignant et les élèves. Et là se confirme la divergence de rationalité entre le cadre des sciences physiques et celui des mathématiques.

Nous allons essayer de voir chaque notion afin de pouvoir éclaircir notre problématique.

5.2.1. Espace de réalité selon MALAFOSSE et al. (2001)

MALAFOSSE et al (2001) définit « l'espace de réalité comme l'ensemble des objets réels et des évènements hors de tout espace psychique ». Dans le processus de conceptualisation en physique, l'individu ne peut passer outre les réalités et les évènements du monde matériel. C'est sur ses constituants que vont porter leur activité mentale, (modèles mentaux et conceptions). C'est pourquoi MALAFOSSE et al (2001), ont déterminé cet environnement « espace de réalité ».

Enfin de compte, l'étude de l'espace de réalité repose sur la notion des champs conceptuels de VERGNAUD (1990), les registres sémiotiques de DUVAL (1995). Il évoque les difficultés de l'élève provoquées par la différence de rationalité entre mathématiques et sciences physiques. L'élève est partagé entre plusieurs cadres, et c'est là qu'intervient le cadre de DOUADY (1992), dimensions mathématiques, dimensions socioculturelles, dimensions individuelles. « Nous pouvons interpréter cela comme le rapport au savoir mathématique et sciences physiques. Il faut prendre en compte aussi la relation de l'élève aux enseignants de mathématiques et celui des enseignants de sciences physiques. Tout cela forme une référence de l'élève » RAMANANDRAISOA (2008).

MALAFOSSE et al. (2001) cite la théorie des champs conceptuels de référence selon VERGNAUD (1990) qui consiste à distinguer trois choses dans le processus de conceptualisation : les signifiants, les invariants opératoires, et les références, et qu'au contraire eux, ils définissent la référence au niveau de cadre de rationalité personnelle. Chaque élément a son statut par rapport à la référence. Ils attestent qu' « un même objet de la réalité ne conduit pas aux mêmes signifiés, suivant les individus qui sont amenés à le concevoir » MALAFOSSE et al. (2001)

5.2.2. Cadre de rationalité :

LEROUGE (2000) développe la notion de cadre de rationalité en citant l'approche épistémologique de BUNGE (1983) qui caractérise deux types de rationalité : objets mentaux et objets conceptuels. Il évoque aussi la dualité entre sujet et culture de BRUNER qui affirme « le caractère indissociable existant entre le développement humain de l'individu et les instruments de la culture dans laquelle il intervient » (BRUNER 1983 p 296). LEROUGE distingue trois catégories d'objets : les objets matériels qui ont une existence propre, les objets mentaux qui ont une existence psychique et les objets conceptuels qui ne sont ni matériels ni mentaux et qui n'existent que dans la mesure où ils appartiennent à certains contextes culturels.

De ces trois objets, LEROUGE dégage la distinction entre rationalité personnelle et rationalité culturelle. Et DOUADY (1992), dans la notion de cadre dégage trois dimensions : dimensions mathématiques, dimensions socioculturelles, et dimensions individuelles.

MALAFOSSE et al (2001) définit le cadre de rationalité comme l'ensemble cohérent du fonctionnement de la pensée caractérisé essentiellement par son monde d'objets et ses règles de raisonnement et de validation.

5.2.3. Rationalité personnelle et rationalité culturelle

5.2.3.1. Rationalité personnelle

« L'espace psychique de l'apprenant est constitué des cadres disciplinaires personnels, dont les concepts et la rationalité sont coproduits par les relations de l'individu avec l'espace de réalité et par la médiation didactique et d'un cadre de rationalité personnel du sens commun. Le cadre personnel de l'espace psychique sera différent d'un élève à un autre et a fortiori, d'un élève à son professeur » (MALAFOSSE et al 2001 p 66)

Le cadre de rationalité personnelle dans le processus de conceptualisation met en évidence les objets mentaux qui sont source de conceptualisation considéré dans le réseau cognitif RICHARD (2005), ayant comme nœud les conceptions, et les relations, les processus d'inférences stabilisés par le sujet.

5.2.3.2. Rationalité culturelle

Parallèlement MALAFOSSE et al (2001) définit « *la rationalité culturelle d'une discipline scientifique comme un réseau d'objets conceptuels dont les nœuds sont les concepts de la discipline, et les relations les procédures d'inférence culturellement stabilisées dans cette discipline* ».

A la différence de la rationalité personnelle qui est un fonctionnement mental de l'individu, la rationalité culturelle est un fonctionnement conceptuel géré par l'individu selon le cadre où il investit à un instant donné. Un élève en classe de mathématiques ou de sciences physiques, travaille sur des concepts, des savoirs qui sont validés, reconnus par une communauté scientifique, de même que l'enseignant. La rationalité culturelle met en œuvre les registres sémiotiques en référence au cadre mathématique et/ou sciences physiques. La rationalité culturelle est donc gérée par l'élève et/ou l'enseignant en correspondance avec leur connaissance en mathématique et /ou sciences physiques.

5.2.3.3. Explication

Explicitons, chaque sujet face à un objet, nous définissons par objet, l'objet réel, l'objet de la pensée, se situe par rapport à une position. L'individu le nomme, l'identifie donne un mode d'existence selon le cadre de référence. L'objet peut évoquer chez l'élève le cadre de rationalité personnelle (les objets mentaux), à partir des expériences et cela résistent à l'abstraction. Il est peut être en lien avec son histoire personnelle. De ce fait, « *les processus de conceptualisation mis en œuvre par un élève en classe de mathématique et/ou sciences physiques ou autres ne peut pas être exclusivement de la rationalité personnelle ou la rationalité culturelle. Ils sont gérés par les deux cadres interagissant : le cadre personnel du sens commun de l'élève (ou « familier* », selon la terminologie de VYGOTSKI) et son cadre personnel des mathématiques et /ou sciences physiques. Dans ce cas, les registres symboliques, selon LEROUGE (2000), ce sont les objets mentaux que l'individu utilise pour désigner les choses à sa manière personnelle mais qui lui servent à communiquer. Tandis que les registres sémiotiques, c'est l'ensemble d'objet que l'individu utilise pour désigner les objets pour communiquer, mais qui fait partie de ses savoirs culturels.

L'objet est source de conception. Si l'objet n'a rien de personnel, c'est construit dans la condition (environnement, médiatisation, outils) d'un enseignement et cela se réfère encore à plusieurs disciplines. Cet objet est situé parmi toutes les informations recueillies dans la mémoire à long terme et qu'il faut trier parmi toutes les situations didactiques. Comme notre champ d'étude est centré particulièrement sur les mathématiques et les sciences physiques, on peut nommer le cadre rationalité mathématique et le cadre de rationalité physiques. Mais en mathématiques selon DOUADY(1992), on peut créer des sous-cadres, tels que, le cadre de la rationalité d'addition, de la proportionnalité, de la géométrie, du vecteur, notre citation n'est pas exhaustive.

Tableau 2: Synthèse des notions de rationalité personnelle et de rationalité culturelle (LEROUGE, 2000, p. 178)

	Rationalité personnelle (objets mentaux)	Rationalité culturelle (Objets conceptuels)
Nœuds	Conceptions Connaissances	Concepts savoirs
Relations	Processus de conceptualisation Processus de validation	Procédure de conceptualisation Procédure de validation
Supports de traitement et de communication	Registres symboliques	Registres sémiotiques
Rapport réel	Situations familières	Situations de référence.

5.2.3.4. Importance du cadre de rationalité

La notion de cadre rationalité est construite par LEROUGE (2000), à partir de celle de cadre de DOUADY(1992) pour tenir compte de la dualité familier /scientifique au sujet des processus de conceptualisation. Ce cadre de rationalité est primordial dans l'analyse des acquisitions des connaissances et compétences. Il repose sur le processus de conceptualisation. Dans l'articulation des connaissances en transdisciplinarité l'élève est confronté à différents cadres. En considérant les deux disciplines mathématiques et sciences physiques, l'élève utilise les deux cadres mathématiques et sciences physiques chargés chacun, respectivement du cadre rationnel et familier.

Cela suppose l'analyse des filiations ou des ruptures des connaissances et compétences construites dans différentes disciplines. MALAFOSSE et al (2001) définissent le cadre comme suit : « un cadre de rationalité est un ensemble cohérent du fonctionnement de la pensée caractérisé essentiellement par son monde d'objets et ses règles de raisonnement et de validation ». Le sujet dans un enseignement apprentissage ouvre deux « fenêtres » de rationalité, « fenêtre » culturelle, et fenêtre personnelle. La fenêtre personnelle est chargée de l'histoire de l'individu. Chaque sujet, dans son processus de conceptualisation est sollicité par son environnement culturel et matériel. *Il est exposé à la dualité : « idéelle/réelle, familier/scientifique, personnelle/culturelle* » (MALAFOSSE et al 2001). D'où l'importance de l'entretien avec l'élève pour comprendre ce qu'il met en ces concepts et notions étudiés. Et pour retrouver les filiations de deux disciplines, retrouver le cadre rationnel commun par « isomorphisme ». Toujours dans l'étude en inter-didactique des mathématiques et de la physique, MALAFOSSE et al (2001) évoquent que « *les cadres culturels des mathématiques et des sciences physiques ont un statut de cadre scientifique dans la mesure où leurs mondes d'objets sont constitués de concepts scientifiques et où les règles de raisonnement et de validation mises en œuvre sont reconnues par une communauté scientifique* ».

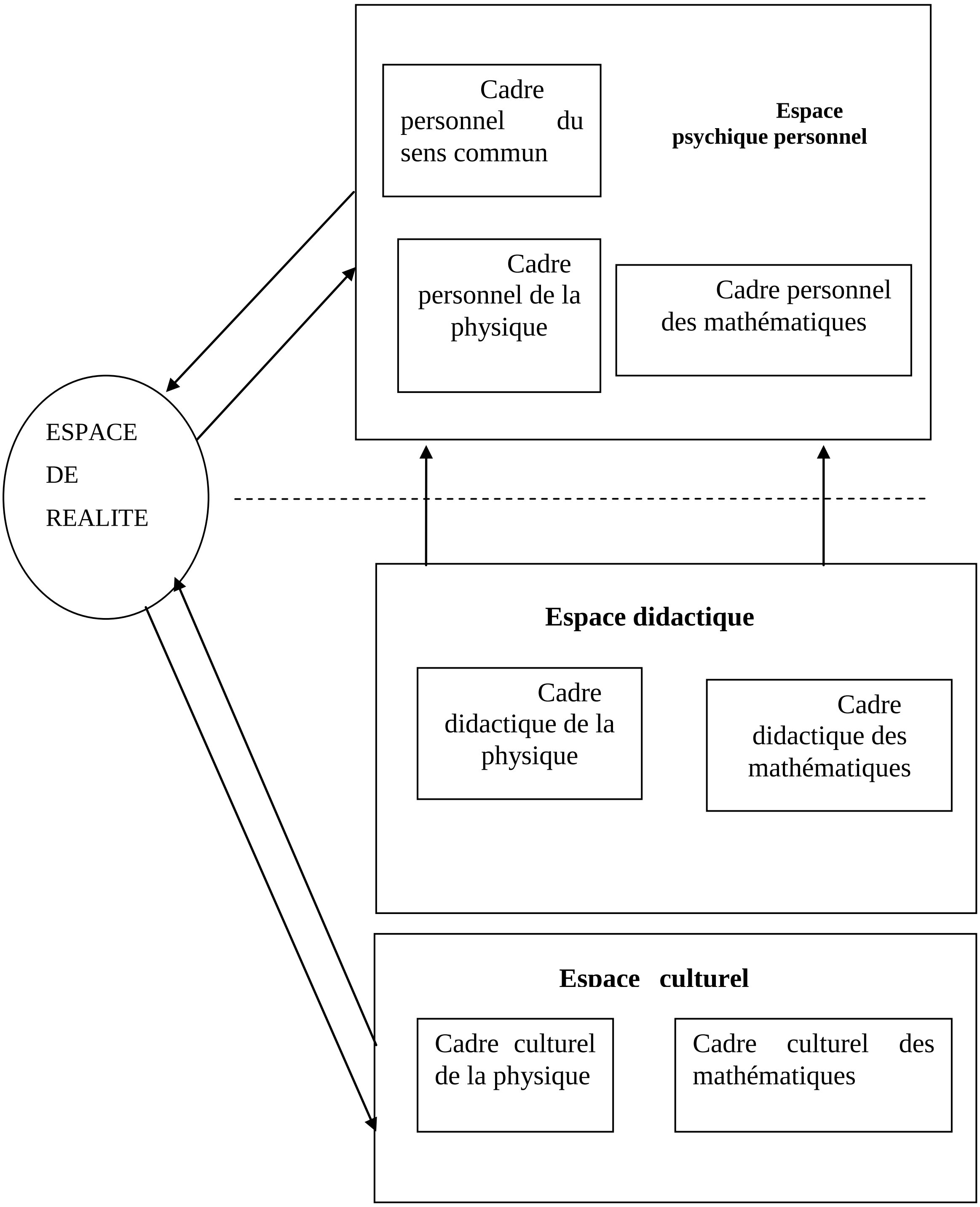


Figure7 : Espace de réalité et cadres de rationalité (MALAFOSSE et al, 2000, p 66)

6. LES NOMBRES A MADAGASCAR

Revenons à la notion de cadre de MALAFOSSE et al (2001). L'enfant malgache en apprentissage intègre les connaissances selon la réalité de son environnement. Son processus de conceptualisation est marqué par le cadre familier et le cadre rationnel. L'approche ethomatématique de notre travail nous amène à décrire son système d'apprentissage (BROUSSEAU 1980).

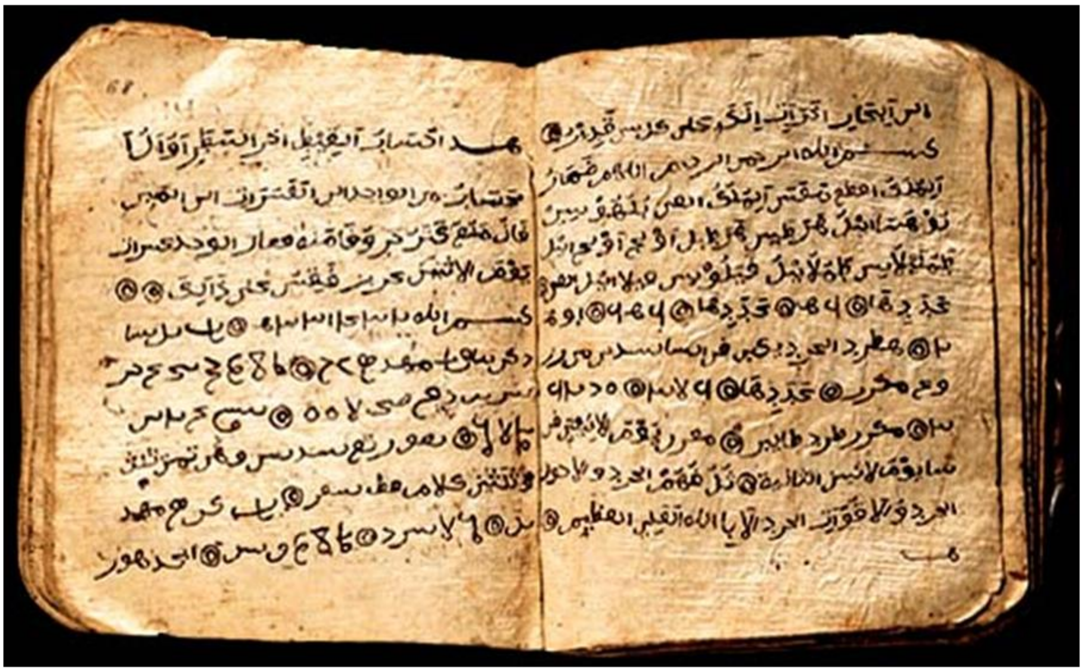


Figure 8 Papier malgache, Sorabé

Madagascar, XVIIème siècle.http://classes.bnf.fr/dossisup/grands/080a.htmBnf, Manuscrits orientaux, malayo-polynésien23

« Les Sorabé (littéralement « la grade écriture ») sont des textes malgaches en écriture arabe, dite « arabico-malgache », copiés sur papier antemoro (du nom d'une communauté du Sud-Est de Madagascar), dont la technique de fabrication est attestée depuis le XVIème siècle. Ce papier est fabriqué à partir de l'écorce de l'arbre havoha, de la même famille que le figuier et le mûrier. Une phase de cuisson dans une eau additionnée de cendres transforme l'écorce en bouillie, pilée dans un mortier de bois, puis étalée sur un châssis de roseaux dont le peu être recouvert de tissu, cette pâte mise en forme et égouttée est déposée pour le séchage sur une feuille de bananier préalablement enduite d'une huile ; la feuille de papier obtenue est frottée avec le mucilage d'une décoction de riz pour encoller, séchée de nouvelles fois, elle est enfin lissée. Les fibres, très résistantes, sont difficiles à uniformiser, ce qui donne au papier un aspect un peu grossier. Sur l'une des faces du feuillet, on peut voir les

traces des fils de tissu, sur l'autre la trace plus lisse de la feuille de bananier. L'encre noire et reluisante était obtenue par décoction de copeaux du cœur du bois arandranto, à laquelle on ajoutait un peu de couperose. Les plumes, au bout fendu, étaient taillées dans un voulou, une sorte de bambou. L'ouvrage était conservé dans un étui en vannerie, le sandrify. Ce papier est encore fabriqué de nos jours de façon traditionnelle à Madagascar. Les exemplaires présents ici, qui consignent des traditions de toutes sortes (recettes médico-magiques, astrologie, théologie, noms de plantes, remontent au XVIIIème siècle et proviennent certainement du voyage qu'Etienne de Flacourt effectua dans l'île entre 1648 et 1655 »

Le Sorabe est l'archive la plus ancienne des archives écrites de Madagascar. ANDRIAMIHAJA.S explique que dans le sorabe, il n'y a pas de mathématiques ni d'arithmétique, par contre les nombres sont écrits en lettres « nohon'ny tsy fananan'ny sorabe fahaizana matematika sy aritmetika fototra dia tsy manana tarehimarika izy ary tsy afaka manoratra isa iray amin'ny alalan'ny tarehimarika » p 33. En deuxième, ce sont les explorateurs Européens qui ont des archives concernant les alphabets latins. Dans la vie quotidienne, c'est la tradition orale qui transmettait la méthode de compter à Madagascar.

6.1. La méthode de compter à Madagascar

6.1.1. A l'oral et à l'écrit.

La population malgache est composée de 18 ethnies. Ces ethnies sont réparties en deux selon la façon de compter en malgache à l'oral.

Dans le Sud, Ouest, et Nord. Ils disent par exemple *254, roan-jato dimampolo efatra amby,* comme en français : deux cents cinquante quatre, two hundred and fifty-four en anglais. Ils comptent en décroissant par rapport aux classes des nombres, des plus grandes vers les plus petites.

Au centre, à l'Est, au Sud-Est, ainsi que dans l'administration, si nous reprenons le même nombre, ils disent : *efatra amby dimampolo amby zato,* si nous faisons une traduction mot à mot, ils disent : *quatre unités, cinq dizaines, deux centaines*. Sauf pour les multiples de 10 ils disent :

10 *folo, roapolo, telopolo,* dix, deux dizaine, trois dizaine

100 *zato, roan-jato:* cent, deux cent

1 000 *arivo, telo arivo* : mille, trois milles

10 000 *alina, dimy alina:* dix milles et cinquante milles

100 000 *hetsy , enina hetsy :*cent milles, six cent milles

1 000 000 *tapitrisa, efatra tapitrisa* ; un million, et quatre millions

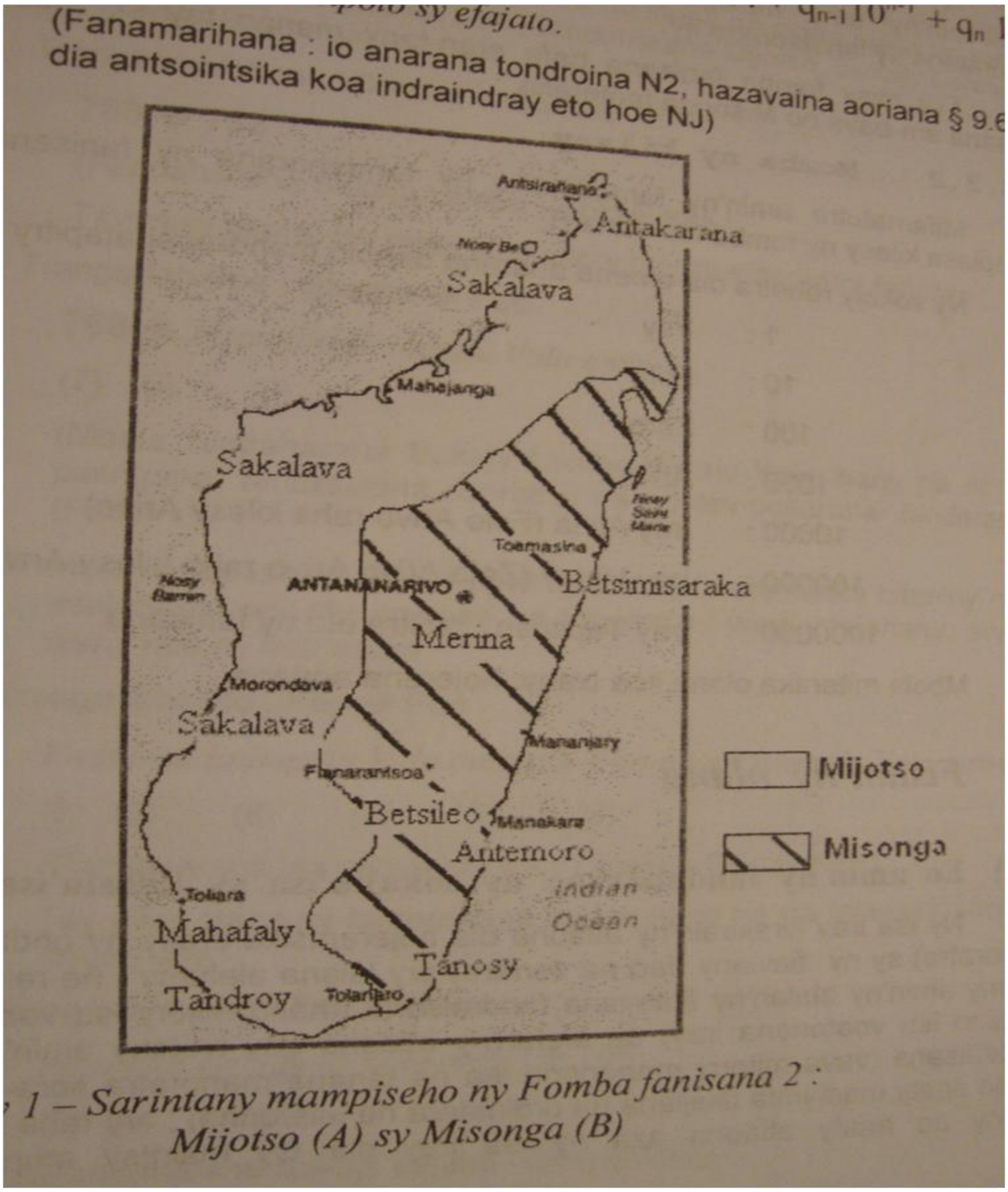


Figure 9:Carte qui montre les répartitions des régions selon la façon de compter en malgache. ANDRIAMIHAJA SOLONAVALONA p 15

MIJOTSO= DECROISSANT

MISONGA =CROISSANT

Pour dicter le nombre 254, en malgache, pour ceux qui lisent de gauche à droite, pas de problème, car c'est comme cela se présente. Mais pour ceux qui lisent de droite à gauche, il y a un problème. Pour pouvoir écrire, il faut écouter d'abord avant d'écrire, il faut savoir quel nombre on doit écrire avant, car pour écrire on va de gauche à droite. Pour écrire en toutes lettres, on écrit : *efatra amby dimampolo sy roan-jato :* Traduction mot à mot, cela se dit, quatre unités, cinq dizaines, et deux centaines.

Tableau 3: Traduction de 452

Malagasy	Efatra amby	dimampolo	Sy Roan-jato
Français	Quatre unités	Cinq dizaine	Et deux centaines

Qui est le contraire de l'écrit : 254

D'où viennent les noms des nombres en malgaches, comme la langue malgache est le mélange de beaucoup de langues, arabes, anglaises, malayo-polynésiennes et d'autres. Les nombres de zéro à dix sont beaucoup plus de la Nouvelle-Calédonie. Nous avons comparé les mots nombres à partir des travaux de LAVIGNE (2012) et d'ANDRIAMIHAJA (2007)

Par un simple enquête que nous avons fait auprès d'une personne âgée, nos grands parents ou arrière grands parents comptaient surtout dix en dix, mais en sériant par trois comme suit :

« ISA TELO, TELO MANINDRY, TSINDRI-TELO, IRAY MAHAFOLO »

Cela signifie : une fois trois, plus trois, encore plus trois, et un complète font dix. Et il met de côté un caillou ou autres choses pour marquer la dizaine. Cette manière de compter, nous ne pouvons pas la généraliser car c'est seulement une méthode « **MERINA, et BETSIMISARAKA** », c'est du centre. Ils n'ont de chiffre que 0 à 10

	Maori	Tahitien	Wallisien	Samoan	Futunien
0	kore	aore			
1	tahi	ho'e (tahi)	tahi	tasi	tasi
2	rua	piti (rua)	lua	lua	lua
3	toru	toru	tolu	tolu	tolu
4	wha	maha (hā)	fa	fa	fa
5	rima	pae (rima)	nima	lima	lima
6	ono	ono	ono	ono	ono
7	whitu	hitu	fitu	fitu	fitu
8	waru	va'u	valu	valu	valu
9	iwa	iva	hiva	iva	iva
10	tekau	'ahuru	hogofulu	sefulu	kagufulu
11	tekau ma tahi	'ahuru ma ho'e	hogofulu ma tahi	sefulu-tasi	kagufulu tupu tasi

Figure 10 : Extrait de la thèse de Gérard Lavigne (2012)

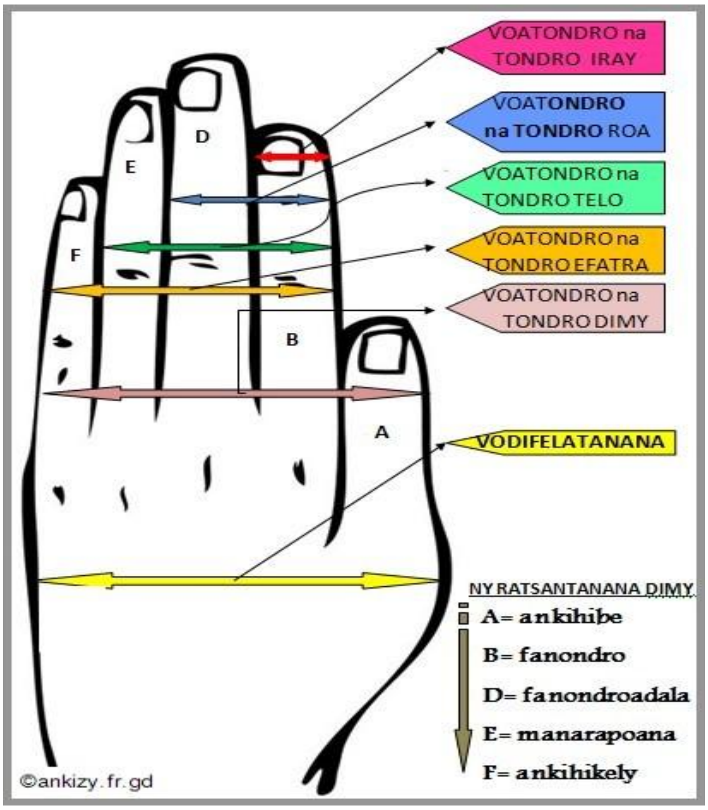
Tableau 4: Tableau comparatif des mots nombres malgaches et de la Nouvelle Calédonie constitué par les travaux d'Andriamihaja et Lavigne

Français	Malgache centre	Malgache est	Malgache sud-est	Malgache sud	Maori	Tahitien	Walisien	Samoan	Futunien
0	Aotra, zero				Kore	Aore			
1	Iray, iraika,isa	Arreick, araick, araic, issa	Rayka, raika, iraiki	Irai	Tahi	Ho'e Tahi	Tahi	Tasi	Tasi
2	Roa	Roo,Roy, Rooe, Rooy	Rui,roa, roy	Ro	Rua	piti(rua)	Lua	Lua	Lua
3	Telo	Tello, Teloe	Tilu, telo	Telo	Toru	Toru	Tolu	Tolu	Tolu
4	Efatra	Efferts, Effat	Ifati, aefatry	Efo	Wha	Aha hā	Fa	Fa	Fa
5	Dimy	Dini, Dimi	Limi, dimi, dimy	Lime	Rima	Pae (rima)	Nima	Lima	Lima
6	Enina	Ennin, Enny	Ene, enen, aeny	Enne	Ono	Ono	Ono	Ono	Ono
7	Fito	Fitoe	Fito, fitu	Fuite	Whitu	Hitu	Fitu	Fitu	Fitu
8	Valo	Wallo, Walou	Walu, valo	Vale	Waru	Va'u	Valu	Valu	Valu
9	Sivy	Sivi, Sivy	Siwi, sivy,	Cive	Iwa	Iva	Hiva	Iva	Iva
10	Folo	Foullou, Foelou	Fulu, folo	Foule	Tekau	'ahuru	Hagofulu	Sefulu	Kagofulu

6.1.2. Les mathématiques dans la vie quotidienne

Pour mesurer quelque chose, avant que les malgaches utilisent la mesure internationale, pour la mesure de longueur, ou profondeur les malgaches utilisent leur corps. Pour mesurer le temps ils se servent de la vie des bêtes, de la nature, et de leurs activités quotidiennes. Pour mesurer le riz, ou les céréales, il y a des épuisettes ou sorte de calebasse, petite mesure en étain pour le riz, (ou boîtes de mesure)

6.1.2.1. Les mesures en malgache



Traduction

Voatondro na tondro iray= un doigt, iray=1, roa =2, telo=3, efatra =4, dimy = 5

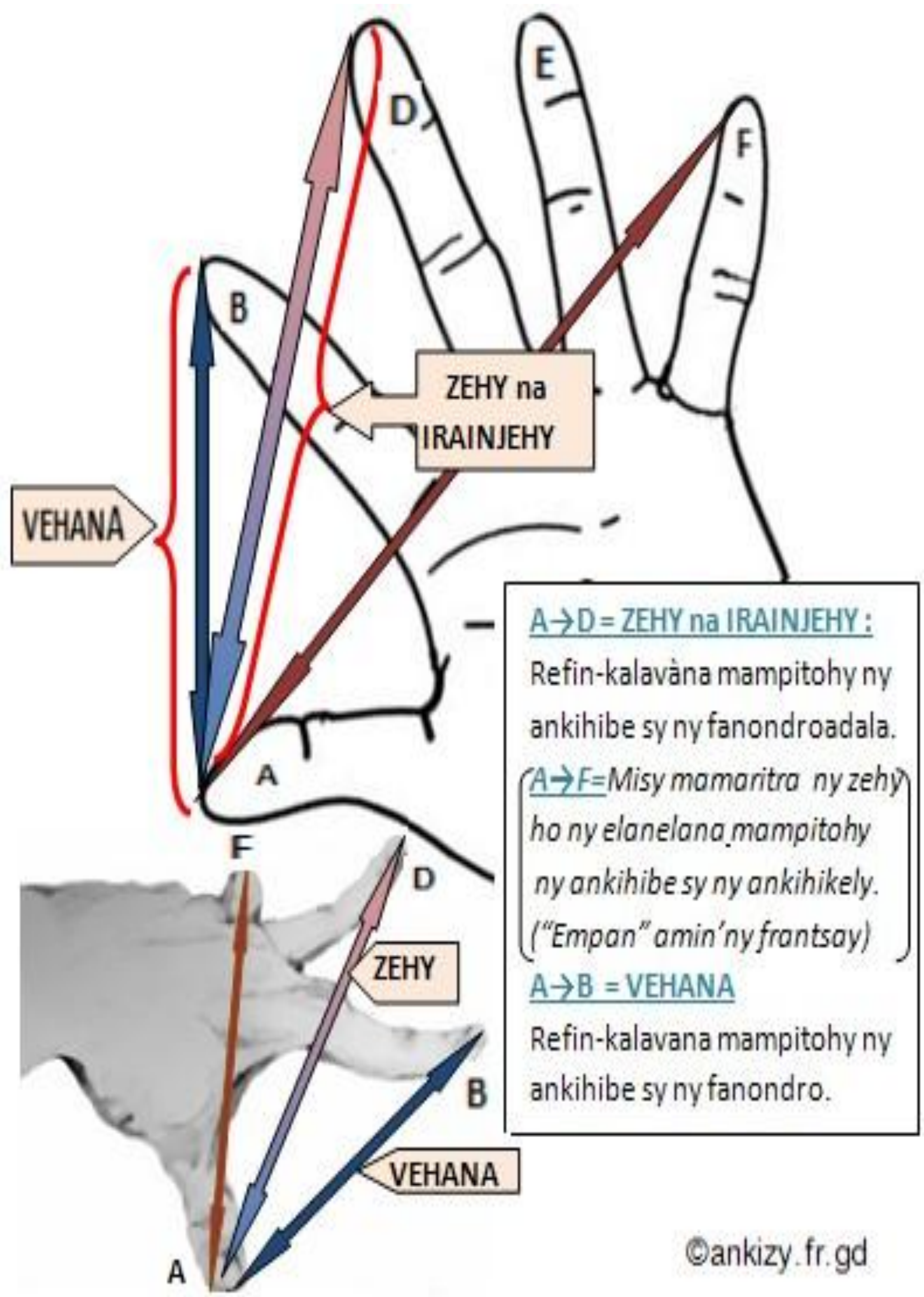
Vodifelatanana = largeur du bas de la main

Ankihibe =le pouce

Fanondro= l'index

Fanondroaadala= le majeur

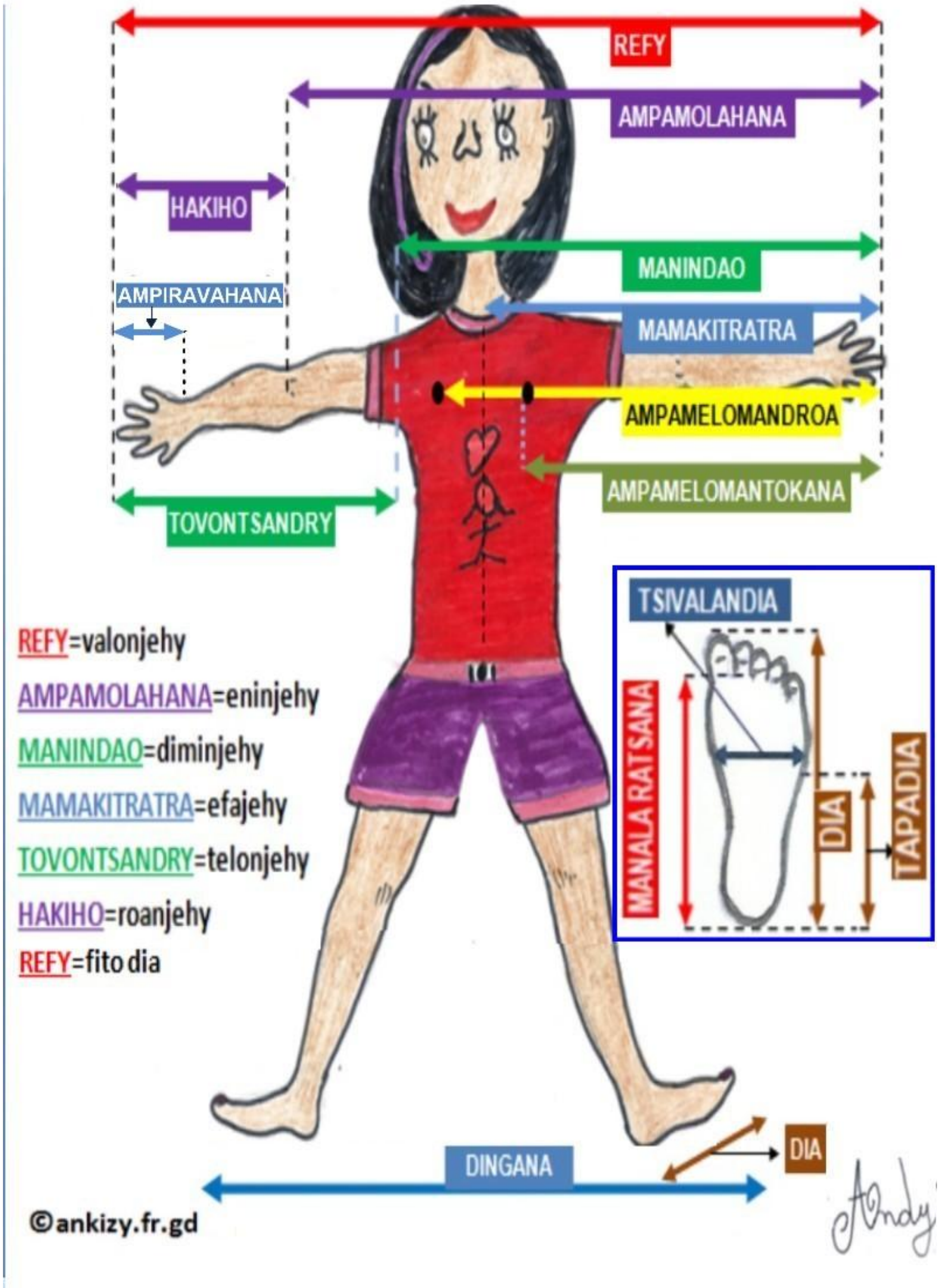
Manarapoana =l'annulaire



Traduction

A à B= VEHANA : c'est la mesure qui relie le pouce et l'index

A à D= ZEHY distance entre le pouce et l'annulaire ou le pouce et le petit doigt.



REFY= MESURE de base, VALONJEHY = 8 ZEHY =zehy = mesure entre le pouce et le petit doigt ou l'annulaire.

AMPAMOLAHANA (Flexion): eninjehy= 6 ZEHY

MANINDAO (5 ZEHY

MAMAKITRATRA (séparant la poitrine) =4 ZEHY

TOVONTSANDRY (articulation du bras)= 3 ZEHY

HAKIHO (coude) = ZEHY

AMPAMELOMANTOKANA = 1 sein AMPAMELOMANDROA = 2 sein

Tableau 5: Les heures en malgache

ORA		*ORA*	
12	**MISASAKALINA**	**6**	**MIRANANDRO**
1	Mitrena ombalahy	**6½-7**	Vakimasoandro Maimbohondravina
1½-2	Maneno sahona * Mody mpamosavy	**7-8**	Mivoaka omby
2-3	Mivoaka goaika Misafo helika ny kary	**9**	Mivoaka omby terabao Mitatao haratra ambany ny andro
3½-4	Maneno akoho tokana Maneno fitatra Maneno kary Mazavaratsy	**9½** **10**	Misandratrandro Atoandrobenanahary Bana ny andro
4½-5	Mifoha olomazoto Maneno akoho faharoa	**10½-11**	Vahavahana Amboditrano ny andro
5-5½	Mifoha olona Mazava atsinanana (Mangoana antsinanana) Mivoaka akoho Mivoaka andron-dolo	**11** **12**	Mitatao haratra ambony ny andro **MITATAOVOVONANA** **Maneno sahona na mihoratsahona*

Tableau 6:Traduction en français

heures		heure	
		6	Jour qui sourit
12	Minuit	6½-7	Soleil qui apparaît Feuille qui sèche
1	Meuglement du taureau	7-8	Sortie des zébus
1½-2	Croassement de la grenouille Rentrée des sorciers	9	Sortie de vaches nouvelles nées Les paniers des toits font ombres
2-3	Sortie des corbeaux Déviation des renards	9½	Soleil élevé
3½-4	Premier chant du coq Premier chant du tarier à collier Le renard glapit L'aube	10	Plein jour Le soleil est plein
4½-5	Levée des généreux Deuxième chant du coq	10½-11	Grand ouvert Au seuil du mur l'ombre et aux paniers du toits
5-5½	Levée des gens Levée du soleil à l'Est Sortie des volailles Sortie de l'aube	12	midi

Tableau 7:Les heures en malgache (suite

ORA		*ORA*	
12	**MITATAOVOVONANA**	6	**MATIMASOANDRO**
1	Mihilanandro Mitsidikandro	7-8	Tsy ahitan-tsoratr'omby Tsy ahita-mitsinjo Maizimbava vilany Manokom-bary olona
2	Tolakandro Latsaka ny andro		
3-4	-Ampamatorn-janak'omby ny andro * -Ampitotoambary * -Mby andry atsimo*	8	Homam-bary olona
		9	Vory fandry
		9½	Lohatory
4	Folakandro Ambavafisoko ny andro* Mangoron'omby antsaha	10	Tapimandry olona
		10½-11	Mivoaka mpamosavy
		11-11½	Mamantonalina
4½	Mody omby terabao	12	**MISASASAKALINA**
5	Tafapaka ny andro* Mody omby Mody akoho		***** Tonga amin'ireo toerana ireo ny tanamasoandro* *.*tafapaka ny andro : hatreny amin'ny rindrina atsinanana ny tanamasoandro.*
5½	**MENAMASOANDRO**		

Tableau 8:Traduction de l'heure (suite)

heures		6	Le soleil se couche
12	Midi. Le jour est à la faîtière	7-8	On ne voit plus la couleur des bœufs On ne se voit plus loin Il obscur autour de la marmite O, ne voit plus le bord de la marmite Il est l'heure de faire cuire le riz
1	Il commence à visiter Il décline un peu	8	C'est l'heure pour manger le riz
2	Le soleil tourne Le jour tombe	9	Les gens rassemblés pour le coucher
3-4	Le soleil est là où le veau est attaché Le soleil est là où l'on pile le riz Le soleil est sur le coin sud de la maison	9½	Ceux qui couchent tôt
4	Le soleil est doux A la porcherie Rassemblement des bœufs	10	Tout est couché
4½	La vache avec son petit rentre	10½ -11	Les sorciers sortent
5	Le soleil est sur le mur à l'est Les bœufs rentrent Les poules rentrent	11-11½	Presque minuit
5½	Le soleil est rouge	12	Minuit

6.1.2.2. Les mathématiques et les arts malgaches spécialement la vannerie, les jeux et les noms

Plusieurs malgaches portent un nom avec un chiffre comme « RADIMILAHY », parce qu'il est le cinquième dans la famille ou il est le quatrième « RANDRIANEFATRA », il est le roi des quatrièmes. Le nombre des choses aussi est important, par exemple dans les feuilles des plantes médicinales, pour préparer les remèdes, ils mettent les feuilles toujours en nombre impair.

Nous n'avons pas spécialement fait l'étude des mathématiques dans les arts malgaches, mais par constatation, nous pouvons dire que le nombre, la forme géométrique sont dans la vie des malgaches. Nous n'avons pas fait l'analyse des pensées des gens qui font les vanneries, mais leur conception des différents objets nous dit qu'ils ont bien de l'imagination, et nous disons plutôt elles ont, car ce sont surtout les femmes qui font de la vannerie « **mandrary** ».

Les enfants jouent avec 5 petits cailloux pour compter

Figure 11: Jeu des petits cailloux (Photo Marie Luc)

Figure 12: Sacs tressés artisanaux (Photo Marie Luc)

6.1.3. De l’enseignement des mathématiques à Madagascar.

Pendant la colonisation, le programme scolaire était le programme scolaire de la métropole. Ce qui suppose que tout enseignement était en français, même le malgache. En 1975, le programme a changé, l’enseignement de toutes les disciplines était en malgache, sauf le français. A l’école primaire l’enseignement des mathématiques était en malgache. Dans l’Enseignement secondaire général du premier cycle, les matières scientifiques aussi étaient dispensées en malgache.

Nous présentons en exemple, une page d’un manuel du CM I et CM II en mathématique concernant la proportionnalité. Nous réécrivons ce qui est dit. Comme titre :

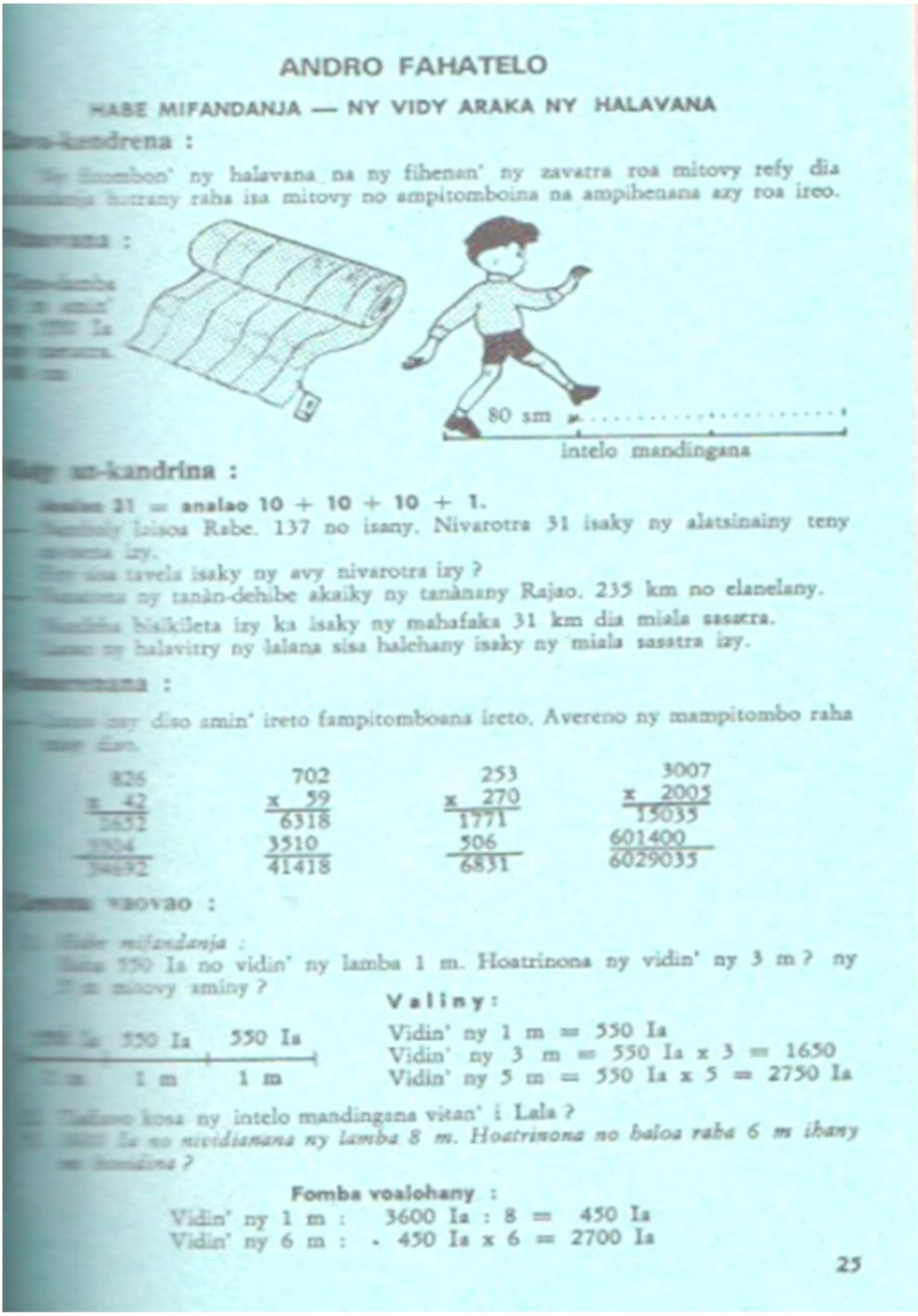
HABE MIFANDANJA: VIDY ARAKA NY HALAVANA

ZAVA-KENDRENA :

Ny fitombon’ny halavana na ny fihenan’ny zavatra roa mitovy refy dia mifandanja hatrany raha isa mitovy no ampitombona na ampihenana azy roa ireo :

Que nous traduisons par la suite : Le titre : grandeur proportionnelle : Prix selon la longueur. Objectif, l’augmentation ou la diminution de deux objets de même mesure est proportionnelle si on multiplie ou on divise les deux par le même nombre. Il est difficile de traduire tel qu’il est. Nous ne faisons que traduire ce qui est dit dans le manuel, mais par simple analyse nous évoquons qu’il y a déjà confusion dans la traduction. Il est difficile de bien faire comprendre à l’élève le mot diviser. « ***Ampihenana*** » en malgache veut dire retrancher. Le mot aussi peut signifier faire décroitre. Bien que la leçon soit en malgache, ce n’est pas évident qu’elle sera comprise tout de suite par l’élève. Et par la suite, c’est la règle de trois qu’il applique.

La malgachisation ne facilitait pas tout à fait l’enseignement, car les enseignants ont appris en français et ils devaient apprendre le vocabulaire en malgache. Le vocabulaire scientifique n’était pas du vocabulaire utilisé dans la vie quotidienne. Par contre le programme était présenté en bilingue.



ANDRO FAHATELO

HABE MIFANDANJA — NY VIDY ARAKA NY HALAVANA

...-kendrena :

... ny halavana na ny fihenan' ny zavatra roa mitovy refy dia ... hatrany raha isa mitovy no ampitomboina na ampihenana azy roa ireo.

...vana :

80 sm

intelo mandingana

... an-kandrina :

... 31 = analao 10 + 10 + 10 + 1.

— ... Rabe. 137 no isany. Nivarotra 31 isaky ny alatsinainy teny ... izy.

... tavela isaky ny avy nivarotra izy ?

— ... ny tanàn-dehibe akaiky ny tanànany Rajao. 235 km no elanelany.

... bisikileta izy ka isaky ny mahafaka 31 km dia miala sasatra.

... ny halavitry ny lalana sisa halehany isaky ny miala sasatra izy.

...ana :

— ... diso amin' ireto fampitomboana ireto. Avereno ny mampitombo raha ... diso.

826	702	253	3007
x 42	x 59	x 270	x 2005
1652	6318	1771	15035
3304	3510	506	601400
34692	41418	6831	6029035

... vaovao :

... mifandanja :

... 550 Ia no vidin' ny lamba 1 m. Hoatrinona ny vidin' ny 3 m ? ny ... mitovy aminy ?

Valiny :

550 Ia 550 Ia

1 m 1 m

Vidin' ny 1 m = 550 Ia

Vidin' ny 3 m = 550 Ia x 3 = 1650

Vidin' ny 5 m = 550 Ia x 5 = 2750 Ia

... kosa ny intelo mandingana vitan' i Lala ?

... Ia no nividianana ny lamba 8 m. Hoatrinona no baloa raha 6 m ihany ...?

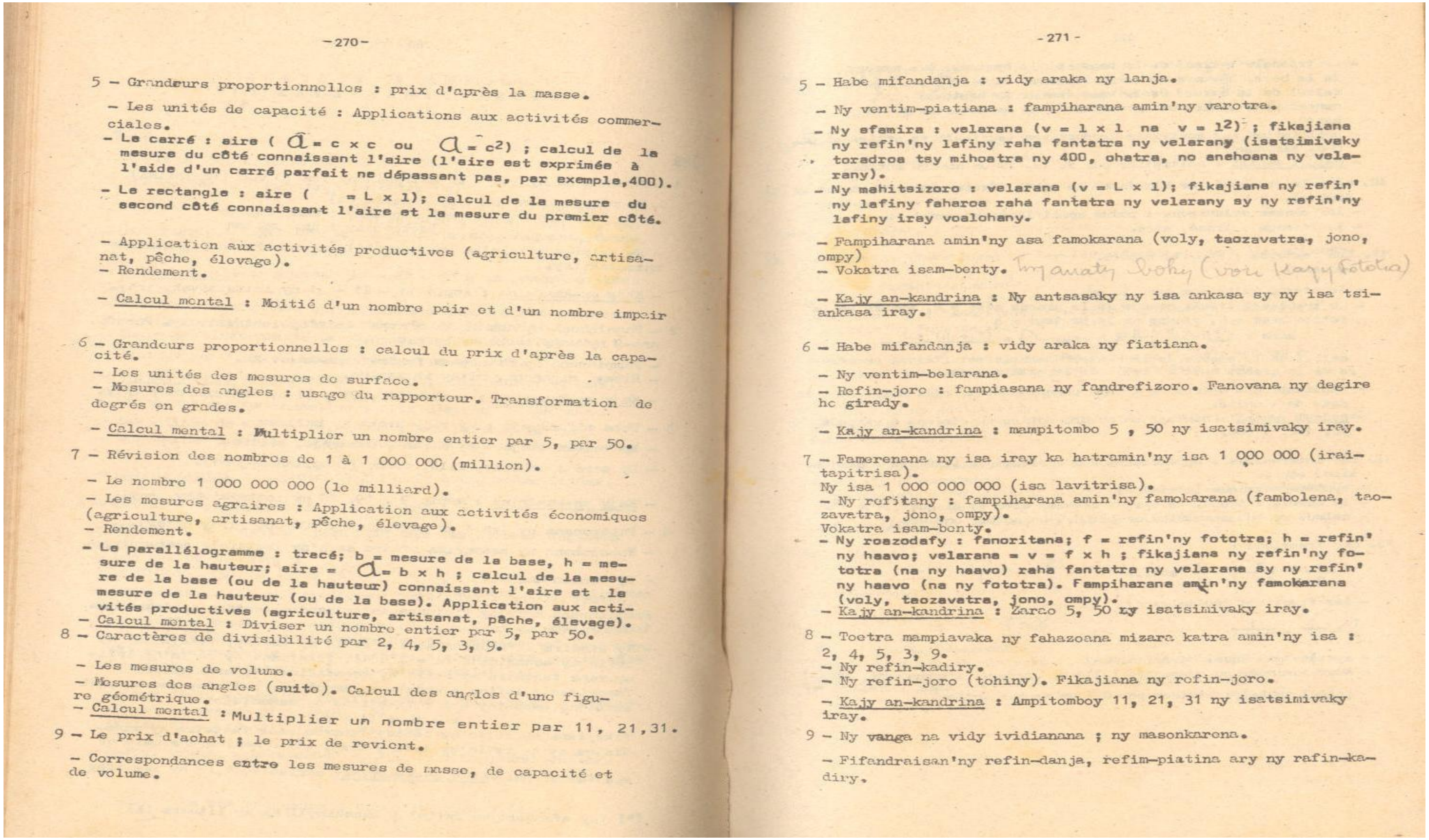
Fomba voalohany :

Vidin' ny 1 m : 3600 Ia : 8 = 450 Ia

Vidin' ny 6 m : . 450 Ia x 6 = 2700 Ia

25

Figure 13 : Extrait du manuel de mathématiques CM I CMII Madagascar



5 – Grandeurs proportionnelles : prix d'après la masse.

– Les unités de capacité : Applications aux activités commerciales.
– Le carré : aire (a = c x c ou $a = c^2$) ; calcul de la mesure du côté connaissant l'aire (l'aire est exprimée à l'aide d'un carré parfait ne dépassant pas, par exemple, 400).
– Le rectangle : aire (= L x 1); calcul de la mesure du second côté connaissant l'aire et la mesure du premier côté.

– Application aux activités productives (agriculture, artisanat, pêche, élevage).
– Rendement.

– Calcul mental : Moitié d'un nombre pair et d'un nombre impair

6 – Grandeurs proportionnelles : calcul du prix d'après la capacité.
– Les unités des mesures de surface.
– Mesures des angles : usage du rapporteur. Transformation de degrés en grades.

– Calcul mental : Multiplier un nombre entier par 5, par 50.

7 – Révision des nombres de 1 à 1 000 000 (million).

– Le nombre 1 000 000 000 (le milliard).
– Les mesures agraires : Application aux activités économiques (agriculture, artisanat, pêche, élevage).
– Rendement.

– Le parallélogramme : tracé; b = mesure de la base, h = mesure de la hauteur; aire = a = b x h ; calcul de la mesure de la base (ou de la hauteur) connaissant l'aire et la mesure de la hauteur (ou de la base). Application aux activités productives (agriculture, artisanat, pêche, élevage).
– Calcul mental : Diviser un nombre entier par 5, par 50.

8 – Caractères de divisibilité par 2, 4, 5, 3, 9.

– Les mesures de volume.
– Mesures des angles (suite). Calcul des angles d'une figure géométrique.
– Calcul mental : Multiplier un nombre entier par 11, 21, 31.

9 – Le prix d'achat ; le prix de revient.

– Correspondances entre les mesures de masse, de capacité et de volume.

5 – Habe mifandanja : vidy araka ny lanja.

– Ny ventim-piatiana : fampiharana amin'ny varotra.

– Ny efamira : velarana (v = l x l na $v = l^2$) ; fikajiana ny refin'ny lafiny raha fantatra ny velarany (isatsimivaky toradroa tsy mihoatra ny 400, ohatra, no anehoana ny velarany).
– Ny mahitsizoro : velarana (v = L x l); fikajiana ny refin' ny lafiny faharoa raha fantatra ny velarany sy ny refin'ny lafiny iray voalohany.

– Fampiharana amin'ny asa famokarana (voly, taozavatra, jono, ompy)
– Vokatra isam-benty. Tsy anaty boky (voro kajy fototra)

– Kajy an-kandrina : Ny antsasaky ny isa ankasa sy ny isa tsiankasa iray.

6 – Habe mifandanja : vidy araka ny fiatiana.

– Ny ventim-belarana.
– Refin-joro : fampiasana ny fandrefizoro. Fanovana ny degire ho girady.

– Kajy an-kandrina : mampitombo 5 , 50 ny isatsimivaky iray.

7 – Famerenana ny isa iray ka hatramin'ny isa 1 000 000 (iraitapitrisa).
Ny isa 1 000 000 000 (isa lavitrisa).
– Ny refitany : fampiharana amin'ny famokarana (fambolena, taozavatra, jono, ompy).
Vokatra isam-benty.
– Ny roazodafy : fanoritana; f = refin'ny fototra; h = refin' ny haavo; velarana = v = f x h ; fikajiana ny refin'ny fototra (na ny haavo) raha fantatra ny velarana sy ny refin' ny haavo (na ny fototra). Fampiharana amin'ny famokarana (voly, taozavatra, jono, ompy).
– Kajy an-kandrina : Zarao 5, 50 ny isatsimivaky iray.

8 – Toetra mampiavaka ny fahazoana mizara katra amin'ny isa : 2, 4, 5, 3, 9.
– Ny refin-kadiry.
– Ny refin-joro (tohiny). Fikajiana ny refin-joro.

– Kajy an-kandrina : Ampitomboy 11, 21, 31 ny isatsimivaky iray.

9 – Ny vanga na vidy ividianana ; ny masonkarena.

– Fifandraisan'ny refin-danja, refim-piatina ary ny rafin-kadiry.

Figure 14 : Extrait du programme du primaire Madagascar 1976

En 1985, 1986, le programme reprenait le bilingue, du moins pour le primaire et le collège. Le lycée était toujours en français et c'est ce qui bloquait le passage au lycée de plusieurs élèves après la troisième (BEPC)

En 1995, l’enseignement en français reprenait. Par contre, surtout dans le public, l’enseignement des mathématiques en CP I et CP II était consigné en malgache. Pendant ce temps, une recherche sur les mathématiques pour ces deux classes se faisait jour, le « KAJY MAMPISAINA », le calcul qui fait réfléchir. Un manuel pour l’élève et un guide pour l’enseignant. Il était conçu par un groupe de chercheur de l’UERP : Unité d’étude et de Recherche Pédagogiques à Madagascar sous la direction de Monsieur ZANDRY SERAPHIN.

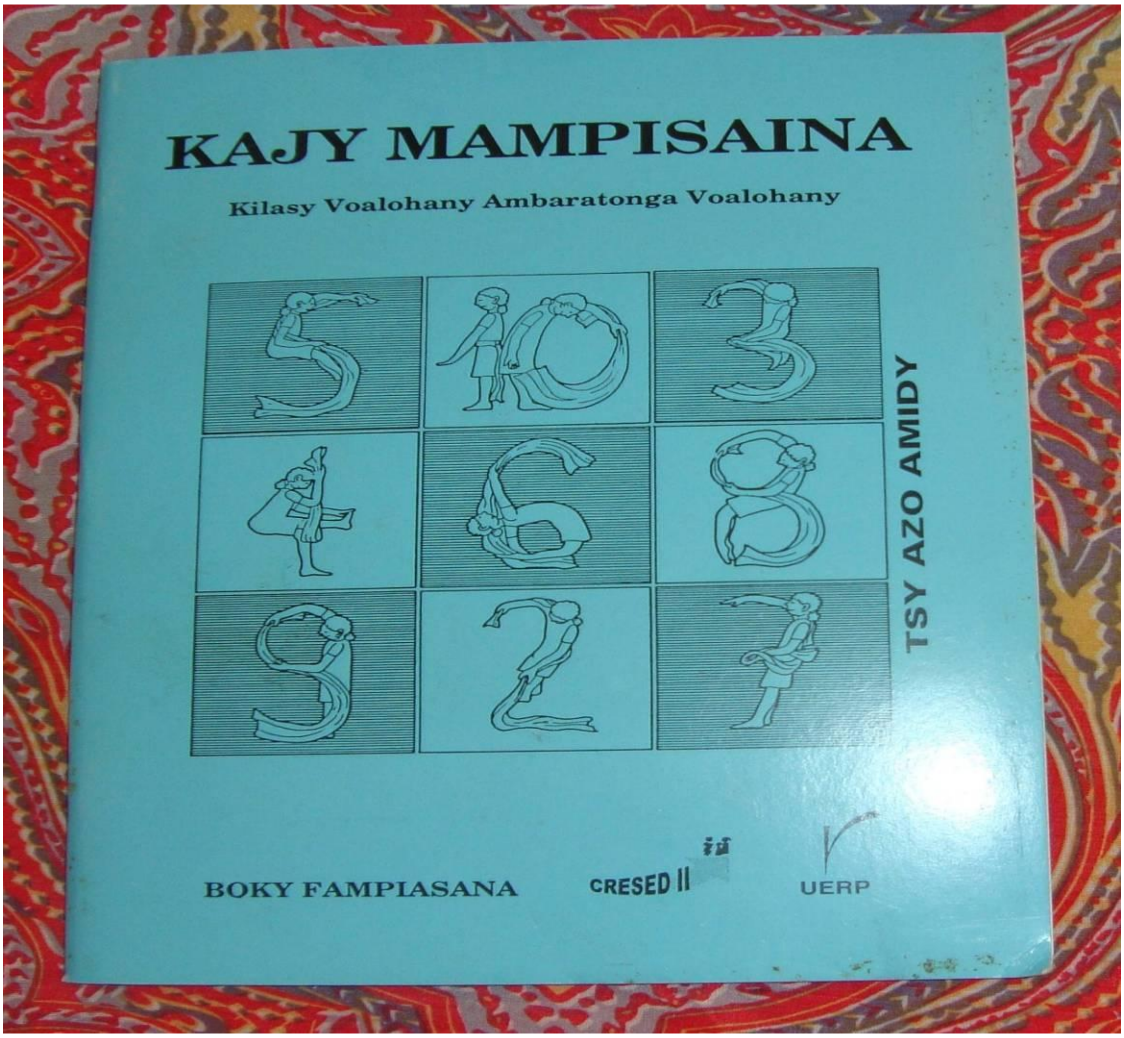


Figure 15: Couverture du manuel KAJY MAMPISAINA CP I MINESEB

Une petite réflexion sur ce manuel. Nous concevons que ce manuel est bien adapté aux enfants malgaches. Le vocabulaire et les situations problèmes se référaient à la vie quotidienne de l'élève, des objets à leur portée. Mais ce petit manuel n'est pas arrivé aux objectifs escomptés, du moins dans tout l'enseignement privé, car il a fallu une formation pour l'utiliser à bon escient. Partant, ce manuel est resté comme documentation ou simple lecture pour les élèves.

En conclusion, l'enseignement des mathématiques est en bilingue dans les classes primaires et quelques classes secondaires, selon les établissements. Nous disons bilingue, mais au juste, le vocabulaire technique reste en français, car le vrai vocabulaire technique malgache n'est pas connu par la plupart des enseignants eux-mêmes.

6.2. APPROCHES ETHNOMATHEMATIQUES ET LINGUISTIQUE

6.2.1. ETHNOMATHEMATIQUES

6.2.1.1. Les ethnomathématiques au sens de d'Ambrosio

D'AMBROSIO ne s'intéresse pas seulement aux propriétés des mathématiques dans les activités pratiquées par les sociétés de tradition orale. Il est aussi sensible au programme de mathématiques qu'on offre à l'école, ce programme qui n'est pas toujours lié avec la réalité que l'enfant vit. Il souligne que l'objectif de l'éducation est de former l'enfant, l'élève, pour être un citoyen au service de la société, ou le pays.

En effet, « les ethonomathématiques sont nées de la volonté d'approfondir les liens des mathématiques avec la réalité, liens tels qu'appréhendés par les hommes…Les premiers hommes ont dû résoudre des problèmes quotidiens, par exemple se repérer dans le temps et dans l'espace, mais aussi chercher à décrire et à expliquer le monde physique » nous souligne D'AMBROSIO (2005). Les mathématiques sont comme toutes les autres cultures, langues que l'enfant hérite de la société où il vit. Mais pourquoi ne pas chercher un contenu de programme en mathématiques qui puisse aider l'enfant à avoir les moyens nécessaires pour réussir dans ce nouveau monde où il vit ?

D'AMBROSIO (2001) confirmed: « "Much of today's curriculum is so disconnected from the child's reality that it is impossible for the child to be a full participant in it."

D'AMBROSIO (2001) explique par le concept d'ethnomathématiques qu'avant les mathématiques « formelles », il y avait bien des mathématiques « spontanées » qui étaient pratiquées par chaque pays, mais qui par les recherches techniques et avancées sont devenues les mathématiques universelles. Chaque peuple avait son rapport, son utilisation des nombres. « Dans leurs approches interculturelles en science de l'éducation », DASEN et al (2000) souligne que toute découverte liée à des activités numériques a son histoire. Il cite la Grèce, la Mésopotamie, les Chinois, l'Inde qui a trouvé le zéro. Tout cela avant de devenir mathématiques formelles est passé par des ethnomathématiques.

« The basic ways of doing mathematic is the result of measuring, counting, comparing, classifying, and inferring and that all this is related to the natural and cultural environment. These ways of doing mathematic in specific natural and cultural environments are called "ethnomatematics" LAVIGNE (2012) Annexe 152.

CHEMILLIER (2008) développa d'autres analyses des activités pratiquées dans des pays d'anciennes traditions orales, comme les jeux africains awalé, (aole, katro en malgache), et sur le sikidy divination, à Madagascar. Il cite ASCHER (1986), en soulignant que les objets utilisés par les sociétés de tradition orale ne sont pas loin des mathématiques occidentales et poursuit les idées d'ASCHER (1986).

"La culture repose sur des systèmes de valeurs enracinés profondément enracinés dans l'histoire des collectivités, et qui se manifestent à travers des pratiques » BLANCHET P (2005)

Les mathématiques ne sont pas faites seulement pour donner des connaissances aux enfants, elles sont données pour développer l'enfant, développer toute la personne de l'enfant, enfant social, qui « est en paix avec lui-même, avec le monde qui l'entoure, avec son environnement » nous explique D'AMBROSIO (2007), dans son article « Peace social justice and ethnomathematics ». Il insiste sur la responsabilité des mathématiciens et des éducateurs en mathématiques, combien les mathématiques influent sur le comportement de la personne en société.

« Today's children are living in a civilization that is dominated by mathematically based technology and unprecedented means of communication. Much of the content of

current mathematics programs does little to help students learn the information and skills necessary to function successfully in this new world" D'AMBROSIO (2001)

Faire construire des connaissances par l'élève suppose que les méthodes et pédagogie partent de tout ce qu'est l'enfant, de ce qu'il a déjà et de tout le potentiel qui peut lui faire réussir cette construction des connaissances, et D'AMBROSIO prône les ethnomathématiques.

« The program ethnomathematics contributes to restoring cultural dignity and offers the intellectual tools for the exercise of citizenship. It enhances creativity, reinforces cultural self-respect, and offers a broad view of mankind. . In everyday life, it is a system of knowledge that offers the possibility of a more favorable and harmonious relation between humans and between humans and nature" D'AMBROSIO (1999 a)

6.2.1.2. Les travaux d'ethnomathématiques à Madagascar.

Loin d'avoir exploré tous les aspects des activités quotidiennes des malgaches, nous pouvons dire que la société malgache a sa conception mathématique pratiquée dans les arts et cultures. Nous prenons l'exemple de la musique, la valiha qui est fabriqué en bambou, la harpe en tube, n'a pas la même disposition de la gamme des instruments de musique international qu'on dit simplement par « ba gasy ». Le calendrier du Ntaolo, ancêtres malgaches, en est un. Les malgaches se réfèrent généralement à la lune. L'effet de la lune sur la vie quotidienne, les évènements, la maladie. Spécialement, pour des évènements importants tels que le famadihana, exhumation, mariage, construction de maison, voyage important, ne se font pas sans concertation du « mpanandro », l'astrologue, celui qui connaît les meilleures journées pour réaliser des évènements. La maison malgache est tournée selon les mois de l'année. Chaque point cardinal a ses forces symboliques, exemple, pour poser son lit, ne jamais mettre la tête tournée vers l'ouest, le soleil se lève à l'Est.

Ce calendrier compte 12 mois, mais compte 352 jours au lieu de 365 jours. Ce qui fait que le mois chaque année ne tombe pas à la même période.

Tableau 9: Le calendrier malgache

ADALO	30 JOURS	JANVIER
ALOHOTSY	30	FEVRIER
ALAHAMADY	29	MARS
ADAORO	30	AVRIL
ADIZAOZA	30	MAI
ASOROTANY	29	JUIN
ALAHATSY	30	JUILLET
ASOMBOLA	29	AOUT
ADIMIZANA	29	SEPTEMBRE
ALAKARABO	30	OCTOBRE
ALAKAOSY	29	NOVEMBRE
ADIJADY	29	DECEMBRE

Nous avons aussi dans les vanneries, les différentes forment géométriques alternées dans le tressage, jusqu' à des écritures. Nous supposons que pour réaliser ces écritures dans la vannerie, ils doivent effectuer des calculs.

Les dernières recherches, sur l'approche par les compétences, nous semblent déjà tenir compte des réalités de l'enfant malgache, surtout dans l'élaboration des situations problèmes en exercices de mathématiques.

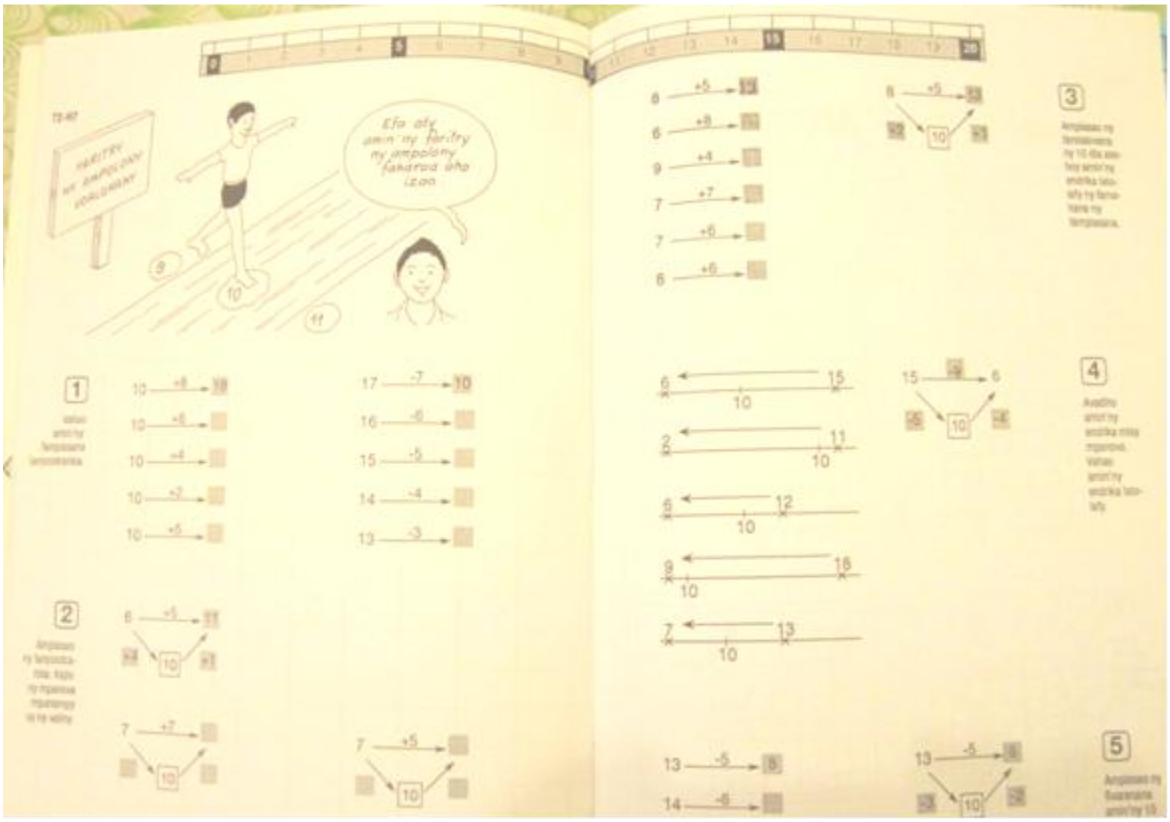


Figure 16: Extrait du manuel KAJY MAMPIASAINA CP I

Mais, comme G LAVIGNE (2012 p 297) énonce : *« ces différents travaux en ethnomathématiques conduisent à une remise en cause de la manière même d'approcher les mathématiques à l'école, de concevoir les programmes et les formations initiales et continues, et interrogent sur la conception de l'enseignement des mathématiques à l'école. »* Nous devons réfléchir en commençant par la façon de dire et écrire des nombres en malgaches. Nous nous alignons avec ANDRIAHAMIHAJA (2007) qu'il y a une contradiction dans la manière d'énoncer et d'écrire les nombres en malgaches. Et nous supposons que cela fait partie des difficultés de l'apprentissage des mathématiques à l'école. Comme il souligne, beaucoup de choses dans la vie quotidienne provoquent des problèmes, exemple, pour dire les numéros de téléphones, pour l'ordinateur et machine à calculer, il faut les lire en français.

« Misy olana tokoa mantsy ny fanisana eto amintsika : maninona, ohatra, no miteny frantsay ny sasany amintsika rehefa manonona isa iray, indrindra rehefa manao asa marika mahazatra toy ny fanampiana, fanalàna, fampitomboana na fizaràna ? Maninona , amin'ireny fotam-pifidianana ireny, no be diso ny fandraisana an-tsoratra ny vooka-pifidianana vakina aminn'y teny malagasy tanteraka ? Maninona no tsy afaka mampiasa mashinna mpikajy sy ordinatera ny Malagasy raha tsy miteny frantsay?" ANDRIAMIHAJA (2007 p 5)°

Tout cela nous amène à réfléchir sur les ethnomathématiques.

6.3. LA LANGUE DE SCOLARISATION A MADAGASCAR

Nous partons du fait qu'on parle plusieurs dialectes à Madagascar, parce qu'il y a 18 ethnies, mais ces dialectes ont les mêmes origines. Ces dialectes évoluent beaucoup par le déplacement du peuple. Nous prenons en exemple, les Betsileo qu'on rencontre presque dans toute l'île. D'où vient la langue malgache ?

6.3.1. Trait historique du peuplement de l'île, la langue.

La tradition orale malgache dit que les premiers peuples malgaches sont les VAZIMBA, des gens de la forêt et des grottes. Toujours, selon la tradition orale, ils s'appelaient aussi NTAOLO, et que les protohistoriens ont découvert de l'ancienne langue austronésienne qui veut dire « tau, ulu » « tau : hommes et ulu : origines, premiers, début et qui se dit en malgache « aloha ». Ce peuplement se faisait entre 500 et 700 av-JC

Selon les protohistoriens, le peuple malgache est issu de plusieurs immigrations, indonésienne, arabe, africaine. Les indonésiens auraient apporté à Madagascar de nombreuses plantes comme, la banane, le cocotier, le taro ou saonjo. La langue parlée chez les Ma'anyan est très apparentée à celles parlées à Madagascar.

Dans la thèse de Gérard LAVIGNE, de la Nouvelle-Calédonie, nous avons découvert l'apparentée de la langue malgache et des nombres à ceux de certaines régions de la Nouvelle Calédonie, du moins dans les premiers nombres entiers en mathématiques.

Le site, http://www.lepetitrobert.fr/l-origine-des-langues/langues-malayo-polynesiennes, nous informe que :

« Les langues malayo-polynésiennes ou austronésiennes comptent plus de 350 millions de locuteurs parlant environ 1 230 langues. Elles recouvrent une aire de très vaste extension : **Madagascar, Indonésie, Mélanésie (dont la Nouvelle-Calédonie), Micronésie, Polynésie (dont les îles de Wallis-et-Futuna et de Tahiti), etc.… »**

Selon les historiens malgaches :

« D'un point de vue linguistique, le « malgache » désigne un groupe de 11 dialectes étroitement apparentés et parlés par les 18 peuples malgaches et sur l'ile de Mayotte. Le « malgache du plateau » est le malgache officiel, il est compris par la plupart de la population même si l'usage des dialectes restent courant.

Il y a cinq sous-groupes (similarité lexicale avec le malgache du plateau [5]):

- 1er sous-groupe
    - Le malgache du plateau,
    - Le malgache betsimisaraka du Sud,
    - Le malgache betsimisaraka du Nord,
    - Le malgache tanosy (antanosy).
- 2e sous-groupe
    - Le malgache sakalava,
    - Le malgache bara (69 %),
    - Le malgache masikoro (72 %),
    - Le malgache tandroy-mahafaly (antandroy) (62 %).

- 3e sous-groupe
    - Le malgache antankarana (antakarana) (71 %).
- 4e sous-groupe
    - Le malgache tsimihety (tsimihety) (68 %).
- 5e sous-groupe Le shibushi de Mayotte

6.3.2. Explication des cartes

Nous avons pris ces cartes pour présenter le mouvement du peuplement de Madagascar autrefois. Elle fait partie des îles de l'Océan Indien qui accueillaient les gens de l'Indonésie, de la Polynésie et de la Mélanésie. Ce qui fait que la langue malgache ressemble beaucoup, du moins phonétiquement, à certaines langues de ces îles, notamment Maori, Tahitien et Walisien.

Expansion des langues austronésiennes (Wikipédia : Peuplement del'Océnaie) Récupéré le 27 janvier 2013

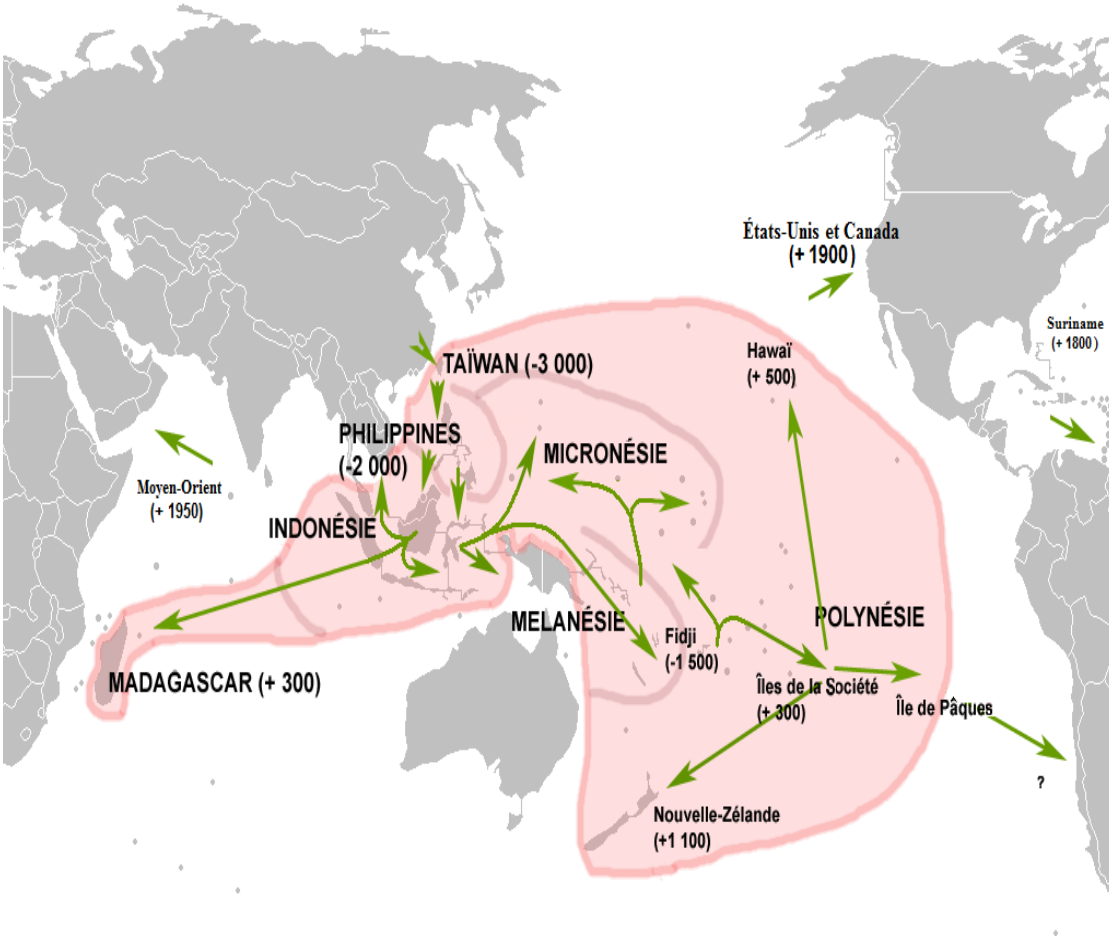


Figure 17 :Expansion des langues austronésiennes (Wikipédia : Peuplement de l'Océnaie) Récupéré le 27 janvier 2013

Figure 18 :Carte des langues malayo-polynésiennes à Madagascar et en Asie du sud-est

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Migrations-autronesiennes.png?

Récupéré le 29/01/2013

6.3.3. La langue seconde : le français

Trois charnières déterminent la langue d'enseignement à Madagascar.

Avant 1896 : Selon les historiens, le premier enseignement a vu le jour sous le roi RADAMA I en 1820 à Madagascar. La langue d'enseignement était le malgache, et l'anglais la première langue étrangère.

En 1896, jusqu'en 1960, Madagascar est devenue colonie française, le français se substitue au malgache. La langue malgache en tant que discipline, au temps de la colonisation était enseignée en français comme langue étrangère. Elle était enseignée en français.

C'était en 1970, selon l'hebdomadaire LUMIERE 1970, que le Ministre des Affaires culturelles demandait au Doyen de la Faculté des Lettres et d'autres personnes avec lui de faire une réflexion sur la place de l'enseignement de la langue malgache dans l'enseignement secondaire. C'est à partir de ce moment que la langue malgache sera enseignée en tant que langue de la culture et de la pensée. D'autre part, le malgache et le français sont toutes deux langues nationales, utilisées dans l'administration et l'enseignement. L'étude de la langue malgache prendra une place importante dans l'enseignement primaire public.

En 1973, le mouvement nationaliste instaure la malgachisation du moins dans l'enseignement public. De son côté, l'enseignement privé regroupait un groupe de réflexion sur la malgachisation du programme. Un groupe de professeurs se réunit, dirigé par les Frères des Ecoles Chrétiennes, pour la rédaction d'un fascicule périodique qui s'appelle TSIRIMPAHAZAVANA, (lumière qui apparaît) pour une recherche sur les programmes. Car malgachisation, selon, Vololona RANDRIAMAROTSIMBA (février 2004 p 200)

« *Ne peut pas se réduire au choix du malgache comme langue d'enseignement. Il faudrait plutôt le concevoir en termes de projet de société, une société déracinée par la colonisation est en quête d'identité. L'adaptation des programmes et méthodes d'enseignement aux réalités sociales et économiques en est l'objet.*

Pour qui veut garantir un système de formation le maximum d'efficacité pédagogique d'enrichissement et d'intégration culturels, l'utilité de la langue maternelle reste encore ce moyen le plus sûr »

La Charte de la révolution socialiste malgache souligne dans sa loi 78-040 du 17 juillet 1978 que :

« *La malgachisation qui se définit en ce domaine comme l'adaptation aux besoins et objectifs nationaux des programmes et des méthodes pédagogiques, implique également l'utilisation de la langue nationale comme langue d'enseignement. L'objectif est, conformément au « Livre Rouge », l'emploi du « Malgache Commun » et jusqu'à la mise au point de ce Malgache commun, seront utilisés le malgache officiel dans ses variantes régionales et le français* »

Le français est utilisé comme ouverture à d'autres cultures et à la formation technologique. Mais comme Madagascar avec les différentes ethnies, avait d'autres langues, certains pensaient que ce soit la langue parlée dans les régions qui soit langue d'enseignement en même temps enseignée. Le Ministre des Affaires Culturelles intervient en disant « que c'est la langue officielle qui unit « le Malgache » et sera enseignée. Malgré cela, des textes en langue des différentes ethnies apparaissaient dans les textes d'enseignement du Malgache, et, les élèves commençaient à l'apprendre. L'unité administrative a instauré le » malgache officiel »

Depuis l'année scolaire 1991-1992, le français est consigné par le Ministère de l'Education Nationale pour qu'il soit la langue d'enseignement. En effet, les différents changements politiques, font que le système éducatif malgache n'est pas tout à fait stable. Après la malgachisation, retour à l'enseignement en français. Mais qui sont les enseignants à partir de 1991 ? Ce sont ceux qui ont eu leur BEPC depuis 1986, ou leur BACC. Or ces gens en général ont commencé leurs études à partir de 1975, ce qui fait dire qu'ils n'ont pas tout à fait le niveau pour pouvoir enseigner le français. Leur enseignement ne sera pas compris, ou ils enseigneront le français en malgache. En conclusion, le niveau de l'apprentissage du français a baissé depuis 1986.

6.3.4. La langue utilisée par le langage mathématique et le langage de la physique.

La langue d'enseignement scientifique était aussi en malgache, mais, qui n'était pas tout à fait comprise par les étudiants, en tant que langue scientifique. Le vocabulaire scientifique et technologique devait être élaboré, prudemment et soigneusement. Comme le souligne le Professeur Raoelina ANDRIAMBOLOLONA, car seul, l'IREM un Institut de recherche sur l'Enseignement Mathématique était destiné à faire la recherche sur les manières d'enseigner les mathématiques, cité dans Vololona ANDRIAMAROTSIMBA(2004) « Le Professeur Raoelina ANRDRIAMBOLOLONA souligne dans son article intitulé « Remarques sur la malgachisation des termes scientifiques », la rareté de ce genre de recherche et la difficulté de son élaboration. Il s'agit en fait du « résultat d'une dizaine d'années de recherches ». Le Professeur Raoelina ANDRIAMBOLOLONA a eu des réserves quand à l'utilisation très rapide des traductions du vocabulaire scientifique. Il préférait faire faire l'expérience d'abord et laisser murir un peu plus la recherche avant de le vulgariser.

Cette malgachisation n'a pas duré. Pour la suite, les enseignants enseignaient en malgache et en français les matières scientifiques. La majorité ne peut pas s'exprimer complètement en français. Ils donnaient les exercices en français, les résumés en français et les examens officiels étaient en deux langues : français et malgache.

A remarquer que l'enseignement des sciences physiques n'était au programme qu'à partir de 1960. Il existait ce qu'on appelait l'enseignement long qui apprenait l'anglais et non les sciences physiques, et en enseignement court, on apprenait les sciences physiques mais pas l'anglais.

:Tableau 10 :Volume horaire du français en classe primaire et secondaire

CPI	6 heures	6ème	4 heures
CP II	6 heures	5ème	4 heures
CE	6 heures	4ème	4 heures
CM I	6 heures	3ème	4 heures
CMII	6 heures		

Les recherches en didactiques des mathématiques se focalisent sur l'enseignement et l'apprentissage de contenus spécifiques à cette discipline. Les notions de cadre, de cadre de rationalité et d'éthnomathématiques répondent à certaines questions et par ailleurs expliquent les difficultés de compréhension des élèves dans d'autres cas. Nous ne nous interrogeons pas seulement sur les contenus à enseigner et les méthodes. L'apprentissage et l'enseignement des mathématiques soulèvent des problèmes liés aux processus cognitifs. La construction d'un concept nous conduit à trois étapes comme l'explique VERGNAUD (1991) dans la théorie des champs conceptuels : les situations, les invariants et les symboles. Les symboles nous appellent aux différentes représentations, plus exactement les représentations sémiotiques développées par DUVAL (1995). C'est l'objet de la suite de notre exposé.

7. REGISTRES SEMIOTIQUES

7.1. Registres sémiotiques selon DUVAL (1995) en mathématiques

Le concept de registres sémiotiques est introduit par DUVAL (1995) en mathématiques. Pour lui, « les objets mathématiques ne sont pas directement accessibles à la perception, il faut donc en donner des représentations ». Nous pouvons nous imaginer par exemple la notion de droites perpendiculaires. Enoncer, « deux droites sont perpendiculaires si elles se coupent en formant un angle droit » n'est pas automatiquement compris par l'élève à la leçon de mathématique. Cet énoncé est compris dans le langage naturel quand la notion d'angle et la notion d'intersection sont connues. Mais quand l'élève ou l'enseignant trace cela, d'autres contraintes interviennent pour que cet objet représente vraiment ce qui est énoncé dans le langage. Tracer deux droites perpendiculaires, dans une surface plane nécessite l'utilisation de matériels pour former l'angle de 90°, énoncé, figure géométrique ne correspondent que dans certaines conditions par celui qui est récepteur du message si on considère l'énoncé comme information. DUVAL (1995 p 39) explique qu'« une figure géométrique, un énoncé en langue naturelle, une formule algébrique, un graphe sont des représentations sémiotiques qui relèvent de systèmes sémiotiques différents ». Ces représentations sémiotiques jouent un rôle primordial. Ils permettent des activités cognitives. Nous allons utiliser cette définition dans le cadre de notre étude.

7.1.1. De l'intérêt de la notion de registres sémiotiques dans notre analyse.

Selon DUVAL (1993 p 39), « *une écriture, une notation, un symbole, représentent un objet mathématique ; un nombre, une fonction, un vecteur…de même, les tracés et les figures représentent des objets mathématiques ; un segment, un point, un cercle…cela veut dire que les objets mathématiques ne doivent pas être confondus avec la représentation qui en est faite* ». Dans notre étude il est question de transfert de connaissances d'une discipline à une autre (mathématiques/physiques). Notre question est : comment l'élève mobilise-t-il les connaissances acquises en mathématiques dans le domaine des sciences physiques ? Plus précisément nous avons considéré le cas de la notion de proportionnalité étudiée en enseignement des mathématiques. La notion de masse volumique en sciences physiques est enseignée en classe de 5ème à Madagascar, incluant la notion de proportionnalité. Cela suppose que l'élève transpose des outils, des objets de mathématique en physique. En prenant certains manuels scolaires de math, nous relevons en exemple, celui de la 5ème à Madagascar. Certains exercices utilisent des exemples de sciences physiques. Ces exercices visent à mettre en œuvre des apprentissages relatifs aux tableaux et aux graphiques (cas de la proportionnalité). Ce qui fait notre choix des registres sémiotiques DUVAL (1995). Nous interprétons cela comme effort d'interdisciplinarité. Et nous nous posons la question, est-ce que les élèves transposent les connaissances en mathématiques dans les sciences physiques. Quels sens donnent-ils aux tableaux, aux graphiques ? La réponse à ces questions nous conduit à nous référer au travail de DUVAL (1995), qui analyse le rôle des différents registres dans l'apprentissage.

7.1.2. Les représentations sémiotiques et l'apprentissage.

DUVAL (1995) classe les représentations en trois catégories : les représentations sémiotiques, les représentations mentales et les représentations computationnelles en confrontant les dualités externe/interne et conscient/non-conscient, que d'autres auteurs ont utilisé en parallèle. Voici un tableau synthétique de ces trois représentations selon DUVAL (1995).

Tableau 11: **Types et fonctions des représentations DUVAL (1995 p 27)**

	INTERNE	EXTERNE
CONSCIENT	Mentale Fonction d'objectivation	Sémiotique Fonction d'objectivation Fonction d'expression Fonction de traitement intentionnel
NON-CONSCIENT	Computationnelle Fonction de traitement automatique ou quasi-instantané	

7.1.2.1. La représentation mentale

Pour expliciter l'opposition entre conscient et non-conscient, le sujet a des représentations conscientes et non-conscientes. Les représentations non conscientes sont celles qui échappent complètement à la pensée et qui sont présentes mais qu'il ne remarque pas. Les représentations conscientes sont celles que le sujet remarque et qui sont intentionnelles. Celles-ci ont donc fonction « d'objectivation », c'est-à-dire, la fonction d'objectivation permet au sujet pensant de comprendre, de mettre le mot sur l'objet qu'on peut définir, comme les expressions personnelles du sujet par rapport à un objet, ou une réalité. Le sujet consent à ces représentations et peut le communiquer à autrui. Le sujet pensant comprend et met du sens à ce qu'il a dans la pensée. Mais la représentation mentale est invisible, donc interne. Les représentations mentales ne se communiquent qu'au gré du sujet, d'où l'utilité de l'entretien ou de l'interaction entre les sujets actants. Un sujet peut penser autre chose que ce qu'il exprime. Dans l'enseignement apprentissage, nous venons au contrat didactique (BROUSSEAU 1980).

7.1.2.2. La représentation sémiotique

Les représentations sémiotiques et les représentations mentales peuvent se correspondre selon la manière dont elles sont traitées par le sujet. A titre d'exemple, nous prenons un élève de CE 2, on lui donne la figure géométrique suivante.

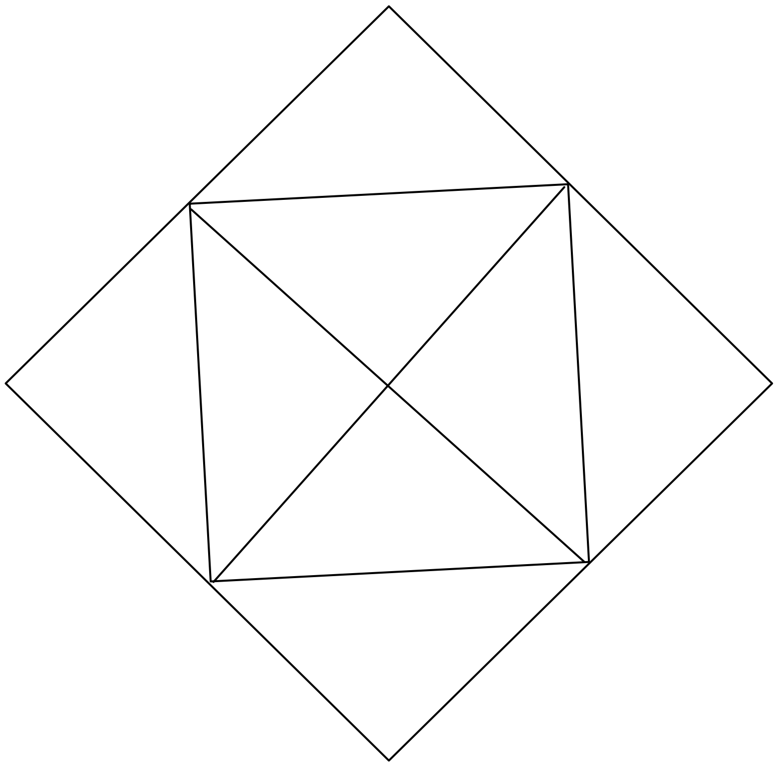


Figure 19 : Figure géométrique par l'auteur.

Dans l'ensemble, chaque élément de cet objet a sa signification, qui permettra à l'élève de reconnaître les différentes formes. Cet objet a sa représentation externe que le lecteur peut interpréter. C'est sa fonction de communication. Revenons à notre objet d'observation. Les élèves à qui on donne à interpréter cette figure, auront plusieurs façons de décrire cet objet, selon leur représentation mentale. Il apercevra des rectangles, des carrés, des losanges. Les rectangles seront difficilement perçus peut-être par l'effet de gestalt. Et encore, si on leur fait compter chaque catégorie. D'abord, les représentations sémiotiques sont externes, perçues par les sens. Par la simple perception elle devient consciente, sauf si le sujet ne fait pas cas. Il peut y avoir correspondance entre les représentations sémiotiques et les représentations mentales. Les représentations mentales ne peuvent être traitées que si elles sont transformées ou converties en représentations sémiotiques.

7.1.2.3. La représentation computationnelle :

Les représentations computationnelles, de part leur analogie au système informatique sont, internes, et non-conscientes, nous les assimilons au « théorème en-acte » dans la théorie des champs conceptuels de VERGNAUD (1991).

La différence entre les représentations computationnelles et les représentations sémiotiques, tient au caractère de la fonction de traitement. Les représentations computationnelles ont une fonction de traitement quasi-instantané. Elles se développent par l'habitude, la compétence et les acquisitions de connaissances. Les représentations sémiotiques ont fonction de traitement intentionnel, elles ont recours aux connaissances et aux représentations mentales, elles se complètent avec les représentations computationnelles.

Dans l'apprentissage, ces différentes représentations fonctionnent dans les activités cognitives de l'élève pensant ou de l'enseignant. La pensée du sujet agissant doit comprendre et mettre du sens à tous ces signes. L'élève ou l'enseignant pendant des activités mathématiques se représentent mentalement ces signes pour faire correspondre les signes à leur signifiance et leur fonctionnement.

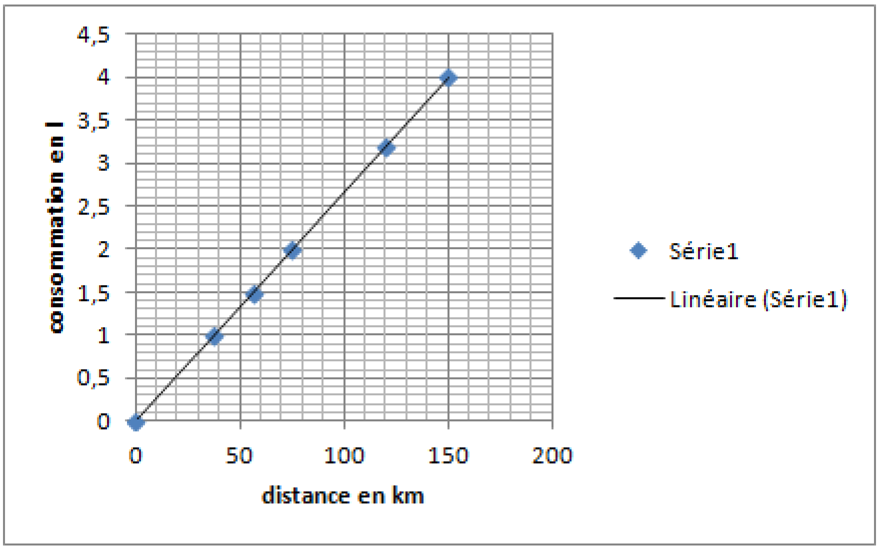
7.1.2.4. La production des connaissances :

Parmi les fonctions des représentations mentales et représentations sémiotiques, la fonction d'objectivation est celle qui construit les connaissances. Par le fonctionnement cognitif, à travers la fonction d'objectivation, le sujet appréhende, distingue, analyse, transforme les différents registres. L'apprentissage, c'est la coordination de tous les registres pour leur donner sens et cela n'est pas spontané.

A titre d'exemple nous prenons le changement de registre où intervient la fonction d'objectivation : la conversion du tableau de proportionnalité en graphique. Soit le tableau qui exprime la distance et la consommation d'une voiture :

Tableau 12 : Le tableau de proportionnalité et le graphique correspondant

Distance en km	37.5	56.25	75	120	150
Consommation en l	1	1.5	2	3.2	4



Pendant l'apprentissage le sujet prend conscience de l'objet, conceptualise, s'approprie des connaissances. L'activité conceptuelle a priorité sur l'activité sémiotique. Intentionnellement, le sujet fait la coordination entre ces deux registres qui représentent la même relation : la proportionnalité entre la distance et la consommation en essence. La fonction d'objectivation permet au sujet de prendre conscience de l'objet de l'apprentissage et c'est ainsi que se construisent les connaissances.

7.2. Registres sémiotiques en physique

MALAFOSSE et al (2001 p 92) se sont posé la question « est-il raisonnable de transposer le concept de la proportionnalité des mathématiques, concept fondé sur des règles de validation de type déductive, dans le cadre de rationalité de la physique à propos d'une activité expérimentale de type inductive ». BEAUFILS (2009) considère que l'enseignement de la physique a pour objectif de mettre l'élève en relation avec le monde réel par les expériences. De cette manière on lui apprend à faire la relation entre le monde réel et le monde des signes qui sont les théories et les modèles.

En sciences physiques, les signes, les graphiques, les tableaux ne sont pas seulement utilisés à des fins de communication. Ils permettent également de représenter les phénomènes. BEAUFILS (2009), avec une nuance, explicite que ce n'est pas la traduction pure des phénomènes mais « le phénomène est dans le graphique : c'est une « phénomènographie ». Les tableaux et les graphiques en sciences physiques représentent-ils les mêmes choses qu'en mathématiques ? DUVAL (1993) répond que les tableaux et les graphiques en mathématiques sont utilisés pour faire correspondre les abscisses et les ordonnées, par contre en physique, pour faire correspondre les grandeurs et les valeurs. En référence à « l'espace de réalité » de LEROUGE (2000), BEAUFILS précise que la sphère cognitive de l'élève est constituée de toutes les représentations mentales, les connaissances, les idées, les théories. Toutes ces connaissances, toutes ces représentations mentales sont en lien avec des objets réels, des faits, des phénomènes dans l'espace de réalité. Partant, les formules, les schémas, les tableaux, les graphiques sont les « phénomènographies » dans « l'espace des signes » qu'il représente par le schéma suivant :

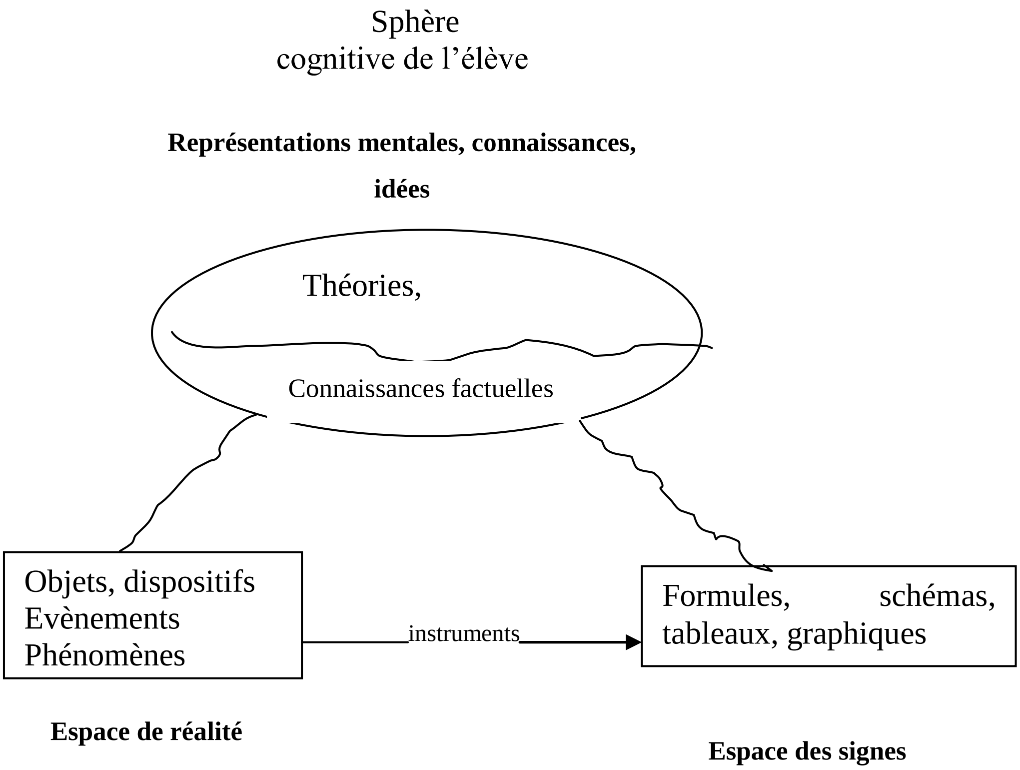


Figure 20 : Un espace des signes qui fait partie du réel de l'élève en classe de physique p25 ASTER48

Il définit l'espace des signes comme « un lieu intermédiaire entre le monde matériel et celui des théories et modèles ». En sciences physiques l'enseignant et l'élève se représentent le réel, c'est la simulation et les expériences. Nous pouvons expliquer comme suit : en sciences physiques l'élève se représente deux choses, la partie théorique qu'il se représente mentalement (idées, connaissances). Il transfert ces connaissances sur les phénomènes, évènements et réalité à étudier dans les expérimentations, et delà, il tire les formules et lois.

8. CHAMPS CONCEPTUELS SELON VERGNAUD REGISTRES SEMIOTIQUES SELON DUVAL

Dans le concept de la proportionnalité, la transformation du tableau en graphique et vice versa, les activités mentales qui sont une partie des activités cognitives construisent des « représentations » et opèrent sur des représentations. L'analyse de ce processus de conceptualisation nous amène à concilier ces deux théories.

8.1. Les représentations sémiotiques font appel à la théorie des champs conceptuels.

Dans les analyses des registres de représentions sémiotiques et le fonctionnement cognitif de la pensée, DUVAL (1993) souligne qu'il faut faire la distinction entre l'objet mathématique et sa représentation. De son côté VERGNAUD (1991) présente la théorie des champs conceptuels qui permet des recherches sur les activités complexes qui a finalité psychologique et didactique. Il remarque que la théorie des champs conceptuels offre un cadre d'analyse des processus de conceptualisation : « *La finalité de la théorie des champs conceptuels est de fournir un cadre qui permet de comprendre les filiations et les ruptures entre connaissances, chez les enfants et les adolescents, en entendant par « connaissances » aussi bien les savoir-faire que les savoirs exprimés* » (VERGNAUD 1991 p 135). Ce qui nous a poussés à concilier ces deux principes dans notre travail de recherche. En effet, l'analyse des registres de représentation sémiotique vont étayer notre étude des tableaux et graphiques dans le concept de la proportionnalité.

8.1.1. Registres de représentation sémiotique, et situation dans la théorie des champs conceptuels.

DUVAL (1993) désigne par représentation sémiotique « *des productions constituées par l'emploi des signes appartenant à un système de représentations qui a ses contraintes propres de signifiance et de fonctionnement. Une figure géométrique, un énoncé en langue naturelle, une formule algébrique, un graphe sont des représentations sémiotiques qui relèvent de système sémiotique différent*. » (DUVAL 1993 p 39). En parallèle, VERGNAUD (1991) appelle situation « l'ensemble des circonstances dans lesquelles se trouve une notion mathématique ». Tous deux font appel à des activités cognitives du sujet. Dans le système des registres, les activités fondamentales sont au nombre de trois (DUVAL 1990)

- La formation d’une représentation identifiable.
- Le traitement de cette représentation dans le registre même où elle a été formée
- Et la conversion de cette représentation en une représentation d’un autre registre.

Quand à la « situation », le sujet fait face à deux types de « situation » :

- Une situation qui lui est peut-être familier, ou une situation à laquelle il a déjà des pré-requis et suppose que le sujet dispose des compétences ou savoir-faire nécessaire pour le traitement.
- Une situation à laquelle le sujet n’a pas les compétences nécessaires pour le traitement et qu’il doit faire face à des recherches, des découvertes, des tâtonnements ; et même à l’échec

Nous pouvons représenter comme suit :

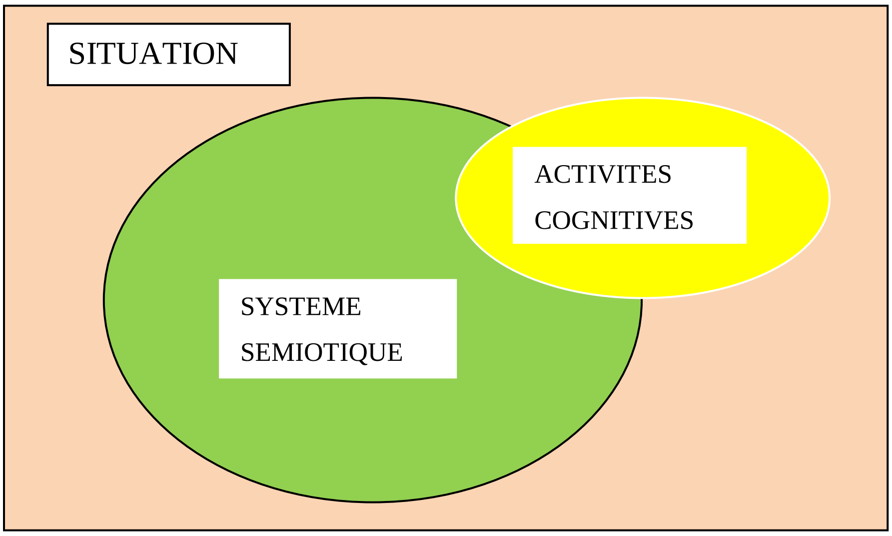


Figure 21: Conciliation de la situation et du système de registre

Dans le cas de la situation de proportionnalité, en prenant la conversion du tableau en graphique ou vice versa. L’élève n’a pas toujours les compétences nécessaires pour résoudre la situation, dans le cas où le tableau coûte beaucoup dans le traitement, quand les opérations sont difficiles, dans le cas des nombres décimaux ou des puissances de 10. Et pour convertir en graphique, plusieurs éléments sont nécessaires pour que le tableau et le graphique se correspondent bien et que le graphique représente bien le tableau, et vice versa. La situation est considérée comme tâche à réaliser. Par les activités cognitives, l’élève fait le lien entre la situation et le système sémiotique.

8.1.2. Registres de représentation sémiotique, et concepts

Selon VERGNAUD (1991), un concept est un triplet de trois ensembles : $\mathcal{C} = (S\ ;\ I\ ;\ \mathcal{S})$

- S : L'ensemble des situations qui donnent du sens au concept *(la référence)*
- I : L'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationnalité des schèmes (*le signifié)*
- $\mathcal{S}$: l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement *(le signifiant)*

Prenons en exemple le concept de la proportionnalité, il prend sens dans les différents types de situations multiplicatives. Les invariants dans ces situations sont le phénomène de rapport de grandeur, spécialement en sciences physiques, et rapport numérique en mathématique. C'est ce que l'élève doit avoir en pensée dans la résolution des situations de proportionnalité. Les signifiants sont les tableaux et les graphiques.

Les tableaux et les graphiques seront aussi les signifiants du concept de la proportionnalité en prenant comme référence le système de registres sémiotiques qui deviennent la situation, dans l'approche de la théorie des champs conceptuels de VERGNAUD (1991). Ces représentants supposent une validation, tenant aux invariants correspondants à chaque représentation sémiotique (tableau, graphique), qui sont les éléments significatifs de chaque représentation sémiotique.

C'est ce que nous supposons interpréter chez l'élève au moment de la conceptualisation. Dans le changement de registre comment se passe l'activité conceptuelle ? L'individu est face aux deux registres. Chaque registre a son propre traitement interne. Et c'est là qu'intervient le schème de VERGNAUD (1994) « qui est l'organisation invariante de la conduite d'un sujet permettant de traiter une même classe de situation ». Dans la conversion des registres, le schème prend en considération les éléments significatifs de chaque registre. Le schème fait la coordination des représentations. Par les « règles d'actions » le sujet fait correspondre les éléments significatifs. Observons un sujet qui transcrit le tableau en graphique, les règles d'actions sont de transporter les nombres de chaque colonne du tableau sur les axes du graphique. Ensuite, faire croiser les points pour pouvoir les joindre et former la droite. « Les invariants opératoires qui permettent de sélectionner les informations pertinentes ».

LEVAIN et VERGNAUD (1994) mettent en garde de ne pas réduire les concepts ni à leur définition, ni à leur utilisation, il explique « un concept-en-acte » n'est pas un concept, « un théorème-en-acte » n'est pas un théorème ». Le schème inadapté est la source des erreurs dans la conceptualisation. En somme l'activité conceptuelle a la priorité sur l'activité sémiotique.

La théorie des champs conceptuels permet d'analyser l'action du sujet en situation, l'organisation de sa conduite. La conduite de l'individu peut être analysée en repérant les schèmes qui sont ou non disponibles pour traiter certaines classes de situation.

8.1.3. L'analyse d'un schème dans la conversion d'un tableau de proportionnalité en graphique

Selon DUVAL (1993), la conversion de la représentation sémiotique est la transformation de cette représentation sémiotique en une autre représentation. La conversion est différente du traitement. La conversion se fait entre deux registres. Le graphique cartésien est la transcription du tableau de proportionnalité, pour le rendre intelligible, plus clair, pour le lecteur, et pour faire apparaître les relations exprimées. La conversion du tableau en graphique, en parlant de la proportionnalité, c'est le moment où l'on transpose les valeurs indiquées dans l'intérieur des cases internes vers les axes du graphique. Ensuite, c'est le traitement qu'on fait à l'intérieur du graphique, c'est-à-dire le croisement des points pour lire la situation de proportionnalité à partir de la droite obtenue.

8.1.3.1. Première démarche de l'individu dans la démarche de conversion

Voici un problème qu'on peut présenter à un élève de 5ème :

Ci-dessous un tableau qui représente le prix du lait en fonction du volume. Est-ce que le prix et les volumes sont proportionnels.

Tableau 13: Trace le graphique correspondant

Volume	3	4	6	7
prix	1,5	2	3	3,5

Pour tracer le graphique correspondant, l’élève est face à un phénomène de « convertibilité ». L’élève se positionne par rapport à cet exercice. Il le nomme, l’identifie, donne un mode d’existence selon son cadre de référence LEROUGE (2000). L’exercice peut évoquer chez l’élève le cadre de rationalité personnel « les objets mentaux ». Cet exercice peut être en lien avec son histoire personnelle, rapport avec ses parents, enseignants. C’est peut être un phénomène vécu dans son quotidien, ou au contraire inconnu. Face aux prix de l’objet, quotidiennement, prix proportionnel à la quantité d’objets. Ce tableau est source de conceptualisation. S’il n’y a rien de particulier, de personnel, l’élève se réfèrera aux disciplines concernées, dictées par l’emploi du temps et le professeur ayant donné cet exercice, il retrouve donc la situation didactique KUZNIAK (2005). En ce moment se préciseront les cadres selon DOUADY (1986). Nous proposons un tableau comme suit pour éclaircir, en prenant l’exemple du cadre des mathématiques.

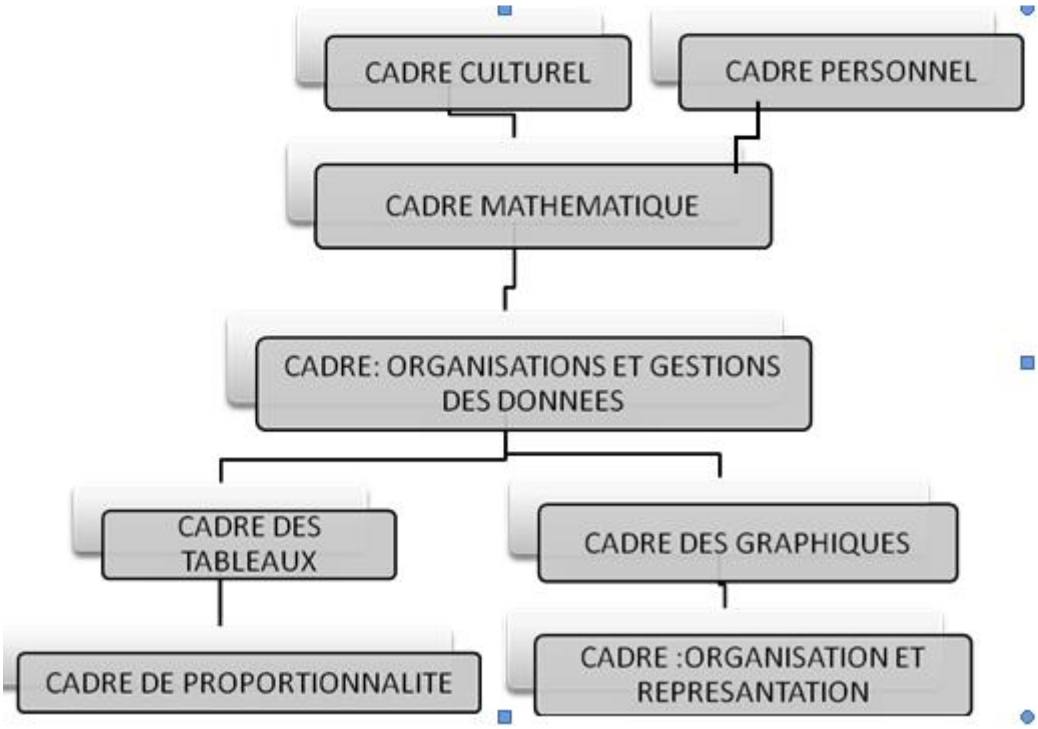


Figure 22 : Organisation du cadre de rationalité

Dans un cadre de rationalité, l’élève dans une tâche ouvre deux fenêtres de rationalité : fenêtre personnelle et fenêtre culturelle. Chez VERGNAUD (1991), l’élève cherche à se situer dans un ensemble d’objets pour trouver sa signification, son référent. Il fait une interprétation globale du tableau selon DUVAL(2003), la prise de conscience des différents cadres influe sur la réalisation de ce travail.

8.1.3.2. Deuxième démarche de la démarche

Il lit l'énoncé, pour résoudre ce problème. Le schème a recours à l'anticipation, par simple perception visuelle, les connaissances antérieures. L'élève peut avoir des connaissances préalables. Les invariants opératoires se mettent en œuvre. Si l'élève est assez compétent, il reconnaîtra par simple perception visuelle que le tableau est proportionnel et par référence construira le graphique selon la règle de la proportionnalité.

8.1.3.3. Troisième démarche

L'élève met en œuvre les règles d'action pour tracer un graphique : choix du papier (millimétré ou simple), tracer les axes codés, choix de l'échelle pour que le graphique ait une apparence lisible et facile à interpréter ; choix de l'emplacement des grandeurs. Par les règles d'action, l'élève comprend la situation, sélectionne les éléments pertinents pour l'opération de l'action. Elle concourt à l'intelligibilité de l'action, et donne sens à la conversion, au transfert et la manipulation. Trouver des stratégies pour réussir la tâche. La coordination des deux registres fait partie des règles d'action. Le tableau peut être présenté comme suit :

Tableau 14:Tableau à double entrée

Volume / Prix	3	4	6	7
1,5	2			
2		2		
3			2	
3,5				2

Par cette présentation du tableau, la coordination visuelle peut être déjà facilitée dans la notion de proportionnalité.

8.1.3.4. Quatrième démarche

Les invariants du schème dans la conversion du tableau en graphique sont les unités signifiantes. Dans le tableau, la vue est focalisée sur les couples des nombres, la lecture du tableau se fera verticalement, et la construction du graphique, cela commence aussi par le traçage des axes vertical ou horizontal selon l'habitude de l'élève ou horizontal puis vertical. Les unités signifiantes du tableau les marges et la liste ordonnée des informations. Dans le tableau de proportionnalité, il y a croisement des marges et c'est ce qu'on va tracer sur le graphique.

Les unités signifiantes du graphique, les invariants sont les contenus, les informations qu'il apporte. L'action de l'élève est de traduire le référent en signifiant. La coordination des registres relève de la complémentarité du tableau et du graphique. Les informations sur le graphique sont complétées par la forme visuelle.

DUVAL (1995) dit que l'apprentissage ne se fait qu'en un seul registre « monoregistre » ce qui ne permet pas beaucoup la mobilisation de transfert des connaissances. Que faut-il pour que l'élève arrive à la coordination des registres qui ne s'acquièrent pas en multipliant seulement les activités de conversion tant en mathématique que physique.

8.1.3.5. Les problèmes spécifiques aux changements de registres

Les manuels scolaires renferment des situations problèmes sous différents registres de représentations (schéma, langage, graphique, tableau, langage ensembliste). Tout cela pour mieux expliciter, expliquer, éclaircir les énoncés, les exercices. On considère que les conversions des registres sont des activités « naturelles » pour les élèves. Cette activité n'est pas si facile, automatique comme on le pense. Nous prenons l'exemple d'un exercice qu'on fait faire à l'élève de CE2. Ecrire en chiffre le nombre suivant *mille neuf cent cinquante* : certains élèves n'hésitent pas du tout à écrire : 1000 900 50, ce qui n'est pas faux. C'est bien ce qui est écrit dans l'énoncé. Pour transcrire ce nombre, qu'est-ce que l'enfant doit savoir ? Où réside le problème ?

Il faut considérer les deux registres, l'un de départ et l'autre d'arrivée. Une correspondance terme à terme ne suffit pas. Il faut une réorganisation du registre de départ pour obtenir l'expression correspondante. Pour aider l'enfant l'instituteur a dit « quand tu vois mille et qu'il y a encore une suite, tu retiens les 000 en tête mais tu ne l'écris pas, la même chose pour 900 ». Là, c'est un problème de congruence difficile à résoudre. Parmi les problèmes de changement de registre, la question de congruence et non congruence est à la base de la réussite du résultat. Un autre, exemple : *quatre vingt-dix* (90), l'élève peut bien écrire 4 20 10 ou encore 80 10, et par contre en Belgique et Suisse, étant donné que 90 se dit nonante il y a congruence.

La solution prônée est la coordination des registres. L'esprit mathématique doit faire une gymnastique, faire toujours la distinction entre l'objet et sa représentation. Deux activités sont donc inséparables en mathématique : l'appréhension conceptuelle des objets et la représentation sémiotique de ces objets pour les comprendre. Par la représentation mentale l'individu a une conception des objets et des situations, par les représentations sémiotiques il extériorise et exprime ses représentations mentales (c'est la sémiosis et le noesis). La coordination est le travail de mise en lien du sémiosis et du noesis.

9. SYNTHESE THEORIQUE ET PROBLEMATISATION

9.1. Ce qu'apportent les différentes théories.

Nous nous intéressons à un concept la proportionnalité mobilisé dans deux disciplines, ce qui nous conduit à analyser les problèmes de l'élève dans le transfert de connaissances acquises en mathématiques vers les sciences physiques. Nous nous intéressons spécifiquement à l'articulation transdisciplinaire. La première partie de notre travail d'étude nous a conduit à mettre en relation la transdisciplinarité et le transfert des connaissances.

9.1.1. Transdisciplinarité et transfert des connaissances :

KOURLISKY (2003) développe que l'apprentissage n'est pas disciplinaire. Prenons l'exemple des mathématiques et des sciences physiques. Pour l'élève malgache chez qui l'enseignement de ces deux disciplines est dispensé en français, la connaissance des langues intervient dans la compréhension et la maîtrise de ces deux disciplines. L'esprit d'analyse et de synthèse acquis en mathématique sont utilisés pour les autres matières comme la statistique et histoire/ géographie, la liste n'est pas exhaustive. On peut appeler encore cela l'interdisciplinarité. Parlant de transdisciplinarité, nous abordons plus d'une discipline.

De son côté, Tardif (1999) prône le transfert des connaissances et des compétences est la base de la « globalisation ». La capacité de transfert des connaissances d'un apprenant est une des preuves de l'efficacité d'un apprentissage.

Regarder, comment les élèves intègrent les connaissances et les compétences, c'est les phénomènes de transfert et de transdisciplinarité. Mais ce n'est pas l'affaire de l'élève seul, BROUSSEAU (1980) définit l'enseignement apprentissage de système, c'est pourquoi

CHEVALLARD a introduit le concept de transposition didactique qui invite chaque acteur de réfléchir à partir du « savoir savant » jusqu'au « savoir à enseigner » pour être un « savoir enseigné » et un « savoir approprié » (PERRENOUD 2001). Qui nous conduit à nous poser la question si la transmission des connaissances des deux disciplines est cohérente.

9.1.2. La transposition didactique selon CHEVALLARD

Notre analyse est basée sur l'enseignement apprentissage bien qu'elle n'engage pas directement l'ingénierie didactique. Dans situation d'enseignement apprentissage CHEVALLARD (1991) explique que les savoirs savants subissent une transformation pour qu'ils soient « accessibles » BARTH (2004) aux apprenants. PERRENOUD (2001) perçoit cette transposition didactique en aval plus loin. Les savoirs et les pratiques reconnus par la société passent dans les programmes officiels. Pour les transmettre, les enseignants consultent ce curriculum. Et l'apprenant s'en approprie de ce qu'on lui dispense. La transposition didactique prévoit une circulation des savoirs pour qu'ils atterrissent à bon escient et engage le sujet apprenant.

Poursuivant l'idée de « système » de BROUSSEAU (1980), nous arrivons au « milieu » dans lequel se trouve l'élève apprenant. Il est sollicité de divers côtés, « cadre rationnel, familier, culturel », et qu'il doit lui-même gérer pendant son apprentissage. C'est un autre aspect qu'il faut considérer, et nous estimons même le plus éminent car cela concerne directement l'élève apprenant.

9.1.3. Les différents cadres selon DAOUDY (1986) ou LEROUGE et al (2001), atteignent les ethnomathématiques de D'AMBROSIO (2001)

L'apprenant tiraillé par la synergie des différents milieux (BROUSSEAU 2004) doit travailler en paix et en cohérence. LEROUGE et al, (2001) parle de cadre pour expliquer l'influence des différents esprits des disciplines mathématiques et sciences physiques. Et eux d'ajouter, que l'apprenant est marqué par ce qui est culturel tout qu'il apprend en dehors de lui, et signé par ce qui est familier tout ce qui est en lui, qui fait son être. De son côté, D'AMBROSIO (2001) rappelle que l'enfant porte dans son fort intérieur la culture. La culture des collectivités auxquelles il appartient. Cette culture est enracinés en lui et l'accompagne inconsciemment dans sa construction des connaissances et compétences, et se manifestes dans ses pratiques spontanées. Cela exige que faire construire des connaissances par l'élève doit tenir compte des méthodes et pédagogies partant de tout ce qu'il est. Ne pas perdre de vue son « déjà-là » et tout le potentiel qui peut le guider dans cette exploration des réalités du monde. DOUADY (1986), dans le respect du sujet apprenant, suscite le changement de cadre, surtout par l'enseignant, pour l'aider à accéder à une démarche qui lui soit moins coûteux dans le traitement.

Nous allons de plus en plus vers l'individu apprenant, pas seulement apprenant mais conceptualisant et nous amène au champ conceptuel de VERGNAUD (1991), sa relation au savoir, ses échecs dans les tâches qu'on lui propose dans des situations « didactiques » ou « a didactiques » BROUSSEAU (1980) sont déterminés par le fonctionnement de son schème.

9.1.4. Conceptualisation selon VERGNAUD :

La conceptualisation en appelle à la théorie des champs conceptuels de VERGNAUD (1991). L'apprenant utilise des schèmes pour la construction des connaissances. Les schèmes sont disponibles selon les classes de situations à traiter et que l'erreur vient de l'utilisation d'un schème non adapté. Prenons l'exemple d'un élève de classe de 5ème qui traite un exercice sur la situation de proportionnalité. Il lui est donnée de convertir (DUVAL 1995) un tableau de proportionnalité en graphique. Ce sont les schèmes qui lui permettent de distinguer les éléments significatifs (DUVAL 1995) de chaque représentation sémiotique et de réussir à passer d'un registre à un autre et vice versa. C'est le « théorème-en-acte » de VERGNAUD (1991) qui produit les activités à l'intérieur du même registre, soit un tableau, soit un graphique ou autre.

L'élève apprend au contact de l'autre, le débat, quelle que soit la discipline, est au service de l'éducation chez l'enfant. Par la discussion, il garde son esprit ouvert et critique. Dans son apprentissage en groupe, les interactions verbales accompagnent l'appropriation des démarches et attitudes intellectuelles afférentes aux notions à acquérir. Nous nous joignons à la conception de DOISE et MUGNY pour comprendre la construction de sens que l'enfant met dans son apprentissage en groupe.

9.1.5. Le conflit sociocognitif selon DOISE et MUGNY (1981)

L'apprenant a besoin de l'autre dans sa construction des connaissances. DOISE et MUGNY (1981) prouve que, pendant l'interaction avec l'adulte ou un autre, l'individu, ou l'apprenant organise des éléments cognitifs plus élaborés et bien plus performants. Après cette collaboration avec l'autre ou l'adulte, l'enfant ou l'individu s'améliore et arrive à réaliser seul une action qu'il n'aurait pas fait tout seul avant la collaboration. Pour l'enfant malgache, les parents répètent souvent « Jereo anie ny ataon'ny olona » qui veut dire, regardent ce que font les gens. L'enfant malgache est très imitateur. Cette imitation est source d'initiatives et de créativités. Ce qui est bien dans les pensées de DOISE et MUGNY(1981)

9.2. Formulation de la problématique

A la lumière de ces différents cadres théoriques que nous avons étudiés dans la première partie de notre travail, des questions émergent. A partir de la première question que nous nous sommes posée à l'origine de notre travail « comment reconnaît-on que l'apprentissage est efficace ? ». Nous sommes désormais en mesure de poser plus précisément les questions suivantes.

- ✓ Comment l'élève construit un sens à ce qu'il apprend dans son apprentissage ?
- ✓ Comment l'élève intègre les connaissances et compétences issues des différentes disciplines ?
- ✓ Comment les enseignants dans leur pratique quotidienne guident-ils les élèves dans le transfert des acquis ?
- ✓ La présentation de la proportionnalité par les enseignants, d'une discipline à une autre, est-elle cohérente ?
- ✓ Comment aider les enseignants à être cohérent dans leur enseignement apprentissage ?

Notre problématique tourne autour de la question suivante : « **Dans quelle mesure, la présentation des contenus relatifs à la proportionnalité dans les deux disciplines mathématiques et sciences physiques, favorise l'articulation par les élèves des connaissances et des compétences ? »**

L'articulation des connaissances d'une discipline à une autre relève de la construction et de l'appropriation des propriétés d'un ou de plusieurs concepts de chacune des deux disciplines. Dans le champ de notre étude, les disciplines mathématiques et sciences physiques, sur la notion de la proportionnalité, nous servent d'outils d'analyse. Apparemment, c'est une affaire de conceptualisation, cela concerne l'élève spécifiquement. L'habileté de transfert de connaissances de l'élève assure cette articulation des connaissances. L'enseignant qui a en charge la présentation du concept à travers les situations didactiques conçues en est aussi l'auteur. Nous supposons considérer différentes « situations » pour explorer cette question.

En première hypothèse nous émettons que : du point de vue concept de la proportionnalité, chaque représentation sémiotique porte une signification du concept dans chacune des deux disciplines.

En deuxième hypothèse, nous formulons qu'il est possible de résoudre des problèmes mettant en jeu la proportionnalité, en mathématique de la même manière qu'en sciences physiques. Notamment les élèves peuvent s'appuyer sur des représentations sémiotiques similaires (tableau, graphique)

En troisième hypothèse, nous énonçons, l'enseignant de mathématique ainsi que l'enseignant de sciences physiques ne fait pas explicitement de différence, entre les deux disciplines, quand il s'agit de la résolution de la situation proportionnalité.

CADRE D'INVESTIGATION

Cette partie du travail présente les fondements théoriques de la méthodologie que nous avons mise en place pour le recueil, le traitement, l'analyse des données. Nous l'avons organisée autour de quatre points principaux :

- Comment nous avons organisé les recueils des données ?
- Pourquoi et pour quoi elles étaient construites de telles façons ;
- Quelles étaient les techniques de réalisation

1. ORGANISATION DE L'INVESTIGATION

Nous avons choisi la triangulation : observation-entretien-questionnaire pour pouvoir confronter les données, pour avoir des informations variées. Nous espérons décrire les difficultés des élèves à articuler les connaissances acquises en mathématiques, en sciences physiques qui, disons-nous, est un domaine assez délicat car « articuler les connaissances » suppose un processus de conceptualisation. Mais, comme nous sommes dans une situation de classe, nous pensons découvrir aussi les stratégies mises en place par les enseignants dans leur pratique quotidienne concernant ce problème. Nous voulons porter notre observation sur les activités des élèves. Elle se veut compréhensive, elle fait appel à l'intuition et l'interprétation des paroles des enseignants, des données, des documents tels que ceux accessibles dans les manuels scolaires, les programmes scolaires, et les cahiers d'élèves. Notre recueil d'informations est dans une situation d'action et d'interaction. Il sera organisé par les exercices individuels tant des élèves que les enseignants. Nous allons repérer à travers les traces écrites et orales ce que font les élèves et les enseignants.

Dans notre méthode de recueils de données, nous avons utilisé deux langues, la langue officielle à Madagascar, nous ne disons pas langue maternelle car cela varie selon chaque région. Et la langue française, car nous sommes dans le système éducatif, la langue d'enseignement est le français. Nous avons utilisé ces deux langues, parce que, nous traitons de disciplines scientifiques. Beaucoup parmi la population que nous avons interrogée, ne maîtrisent pas, et ou ne connaissent pas le vocabulaire technique en malgache, car il en existe.

Et du côté entretien, il est plus aisé de s’entretenir dans une langue qu’on connaît. Nos transcriptions sont donc traduites du malgache au français

Dans notre projet de recherche nous avons présenté un chronogramme estimatif de nos travaux de recherche. Nous avons essayé de le suivre comme suit

- ✓ En septembre 2009-2010, nous avons commencé par la phase exploratoire, c’était avec les élèves, entretien avec les enseignants phase préparatoire, une observation directe d’une classe
- ✓ Octobre novembre 2011 transcription des entretiens et formulation des questionnaires, et décembre 2011 envoi des questionnaires
- ✓ Janvier 2012-mai 2012compilation des données
- ✓ Juillet 2012 dépouillement des données et première lecture.

1.1. Choix de la population

Comme choix de population, nous n’avons pas fait une étude spéciale du milieu où nous avons fait la collecte des données. Nous avons profité de notre lieu de travail, étant conseillère pédagogique de l’enseignement primaire et secondaire itinérante, nous avons essayé d’avoir une représentativité des classes à Madagascar. De même pour les enseignants, nous avons essayé d’atteindre des lieux qui permettront de refléter la situation des établissements à Madagascar. Nous avons surtout travaillé avec les enseignants d’établissements privés, car au moment où nous avons fait nos recueils de données, les enseignants de l’enseignement public étaient presque tous en manifestation.

Les enseignants privés représentent un taux fort de représentativité car, à titre d’exemple nous prenons quelques chiffres du collège. Nous prenons celui du collège, car dans notre recherche, ils sont plus nombreux. En 2005 selon l’institut national de la statistique de Madagascar, relevé par le PASEC (Programme d’Analyse des Systèmes Educatifs de la CONFEMEN) les enseignants du collège est de 12160 dans l’enseignement public, et 11390 dans l’enseignement privé. Au total, 23556. Et si nous faisons un simple calcul du pourcentage. Nous avons 48,36% d’enseignants du privé dans le collège. Nous considérons cet effectif assez significatif statistiquement en général.

1.1.1. Choix des élèves

Cette étude est la suite de notre recherche en MASTER, où nous avons travaillé avec des élèves de $4^{ème}$ à Lyon. Nous avons voulu le faire dans la même classe à Madagascar, mais quand nous avons lu le programme malgache, nous avons constaté qu'il n'y a pas de chapitre en sciences physiques qui applique la proportionnalité en classe de 4ème. D'où le choix de la classe de $5^{ème}$. Nous avons essayé d'avoir des établissements ruraux et urbains. Nous avons eu dans l'ensemble 298 élèves interrogés individuellement ou par écrit. Pour question de représentativité de Madagascar, nous n'avons pas eu la région du Nord et de l'Est, nous n'avions pas eu les moyens matériels. Par contre, notre étude était centrée sur les classes en fin de primaire et début de collège. Nous avons pris le temps de faire un entretien avec un groupe classe de $4^{ème}$, $3^{ème}$ et de $5^{ème}$ pour nous informer sur la continuité des connaissances acquises (évaluation). Dans l'ensemble, nous avons atteint autour de 402 élèves.

1.1.2. Choix des enseignants

Pour contacter les enseignants, nous avons l'effectif important dans la province de Tananarive, milieu urbain et milieu rural. Du côté géographique, nous en avons eu quelques uns dans les autres provinces, c'est-à-dire, nous avons une représentation de quatre provinces sur six. Mais la population malgache est une population qui se déplace beaucoup, même si nous n'avons fait les études que sur les hauts plateaux, nous avons une représentativité des malgaches. Par contre, grâce à l'aide du Professeur André TOTOHASINA, nous avons pu recueillir des questionnaires de quelques répondants de la Province d'Antseranana. Dans l'ensemble, nous avons pu avoir 125 répondants de nos questionnaires. C'est-à-dire 130, car nous n'avons pas donné de questionnaires à ceux avec qui nous nous sommes entretenus individuellement.

590 kilomètres

1590 kilomètres

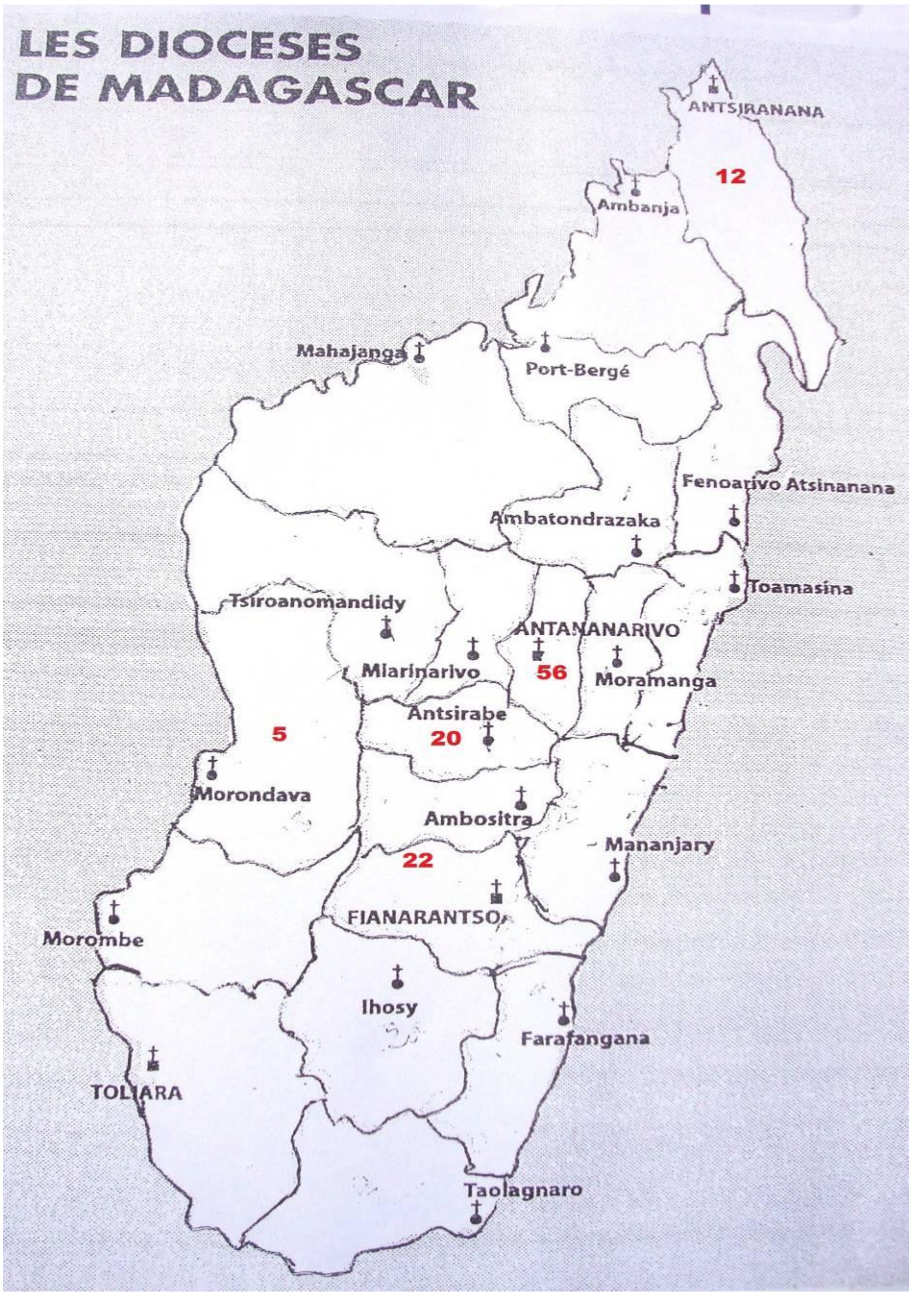


Figure 23 : Carte des diocèses représentant les lieux où nous avons recueillis des données

Antseranana 12, Antananarivo 56, Antsirabe 20, Fianarantsoa 22, Morondava. 5

1.1.1. D'autres personnes

L'approche ethnomathématique nous a incitées à contacter d'autres personnes que les acteurs de l'éducation pour compléter nos données. Pour cette partie, nous n'avons pas pu atteindre toutes les ethnies. Nous savons pourtant que la façon de compter se répartit en deux.

2. LES ENTRETIENS

2.1. Entretien préparatoire

Dans notre méthodologie, nous appelons phase préparatoire, le moment de rencontre pour choisir la population avec qui nous pourrons faire notre étude. Une étude du milieu pour déterminer notre méthode de recherche, population, matériel nécessaire, quand et comment recueillir les données. Cette phase exploratoire, outre l'exploitation des documents, consiste surtout à faire des entretiens et observation de classe.

Notre objectif dans les entretiens était précis. Comme nous avons eu du mal à construire nos questionnaires, nous avons commencé par des entretiens. Pour prendre contact aves les élèves, les directeurs nous ont introduits dans la relation. Le motif avancé était l'amélioration de la situation d'enseignement apprentissage. Avec les enseignants, nous avons nous même cherché à avoir le contact avec les enseignants concernés. Nous n'avons pas eu besoin d'accréditation car cela se passe dans le domaine de notre fonction de conseillère pédagogique. En général, nos entretiens étaient non-directifs.

2.1.1. Avec les enseignants

Nous avons orienté nos entretiens sur les domaines suivants :

- ce que les enseignants pensent de la proportionnalité en enseignement des mathématiques et sciences physiques, ce qu'ils utilisent pour faciliter la compréhension de l'élève.
- ce qu'ils font pour introduire la notion de la proportionnalité en mathématiques et sciences physiques, quelle place pour chaque registre.
- comment ils font la relation entre les mathématiques et les sciences physiques
- ce que pensent les élèves sur la relation entre l'apprentissage des mathématiques et des sciences physiques ;

- tenir compte des cadres de référence, rapport au savoir de l'enseignant et de l'élève

Nous n'avons pas préparé de questionnaires d'entretien spécifiques. Nous avons réalisé des entretiens où ils pouvaient s'exprimer librement, tout en leur posant un certain nombre de questions que nous considérons importantes dans notre recherche. Nous avons fait en sorte, à la lumière de l'entretien d'explicitation de Pierre VERMERSCH (2003), que les enseignants expriment ce qu'ils font dans leur enseignement. Nos entretiens étaient surtout centrés sur leur pratique quotidienne, pour nous aider à formuler nos questionnaires.

Nous avons essayé de contacter des professeurs de mathématiques et de sciences physiques pour pouvoir choisir d'abord à qui nous pourrions passer nos questionnaires. Par ailleurs, pour mûrir nos questionnaires, nous avions donc fait des entretiens pour nous informer sur les pratiques quotidiennes des enseignants concernant les disciplines mathématiques et physiques. Nous supposons que dans les entretiens nous aurons des éléments pour étoffer nos questionnaires. Comme notre recherche est beaucoup plus qualitative que quantitative, nous devions comprendre la situation que vivent les enseignants. Nous pensions aussi confronter les points de vue des enseignants.

Nous avons eu quatre entretiens, avec deux professeurs de mathématiques en même temps que de sciences physiques, deux de sciences physiques seulement.

Nous avons orienté nos entretiens sur :

- Les liens qu'ils font entre les deux disciplines, pour eux-mêmes. Et comment ils construisaient les situations de classe pour permettre à l'élève de faire le transfert de connaissance entre ces deux disciplines.
- Comment ils appliquent la notion de proportionnalité enseignée en mathématique et appliquée en physique. Les éléments qui nous intéressaient étaient surtout les tableaux et les graphiques ?
- Dans la notion de proportionnalité quels sont les problèmes rencontrés pour les élèves ?

Nous faisons cette recherche, car dans le domaine de notre fonction, les professeurs concernés seront informés de cette étude pour l'amélioration de leur travail d'éducation. Nous avons réalisé quatre entretiens. PAQUAY et al (2006) nous conseillent combien il est nécessaire que les enseignants soient impliqués dans les innovations que nous leur proposons. « Il est essentiel que les professeurs concernés par l'innovation adhèrent aux nouveaux buts et objectifs qu'on leur propose » (PAQUAY, 2006 p 55). Pendant ces entretiens nous avons déjà demandé aux enseignants s'ils veulent bien faire participer leurs élèves à un test que nous leur proposerons. Et nous nous sommes convenus pour les dates d'envoi et de réalisation des tests.

L'approche didactique prend aussi une place assez importante dans cette recherche car la notion de proportionnalité sera mise en observation en tant qu'objet d'apprentissage et d'enseignement.

2.1.2. Avec les élèves

Nous n'avons pas eu d'entretiens individuels avec les élèves car ils nous considèrent comme inspectrice de l'éduction, cela les gênait. De ce fait nos entretiens étaient en groupe classe, aidé d'un enseignant pour expliciter ce que les élèves ne comprenaient de ce que nous demandions. Nous n'avons pas formulé nos questionnaires, nos entretiens. Nous les avons conduits suivant nos objectifs : connaître si les élèves font le lien entre mathématiques et sciences physiques, connaître si la notion de proportionnalité a un sens pour eux.

2.1.3. Entretien groupe classe

Nous avons fait un entretien en groupe classe, c'est aussi dans la même ligne que les enseignants. Il est très difficile pour nous d'avoir un entretien avec plusieurs élèves, et pourtant nous avons voulu avoir le plus de renseignements possibles pour construire nos questionnaires, c'est pourquoi nous nous sommes entretenus avec des groupes classes. Une autre raison, les élèves s'expriment plus facilement dans une situation de classe qu'en dehors. Nous avons tenu à faire nous même les entretiens, par crainte de perte d'informations, mais nous étions aidées par le professeur chaque fois, pour qu'il puisse expliciter les questions qui ne sont pas comprises par les élèves. Nous avons tenu aussi à faire les entretiens avec les élèves qui sont dans les zones rurales car le niveau d'étude dans les écoles rurales et urbaines diffère beaucoup, nous avons préféré leur poser des questions plus générales que des exercices.

L'organisation des temps d'observations était combinée avec le planning de notre fonction, si bien que nous n'avons pas pu le gérer complètement comme nous le voulions en tant que chercheur. Donc les entretiens avec les groupes classes étaient au début de l'année scolaire où les classes de $5^{ème}$ n'avaient pas encore entamé le programme sur la proportionnalité, ce qui nous a emmenés à prendre contact avec des classes de troisième et quatrième. Ce ne sont donc pas les mêmes élèves qui ont traité les exercices et avec qui nous nous sommes entretenus.

Nos entretiens étaient orientés surtout sur comment ils font les liens entre les disciplines mathématique et physique. En quatrième, nous avons faits un brainstorming sur les mots qu'ils mettaient sur la proportionnalité, comme ils viennent juste d'arriver en quatrième.

3. LES OBSERVATIONS DIRECTES

3.1. Objectifs d'observation directe

L'objectif des observations est de recueillir des informations non-verbales. En effet, nous avons réalisé deux procédés d'observation : la prise de vue et l'observation directe sur le terrain sans dispositif. Nous voulions décrire à notre façon ce que l'enseignant transmettait pendant les cours sur la notion de proportionnalité. Pour une approche plus rigoureuse, il nous semble que l'observation des enseignants et des élèves en situation d'activité est plus pertinente.

3.1.1. Observation d'une classe de mathématique en $5^{ème}$

Les observations directes étaient un peu difficiles à organiser, car nous devions adapter notre travail avec l'horaire de l'enseignant que nous avons observé, ou encore, adapter à ce que nous avons voulu observer. Il nous a fallu six mois à l'avance, pour programmer les rencontres. Nous n'avions pas eu de grille d'observation. Nous avons donc fait par trois fois des observations libres. En premier, observation d'une séance de classe de mathématique pour l'introduction de la notion de la proportionnalité en $5^{ème}$. Comment il faisait le lien entre le tableau de proportionnalité et le graphique. Sur quoi il insistait parmi les éléments significatifs du concept de la proportionnalité. Tout cela en vue de bien organiser nos questionnaires pour les enseignants et les élèves en même temps une reconnaissance des lieux.

3.1.2. Observation d'une classe de mathématique en $6^{ème}$

Nous avons observé une classe de $6^{ème}$ pour nous informer de ce que l'enseignant transmet pour introduire la notion de proportionnalité en début de collège et pour que nous puissions faire le rapprochement de ce qu'il voit en $5^{ème}$ et en $6^{ème}$. Nous avons retranscrit en fiche sa séance. C'est un enseignant novice dans l'enseignement des mathématiques. Nous avons relevé la fiche pour ne perdre aucun des mots qu'il utilisait pour la notion de proportionnalité. Et d'un autre côté, on peut aussi voir les difficultés des élèves dans la conversion d'un registre vers un autre registre. Nous le verrons plus dans le travail de groupe car, c'est le seul où nous étions présente au moment de la résolution de l'exercice.

Cet exercice était aussi un des moyens qui nous renseignait sur la validation des tableaux et des graphiques en mathématiques.

Tableau 15 : SEANCE DE CLASSE SUR LA PROPORTIONNALITE EN MATHEMATIQUE EN 6ème

OBJECTIF : Résoudre un problème relevant de la proportionnalité

MOTS-CLES : situation de proportionnalité, grandeurs, fonction, opérateur multiplicatif, quotient, coefficient de proportionnalité, tableau, graphique, linéarité, constant.

<table>
<tr><th>CONTENU</th><th>ACTIVITES DE L'ENSEIGNANT</th><th>ACTIVITES DE L'ELEVE</th><th>OBSERVATIONS</th></tr>
<tr><td>REVISION</td><td>Faire compléter les fractions en énonçant la règle</td><td>2/5 = 4/ =12/
Réponse 2/5=4/10 = 12/30
Règle : on obtient 4/10 en multipliant le umérateur et le dénominateur par le même ombre : 2, de même 12/30, en multipliant /10 par 3 ou 2/5 par 6</td><td>Travail individuel
Un élève au tableau</td></tr>
<tr><td>GRANDEURS</td><td>Faire citer des grandeurs que les élèves connaissent.
Donner un exemple et faire dire les grandeurs onsidérées : Un poisson de 3kg coûte 4800 AR ; quels ont les grandeurs considérées ?</td><td>Le litre, le mètre, le kilo, le prix, le nombre
Les deux grandeurs considérées sont la asse et le prix du poisson.</td><td>individuel</td></tr>
<tr><td>GRANDEURS ORPORTIONNELLES</td><td>1 avocat coûte 150 AR ; 6 avocats coûtent combien ? uelles sont les grandeurs considérées ?
Faire compléter le tableau sans utiliser la règle de trois.
<table><tr><td>Nom vocats</td><td>3</td><td></td><td>9</td><td>12</td></tr><tr><td>Prix</td><td>450</td><td>900</td><td></td><td></td></tr></table>
Que remarque-t-on d'une ligne à une autre ?

Deux grandeurs sont proportionnelles lorsqu'on peut alculer les valeurs de l'une en multipliant ou en divisant ar un même nombre.</td><td>Les grandeurs sont : le nombre d'avocats et prix d'1 avocat.
<table><tr><td>Nom vocats</td><td>3</td><td>6</td><td>9</td><td>12</td></tr><tr><td>Prix</td><td>450</td><td>900</td><td>1350</td><td>1800</td></tr></table>
900 = 450X2, donc multiplier 3 par 2 = 6
On passe d'une ligne à une autre
450=150X3 et 3 = 450/3
900=150X6 et 6= 900/150
Ainsi de suite</td><td>Faire un travail par pairs

Quand est-ce qu'on dit que eux grandeurs sont roportionnelles ?</td></tr>
<tr><td>COEFFICIENT DE ROPORTIONNALITE</td><td>Dans le tableau qui suit :
<table><tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td></td><td>450</td><td></td></tr></table>
Quel est le nombre par lequel on multiplie ou on divise ligne pour avoir l'autre ligne ?
150 est le coefficient de proportionnalité</td><td>150</td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>RECONNAITRE UNE ITUATION DE ROPORTIONNALITE</td><td>Comment reconnaître une situation de proportionnalité ans un tableau?
<table><tr><td>Nombre lèves</td><td>3</td><td>6</td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><td>Nombre de rayons</td><td>24</td><td>48</td><td>8</td><td>32</td></tr></table></td><td>Chercher le coefficient de proportionnalité.
Ce tableau représente uns situation de roportionnalité avec 8 comme coefficient de roportionnalité, ou opérateur multiplicatif, ou uotient.</td><td></td></tr>
<tr><td>FONCTION</td><td>Dans une situation de proportionnalité, qu'est-ce qu'on eut dire encore?
Dans un tableau qui représente une situation de roportionnalité, on trouve les valeurs d'un en fonction de valeur de l'autre. (nombre de crayon en fonction du ombre d'élèves ou nombre d'élèves en, fonction du ombre de crayons)</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>LINEARITE</td><td>Qu'est ce que la linéarité?
Soit le tableau suivant
<table><tr><td>5</td><td>20</td><td>10</td><td>25</td></tr><tr><td>60</td><td>240</td><td>120</td><td>300</td></tr></table></td><td>Ce tableau représente une situation de roportionnalité parce qu'il y a linéarité, c'est-dire, la valeur d'une colonne est le multiple u la somme de deux autre colonnes
5/60 = 20/240 on peut avoir 5 X4 =^20 et 0 X4 = 240
Dans 5/60 et 20/ 240 on peut faire la somme +20 =25 60+240= 300 ce qui nous donne 5/300 de la quatrième colonne.</td><td></td></tr>
<tr><td>GRAPHIQUE</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>EXERCICES: ourcentage et échelle</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

3.2. Objectifs des prises de vue

Nous avons filmé trois séances de classe, une séance d'apprentissage en classe CM I, une séance de classe de mathématique pour l'introduction de la notion de la proportionnalité en $5^{ème}$, et une autre séance de classe de $5^{ème}$ en sciences physiques. Et nous avons filmé un travail de groupe à deux d'élèves traitant l'exercice sur la proportionnalité.

3.2.1. Prises de vue en classe de CM I et $5^{ème}$

Nous avons tenu à faire une observation de séance de classe en CM I pour que nous puissions avoir des informations sur la continuité des connaissances acquises par les élèves de la fin du primaire au début du collège. La prise de vue nous permet aussi d'avoir plus de données car pendant une séance d'apprentissage il est difficile de tout avoir, et ce que fait l'enseignant, et ce que font les élèves. Un des objectifs de nos prises de vue aussi, pour pouvoir laisser une trace pour confirmer le comportement ou les attitudes des enfants malgaches en situation d'apprentissage. Et enfin, notre étude par son approche interactionniste, les prises de vue facilitent les analyses d'interaction entre l'enseignant et les élèves et les élèves entre eux. Notre observation a une fonction descriptive, surtout pour le travail de groupe. Mais les paroles seront plus retenues et pour éviter de nous enfermer dans les subjectivités qui nuiraient à nos interprétations.

3.2.2. Prises de vue en CM I

Nous avons voulu observer une classe de CM1 introduisant la notion de proportionnalité. C'est dans le sens de pouvoir nous informer sur les mots qu'ils mettent sur la proportionnalité. La méthode d'introduction des tableaux et des graphiques nous intéressait. Quels sont les éléments énoncés en CM. Cette leçon était donnée en deux séances, le tableau en premier et ensuite, le graphique. Mais nous avons constaté qu'ils ont fait en sorte que la notion de tableau soit d'abord maîtrisée.

Pour cette classe, nous avons constaté que la maîtresse n'a pas maîtrisé complètement la notion de graphique. Le traçage était une illustration, sans trop tenir compte de l'échelle.

Nous avons scanné des cahiers d'élèves de CM2 car nous n'avons pas eu le temps de voir une séance de classe.

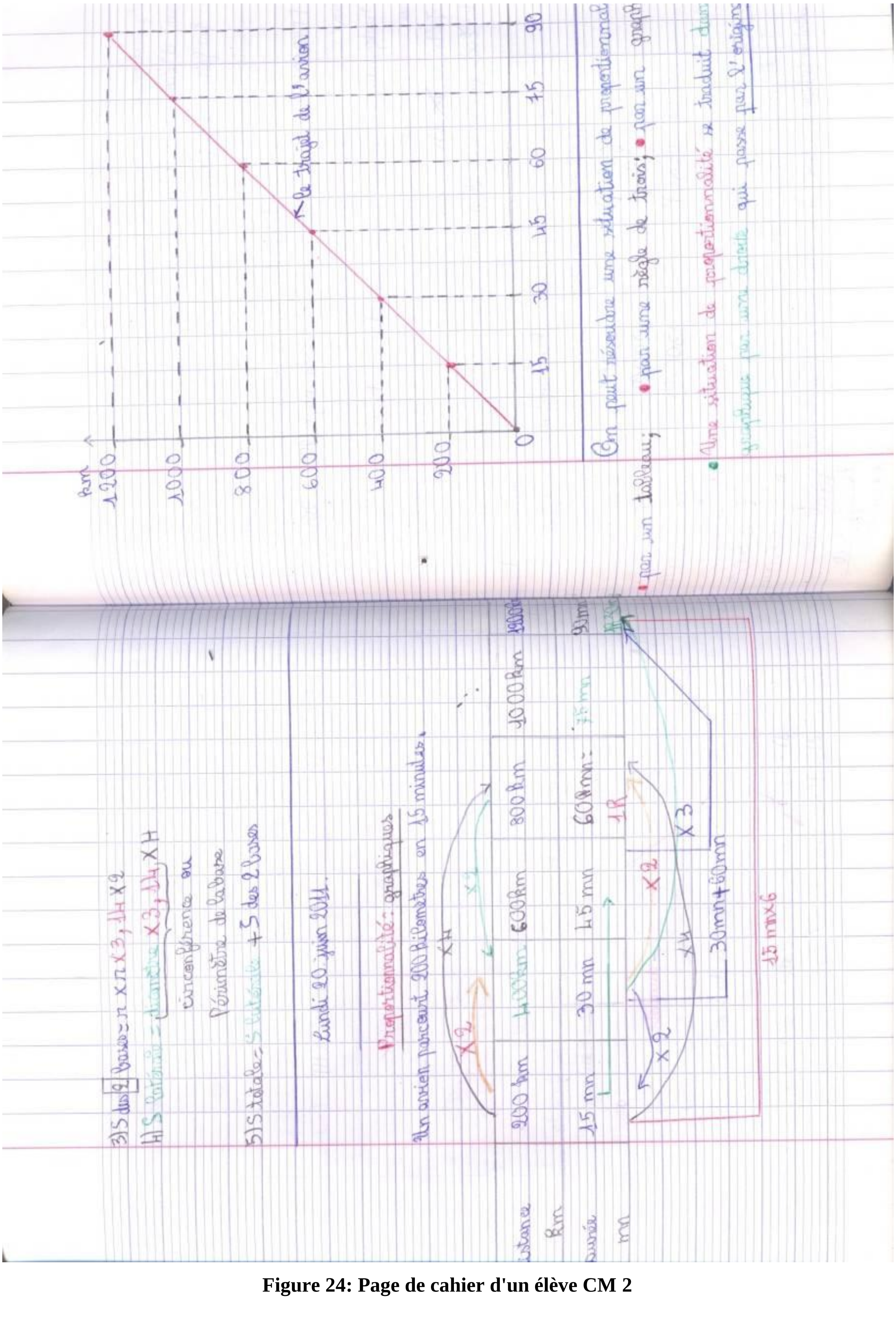
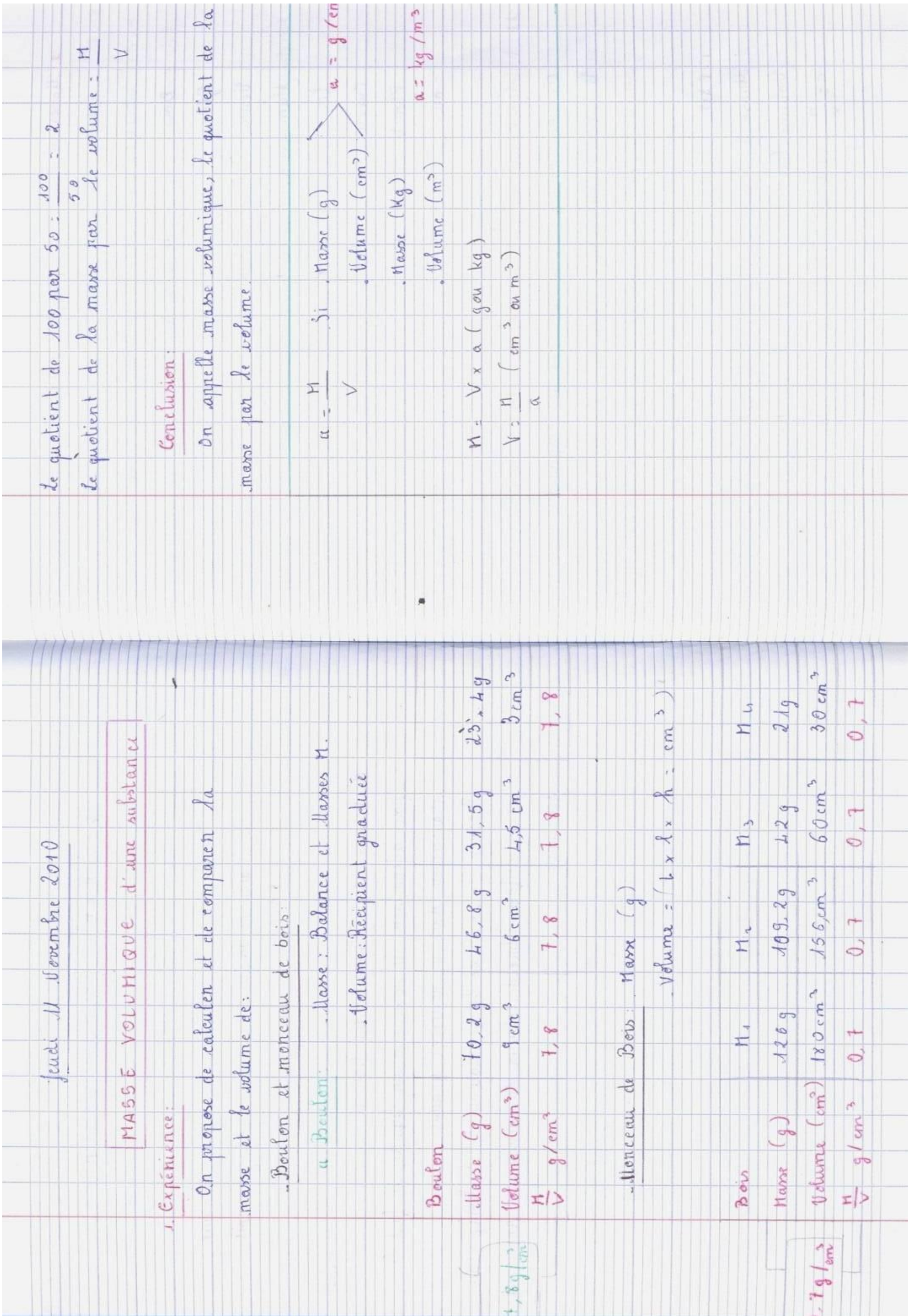


Figure 24: Page de cahier d'un élève CM 2

3.2.1. Prises de vue en $5^{ème}$, classe de mathématique et sciences physiques

Nous avons les mêmes objectifs pour les observations de classe. Nous informer, sur la manière dont l'enseignant introduit la notion de proportionnalité, comment il apprend à l'élève la correspondance du tableau et du graphique. Toujours questions de temps et d'organisation avec l'enseignant, nous ne pouvons pas avoir les deux séances, celle où l'enseignant travaille avec les élèves sur les tableaux et celle où il travaille avec les élèves pour les graphiques c'est pourquoi nous avons scanné des cahiers d'élèves.

En physique, nous avons assisté au cours de sciences physiques, pour voir comment il introduit la notion de proportionnalité, et comment il met en correspondance le tableau et le graphique. Nous avons fait deux observations de classe de physique mais l'enseignant n'utilisait pas le graphique en physique. En $5^{ème}$ le chapitre concernait la masse volumique.



Jeudi 11 Novembre 2010

MASSE VOLUMIQUE d'une substance

1. Expérience :

On propose de calculer et de comparer la masse et le volume de :

- Boulon et morceau de bois :

a. Boulon : . Masse : Balance et Masses M.

. Volume : Récipient gradué

Boulon				
Masse (g)	70,2 g	46,8 g	31,5 g	23,4 g
Volume (cm³)	9 cm³	6 cm³	4,5 cm³	3 cm³
$\frac{M}{V}$ g/cm³	7,8	7,8	7,8	7,8

7,8 g/cm³

- Morceau de Bois : Masse (g)

Volume = (L × l × h : cm³)

Bois	M_1	M_2	M_3	M_4
Masse (g)	126 g	109,2 g	42 g	21 g
Volume (cm³)	180 cm³	156 cm³	60 cm³	30 cm³
$\frac{M}{V}$ g/cm³	0,7	0,7	0,7	0,7

0,7 g/cm³

Le quotient de 100 par 50 : $\frac{100}{50} = 2$

Le quotient de la masse par le volume : $\frac{M}{V}$

Conclusion :

On appelle masse volumique, le quotient de la masse par le volume.

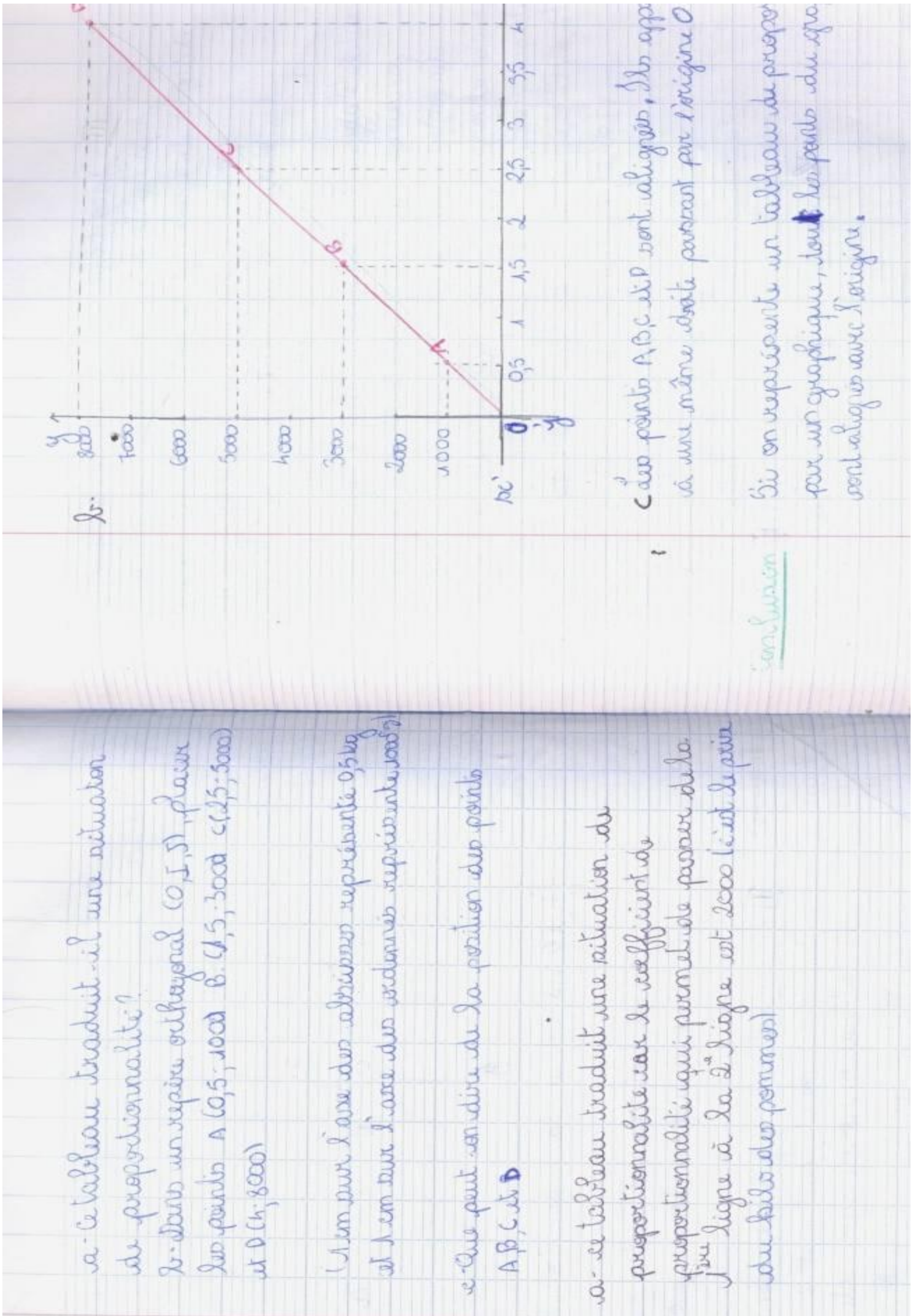
$a = \frac{M}{V}$ si . Masse (g) . Volume (cm³) → a = g/cm³

. Masse (Kg) . Volume (m³) → a = kg/m³

$M = V \times a$ (g ou kg)

$V = \frac{M}{a}$ (cm³ ou m³)

Figure 25:Page de cahier de sciences physiques d'un élève de 5ème



a- Ce tableau traduit-il une situation de proportionnalité ?
b- Dans un repère orthogonal (O,I,J), placer les points A(0,5 ; 1000) B(1,5 ; 3000) C(2,5 ; 5000) et D(4 ; 8000)

1 cm pour l'axe des abscisses représente 0,5 kg et 1 cm sur l'axe des ordonnées représente 1000 F

c- Que peut on dire de la position des points A,B,C et D

a- Ce tableau traduit une situation de proportionnalité car le coefficient de proportionnalité qui permet de passer de la 1ère ligne à la 2è ligne est 2000 (c'est le prix du kilo des pommes)

b-

c- Les points A,B,C et D sont alignés. Ils app[...] à une même droite passant par l'origine O

Conclusion

Si on représente un tableau de propo[...] par un graphique, tous les points du gra[...] sont alignés avec l'origine.

Figure 26: Page de cahier de mathématique d'un élève de 5ème

4. ENQUÊTE PAR QUESTIONNAIRES ET ANALYSE A PRIORI

4.1. L'objectif des questionnaires.

L'enquête auprès des enseignants et des élèves, est celui qui donne des informations sur les activités conduites. Cela nous permet de dresser un panorama de leurs représentations, de leurs conceptions sur la notion de proportionnalité. C'est une manière de valider l'intelligibilité de nos interprétations.

Nous avons élaboré deux questionnaires : l'un pour les enseignants et l'autre pour les élèves. Le questionnaire des élèves se présente sous forme d'exercice et de brainstorming pour qu'ils évoquent spontanément ce qu'ils pensent, être associé à la proportionnalité et le sens attribué à ce terme. Les questionnaires des enseignants étaient en trois catégories : une porte sur le concept de la proportionnalité, une autre sur leur gestion du chapitre sur la proportionnalité et la dernière était un problème sur la situation de proportionnalité pour qu'ils puissent réagir sur les erreurs des élèves. Certaines questions leur permettaient de s'exprimer librement autour du chapitre de la proportionnalité et des disciplines mathématiques et sciences physiques.

4.1.1. Questionnaires donnés aux élèves

Nous avons élaboré trois types de questions pour les élèves : le brainstorming, pour qu'ils évoquent spontanément ce qu'il pense, douze questions ouvertes, et semi-ouvertes, et un exercice sur la proportionnalité.

Le brainstorming a été passé aux élèves de quatrième, pour qu'ils nous évoquent spontanément ce qu'ils pensent de la proportionnalité. Nous l'avons donné à des élèves de quatrième car, compte tenu de la période de passation (début d'année) nous avons jugé trop prématuré pour que des élèves de $5^{ème}$ puissent nous répondre, le chapitre n'était pas encore fait, ou le chapitre n'est pas encore terminé et nous risquions d'avoir des réponses difficilement interprétables.

Nous avons envoyé à des élèves différents d'écoles différentes, 12 questions ouvertes, semi-ouvertes qui tournaient autour de leur rapport aux disciplines sciences physiques et mathématiques.

4.1.2. Exercices donnés aux élèves

Ci-après l'exercice que nous avons donné aux élèves. Cet exercice était traité par 298 élèves de 5ème, dont un groupe travaillait en paire .Nous avons réalisé l'expérience avec une classe de 5ème pour établir le tableau avant qu'ils continuent la suite de l'exercice.

1 *Les élèves de la classe de 5° font une expérience qui cherche la correspondance de la masse d'un objet et l'allongement du ressort d'un dynamomètre.*

Tableau 16 : ***Voici le tableau relevant cette expérience :***

masse (en g)	200	250	300	350	400
allongement (en cm)	1,2	1,6	1,8	2,2	2,8

2 *Le tableau représente-il une situation de proportionnalité ?.....*

Justifier votre réponse.

3 *Représenter graphiquement dans un repère, la masse (en g) sur l'axe des abscisses, et l'allongement du ressort sur l'axe des ordonnées.*

Le point A représente la première colonne du tableau. Placer les autres points, B, C, D, E représentant les autres colonnes du tableau.

4 *Que constatez-vous pour les points : 0, A, B, C, D, E représentant les autres colonnes du tableau.*

5 *Conclusion ?*

4.1.3. Forme de l'exercice

Effectivement cette expérience était faite avec l'enseignant de mathématiques. 122 élèves ont traité pendant la séance de physique, 177 pendant la séance de mathématique. Nous n'étions pas présentes dans toutes les classes. Un enseignant de physique a changé le tableau en constatant les difficultés des élèves. C'est-à-dire que dans les autres classes, ils ont tout de suite traité l'exercice sans passer par l'expérience.

La feuille est présentée telle qu'elle de telle façon qu'ils répondent sur la feuille même.

4.1.4. Ce que nous attendons a priori de l'exercice des élèves.

Nous pensons que cet exercice n'est pas familier aux élèves, ni en mathématiques, ni en sciences physiques. En mathématiques, l'allongement du ressort d'un dynamomètre n'est pas cité parmi les exemples suggérés dans le manuel, comme la vitesse horaire, le débit, l'échelle et le pourcentage. En sciences physiques en classe de $5^{ème}$, l'allongement du ressort d'un dynamomètre n'est pas dans le programme. Nous pensons donc que cet exercice est neutre. Mais l'énoncé dit « font une expérience », fait que certains élèves pensent que c'est un exercice de sciences physiques.

Pour les élèves qui traitaient cet exercice pendant les cours de mathématique, nous pensons que les nombres sont projetés dans leur cadre personnel LEROUGE (2000) le plus proche, les mathématiques. Pour ceux qui traitaient cela en cours de physique, ce sera le cadre de physique DOUADY (1986). Pour ceux qui ont traité l'exercice après l'expérience, nous pensons que l'expérience prédomine et c'est le cadre personnel de physique qui intervient.

Dans la conceptualisation, comme il s'agit d'un tableau et d'un graphique, nous pensons que les élèves feront la correspondance des représentations sémiotiques entre ces deux registres qui sont les nombres en colonne et en ligne dans le tableau et les nombres sur les axes dans le graphique. Ils mettent en œuvre la « conversion » DUVAL (1995) tout en tenant compte des éléments essentiels de chaque représentation.

A la première question, nous pensons que c'est une situation faisant référence à des objets réels, donc une situation de sciences physiques, l'élève peut répondre oui, « le tableau représente une situation de proportionnalité » en négligeant les erreurs de mesure. René MOREAU (Inspecteur Général de l'Education Nationale) nous rappelle en disant « nous savons tous qu'une mesure physique, aussi précise soit-elle, comporte toujours une part d'incertitude ». En effet, avec l'instrument que nous avons utilisé, nous ne pouvons pas avoir confiance totalement à la fidélité de l'appareil. Le mesurage se répétait, nous pensons qu'il y a une conséquence sur la qualité, la raideur du ressort

La justification de la réponse, l'élève par calcul du coefficient de la proportionnalité peut trouver comme réponse en faisant la masse divisée par l'allongement (masse /allongement) : 166,66- 156,25- 166,66 – 159, 09 – 142, 85. Ces valeurs conduiront très probablement, les élèves à dire que le tableau ne représente pas la situation de proportionnalité. Ils peuvent aussi trouver une autre réponse comme suit en divisant l'allongement par la masse (allongement / masse) : 0,006 – 0,0064 – 0,006 – 0,0062 – 0,007. L'utilisation de la calculatrice n'est pas encore permise totalement en classe, les élèves sont bloqués par l'opération en faisant l'allongement sur masse, or c'est ce qui est le plus proche de la situation de proportionnalité.

Nous avons gardé le brouillon des deux élèves qui ont travaillé en groupe que voici :

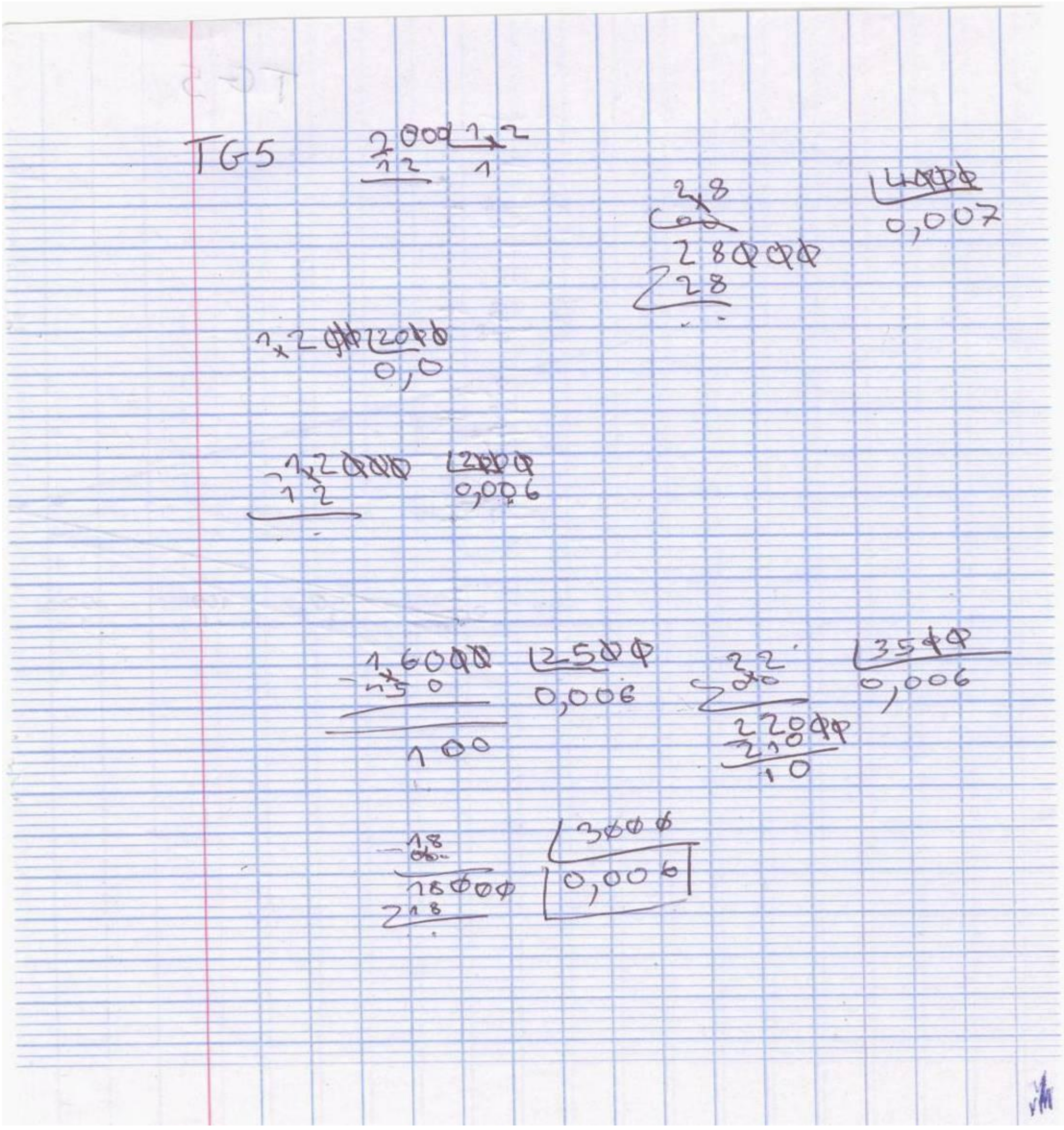


Figure 27: Feuille de brouillon de l'élève travaillant en groupe

A la question 4, nous pensons que si l’élève a répondu « oui le tableau représente une situation de proportionnalité » il répondra que le graphique représente une situation de proportionnalité, et s’il a répondu non au tableau, il répondra non aussi au graphique. L’élève dira que les points ne sont pas alignés.

En conclusion nous attendons que la réponse soit cohérente, si oui tableau, oui graphique, si non tableau, non graphique.

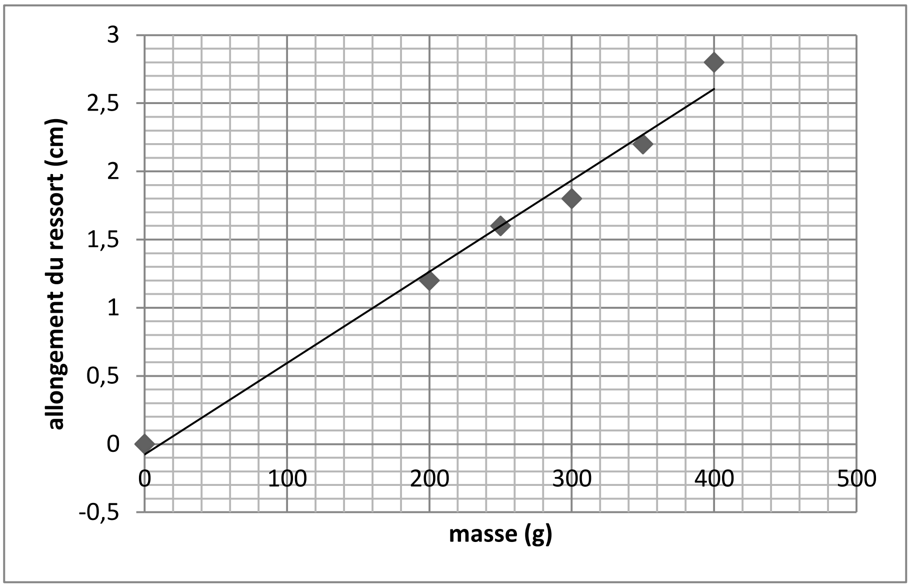


Figure 28: Graphique correspondant à l'exercice donné aux élèves

Un échantillon des questionnaires donnés aux élèves pour connaître ce qu'il pense de la proportionnalité.

1- **Raha resaka "propotionnalite", aiza no mora kokoa ho anao any amin'ny physique sa any amin'ny math?**

   Concernant le chapitre de la proportionnalité, ou est-ce que tu le trouve facile ? en physique ou en maths ?

2- **Raha resaka "proportionnalite", tableau sa graphique no mora ahitana ny « situation de proportionnalite » ?**

   Concernant le chapitre de la proportionnalité, pour toi, la situation de proportionnalité se distingue plus facilement en tableau ou en graphique

4.2. Questionnaires donnés aux enseignants

Nous avons élaboré un questionnaire de 18 questions (ANNEXE 68) pour les enseignants, de forme ouvertes et semi-ouvertes et en éventail. En première question, c'était des renseignements signalétiques pour information sur la population enseignants. 7 parmi ces questions étaient des questions qui portaient sur les opinions des enseignants, où il a fallu classer certaines choses, en échelle de valeur ou de préférence. Nous leur avons donné aussi des questions fermées avec échelle d'évaluation ou de rangement. A certains endroits, nous leurs avons demandé ce qu'ils pensent de l'objet, donc questions véritablement ouvertes.

Ces questions étaient réparties en quatre catégories : questionnaires concernant la proportionnalité, questionnaires sur le transfert des connaissances et questionnaires sur leur pratique d'enseignement apprentissage, les questions sur la relation entre les deux disciplines.

4.2.1. Autour du concept de la proportionnalité : catégorie 1

Dans une première catégorie de questions, Q2, Q9, Q18, nous avons mis en évidence la notion de proportionnalité. Pour pouvoir répondre à ces questions, l'enseignant doit avoir en référence, les éléments significatifs DUVAL (1995) du concept de la proportionnalité dans les disciplines de mathématiques et sciences physiques. A cela s'ajoute la question Q4, une question de rangement qui nous renseigne sur ce que l'enseignant enseigne, ou transmet dans ce concept de la proportionnalité. Est-ce l'objet, l'algorithme, la méthode, ou autres qu'il met en valeur dans son enseignement apprentissage. C'est un rangement qui nous permet de reconnaître le savoir et savoir savant enseigné CHEVALLARD (1991) à travers la notion de proportionnalité. Particulièrement en Q9, il est demandé aux enseignants de dire comment ils présentent les tableaux et les graphiques. Ce qui nous permet de reconnaître comment l'élève fait la cohérence entre ses deux représentations sémiotiques.

Q2 Pensez-vous qu'il soit nécessaire :(*Heverinao ve fa tena ilaina ny) :*

	1	2	3	4
de définir la proportionnalité dans le cours en Sciences Physiques (mamaritra ny atao hoe « proportionnalité » amin'ny taranja « Sciences Physiques » ?)				
de définir la proportionnalité dans le cours en Mathématiques (mamaritra ny atao hoe « proportionalité » amin'ny taranja « Mathématiques »)				
de préciser comment utiliser la proportionnalité en Sciences Physiques (mamaritra tsara ny fomba ampiasana ny « proportionnalité » amin'ny taranja « Sciences Physiques »)				
de préciser comment utiliser la proportionnalité en Mathématique (mamaritra tsara ny fomba ampiasana ny fomba ampiasana ny « proportionnalité » amin'ny taranja « Mathématiques » ?)				

2 b) Pensez-vous que la proportionnalité soit (*heverinao ve fa ny proportionnalité dia*)

	1	2	3	4
Une notion déjà acquise par les élèves (Fahalalana fototra efa ananan'ny mpianatra)				
Une notion complexe à comprendre *(Fahalalana fototra sarotra azo)*				
Un savoir scolaire (Fahalalana an-dakilasy)				
Un savoir en lien avec la vie quotidienne (Fahalalana mifandraiky amin'ny fianana andavan'andro)				
Un savoir abstrait (Fahalalana tsy azo tsapai-tanana)				

Q9 Comment présentez-vous le graphique par rapport au tableau dans une situation de proportionnalité ? (*Ahoana ny anehoanao ny « graphique » raha mifanolotra amin'ny « tableau » ao anatin'ny sehatry ny « proporionnalité »)*

Figure 29: Questions soumises aux enseignants

4.2.1. Autour du transfert des connaissances : catégorie 2

La réponse à la question Q2, nous informe sur la différence entre les deux disciplines quant à la résolution de la situation de proportionnalité. C'est une manière de faire la relecture de ses activités, car nous supposons que c'est ainsi qu'il peut aider les élèves au transfert des connaissances acquises. Et dans Q2b, (*pensez-vous que la proportionnalité soit…)* transparaît le rapport de l'enseignant à la proportionnalité. La maîtrise de la notion de la proportionnalité fait que l'enseignant puisse plus aisément manipuler les représentations sémiotiques (Q9, Q10, Q11, Q15) afférentes et permettra aux élèves de les utiliser dans les résolutions des situations problèmes.

Q10 Comment présentez-vous aux élèves les tâches proposées en Sciences Physiques ? (*Ahoana ny endriky ny asa angatahinao amin'ny mpianatra amin'ny Sciences Physiques ?)*

Q11 Comment présentez-vous aux élèves les tâches proposées en Mathématiques? (*Ahoana ny endriky ny asa angatahinao amin'ny mpianatra amin'ny « Mathématiques »)*

Figure 30: Questionnaires donnés aux enseignants 2

4.2.2. Questions relevant de la pratique d'enseignement apprentissage : catégorie 3

Les questions Q5, Q6, Q7 nous renseignent sur les pratiques d'enseignement et apprentissage des enseignants. Dans la question Q5, l'enseignant devait évoquer sa situation par rapport à la notion qu'il transmet (maîtrise de la notion à enseigner). Comme nos questionnaires étaient anonymes, nous espérons avoir en majorité une réponse assez sincère. La question Q6 nous informe sur la place que l'enseignant réserve pour la notion de proportionnalité. Plusieurs hypothèses peuvent en sortir, il mettra en fin de programme parce que c'est quelque chose qu'il ne maîtrise pas, et soi-disant, il n'a pas eu assez de temps et le programme n'est pas fini. Ou la même hypothèse, il met en fin programme, car c'est quelque chose de la vie quotidienne, donc ce n'est pas difficile, il ne faut pas consacrer beaucoup de temps. La justification sera très variée selon chaque enseignant.

Le Q7 dans lequel l'enseignant renseigne sur le temps imparti à ce chapitre, il est marqué dans le programme officiel de l'enseignement secondaire classe de $5^{ème}$ (1996-2000), que c'est 10 heures et pour la $6^{ème}$ 2 semaines qui signifie 8 heures. Mais, il est possible qu'il n'est pas informé, car ce manuel de programme on le trouve rarement. Cette question, nous conjecturons que l'enseignant répondra par rapport à l'importance qu'il accorde à la notion de proportionnalité et surtout à sa maîtrise de cette notion.

L'enseignement de la notion de la proportionnalité fait intervenir la conversion du tableau en graphique et vice versa du graphique au tableau. Cela requiert un peu plus de temps, surtout pour les classes de $6^{ème}$ et $5^{ème}$, s'il pense que c'est le niveau où les élèves doivent confirmer leurs connaissances sur les différentes notions de base.

Mathématiques

- Les notions déjà étudiées en classe de 6ème seront à faire réviser en cas de besoin:
  - introduction des ensembles Z et D;
  - droite graduée en nombres entiers ou décimaux relatifs (abcisse d'un point, emplacement d'un point d'abcisse donnée, abcisses de deux points symétriques par rapport à l'origine et nombres décimaux opposés ...);
  - somme de deux nombres entiers relatifs;
  - technique de la multiplication, de l'addition et de la soustraction sur les nombres décimaux positifs (ou arithmétiques).
- Dans la pratique, on devra s'appuyer sur des situations concrètes (par exemples: déplacements sur la droite graduée, gains ou perte ...) pour faire comprendre et intérioriser un mécanisme de fonctionnement de l'addition, plutôt que de faire appliquer des règles qui semblent "difficiles" à retenir.
- La donnée d'une écriture simplifiée et la performance en calculs numériques feront partie des compétences exigibles;
  - on écrira par exemple: 2,5 + 4,3 - 5,2 - 8x(0,2)
  - au lieu de: (+2,5) + (+4,3) - (+5,2) + (-8) x (+0,2)
- Concernant les types d'équations proposées, on se limitera à des exemples simples en faisant remarquer que:
  - pour a + x = b, x est la différence entre b et a;
  - pour ax = b, x est le quotient de la division de b par a, a ≠ 0.

Proportionnalité

Durée: 10 heures

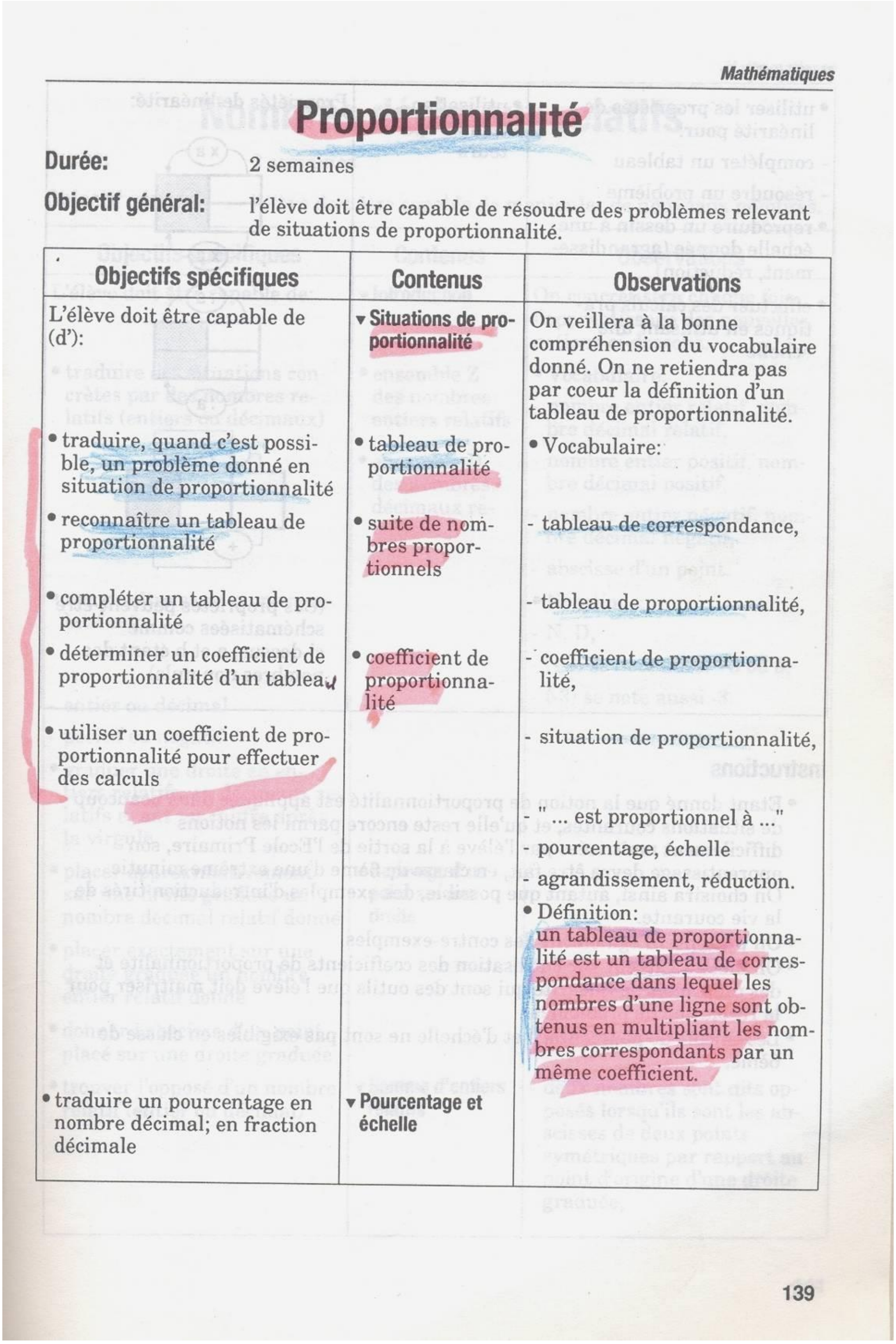
Objectifs généraux: L'élève doit être capable de (d'):

- connaître le sens pratique donné au coefficient de proportionnalité;
- avoir une notion de repère et de représentation graphique dans le plan.

Objectifs spécifiques	Contenus	Observations
L'élève doit être capable de (d'):		
• calculer une vitesse moyenne, une masse volumique, un débit moyen;	▾ **Exemples de coefficients de proportionnalité:**	• On donnera la définition:
• résoudre des problèmes courants faisant appel à l'utilisation (directe ou inverse) de la formule donnant la vitesse moyenne, la masse volumique ou le débit;	• Vitesse moyenne	- de la vitesse moyenne

142

Figure 31:Extrait du programme officiel de la classe de 5ème (Madagascar)



Mathématiques

Proportionnalité

Durée: 2 semaines

Objectif général: l'élève doit être capable de résoudre des problèmes relevant de situations de proportionnalité.

Objectifs spécifiques	Contenus	Observations
L'élève doit être capable de (d'):	▾ **Situations de proportionnalité**	On veillera à la bonne compréhension du vocabulaire donné. On ne retiendra pas par coeur la définition d'un tableau de proportionnalité.
• traduire, quand c'est possible, un problème donné en situation de proportionnalité	• tableau de proportionnalité	• Vocabulaire:
• reconnaître un tableau de proportionnalité	• suite de nombres proportionnels	- tableau de correspondance,
• compléter un tableau de proportionnalité		- tableau de proportionnalité,
• déterminer un coefficient de proportionnalité d'un tableau	• coefficient de proportionnalité	- coefficient de proportionnalité,
• utiliser un coefficient de proportionnalité pour effectuer des calculs		- situation de proportionnalité,
		- "... est proportionnel à ..."
		- pourcentage, échelle
		- agrandissement, réduction.
		• Définition: un tableau de proportionnalité est un tableau de correspondance dans lequel les nombres d'une ligne sont obtenus en multipliant les nombres correspondants par un même coefficient.
• traduire un pourcentage en nombre décimal; en fraction décimale	▾ **Pourcentage et échelle**	

139

Figure 32:Extrait du programme officiel de la classe de 6ème (Madagascar)

En questions Q10, Q11, des questions ouvertes, « comment présentez-vous aux élèves les tâches proposées….». Nous attendons des réponses sur les représentations que les enseignants mobilisent avec les élèves, comme les tableaux de proportionnalité par exemple? Est-ce qu'ils font résoudre des situations de proportionnalité à partir des tableaux ? Est-ce qu'ils font résoudre la situation de proportionnalité à partir du graphique ? Est-ce qu'ils font les deux dans un même exercice ? Dans la méthode de résolution est-ce qu'ils font référence à la situation ? C'est un moyen pour nous de prendre connaissance comment chaque représentation, tableau et graphique, dans la notion de proportionnalité prend place dans l'enseignement apprentissage, dans les deux disciplines.

4.2.1. Les relations entre les deux disciplines : catégories 4

Les réponses aux questions Q3, Q8, Q14, Q15, Q16, Q17, nous renseignent sur la relation des deux disciplines. Q3, cette question permet de mettre en exergue les représentations de l'enseignant par rapport aux sciences physiques essentiellement Q8 : Quels sont les chapitres pour lesquels la proportionnalité est essentielle ? Cette question nous en appelle au concept de trames conceptuelles d'ASTOLFI et DEVELAY (2002), et que GIORDAN (2010 p 93) explique la fonction :

« Ces trames ont pour fonction d'analyser la matière enseignée en mettant en relations internes et externes chacun des concepts, les relations internes sont celles qui lient les notions constitutives de concepts à elles-mêmes, les relations externes celles qui lient un concept à ceux qui lui sont limitrophes. »

Effectivement, nous n'avons pas demandé que l'enseignant s'exprime sur ce à quoi il doit faire référence dans l'enseignement apprentissage. C'est pour nous un moyen simple de leur faire réaliser une analyse de leur action, car nous ne faisons pas seulement notre recherche, mais c'est en vue de l'amélioration des pratiques quotidiennes des enseignants. C'est aussi une manière simple de développer la métacognition, avoir une vue plus large des notions qu'il enseigne. Comme le dit ASTOLFI (2002), c'est « clarifier la matière à enseigner, prévoir de façon raisonnée une progression pédagogique, concevoir des moments de structuration. »

En questions Q14, Q15, Q16, Q17, les enseignants expriment comment ils font la relation entre les deux disciplines, entre les chapitres, pour faire référence au transfert des connaissances TARDIF (1999). Par ces questions nous estimons leur intérêt à la transdisciplinarité, et comment ils guident les élèves au transfert de connaissances, leur relation entre professeur des deux disciplines.

Tableau 17:Extrait des exercices passés aux enseignants

Q14 Pensez-vous qu'il est nécessaire de (*Heverinao fa ilaina ve)*

Si vous êtes d'accord, quelles sont les stratégies que vous utilisez avec votre classe concernant ces deux points : (*Raha ekenao, inona ny tetika ampiasainao ao amin'ny kilasy tazominao, mikasika ireo teboka roa voalaza etsy ambony)*

	1	2	3	4
1- De faire émerger les connaissances préalables des élèves avant d'introduire une nouvelle notion (*ny mampivohitra ireo fahalalana rehetra ananan'ny mpianatra alohan'ny anaovana lesona vaovao)*				
2- D'articuler les chapitres nouveaux et anciens (*ny mampifandrohy ireo lesona vaovao sy tranainy)*				

4.2.2. Synthèse des questionnaires donnés aux enseignants

Tableau 18: Synthèse des questionnaires donnés aux enseignants

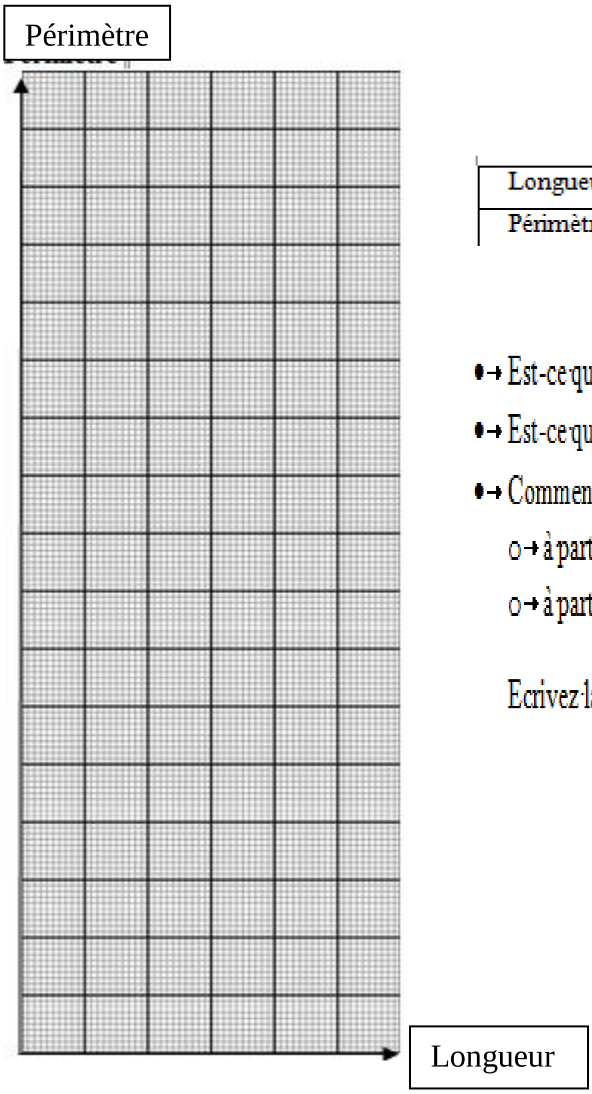
• Dans la notion de proportionnalité, quelle définition ils donnent aux élèves ? dans les deux disciplines ? • La proportionnalité en mathématique, est-il un objet d'apprentissage ou un construit social ? • Quelle est la place de la proportionnalité en sciences physiques ?	Q2 Q4 Q10
• Quelles stratégies ils mettent en place pour l'enseignement apprentissage de la notion ?	Q2, Q3,Q8 Q14
• Dans l'enseignement de la notion de proportionnalité, est-ce qu'ils utilisent tous les registres sémiotiques pour faciliter la compréhension des élèves. • Comment ils font comprendre le lien entre les deux registres sémiotiques ?	Q14 Q16
• Dans le processus de conceptualisation, la transformation d'un registre à l'autre, est-ce que l'élève est informé de tous les éléments significatifs de chaque registre ? • Quels sont leur blocage dans l'enseignement apprentissage ?	Q18 Q4 Q9
• Est-ce que les enseignants font la filiation entre ces deux disciplines ? cadre rationalité • Est-ce qu'ils ne cloisonnent pas leur domaine respectif, • Dans le cadre de rationalité, est-ce que le cadre familier n'influence pas sur leur rapport au savoir ?	Q10 Q11 Q13 Q14 Q15 Q16 Q17, Q18
• **Comment est organisé l'enseignement apprentissage de la** notion de proportionnalité ?	Q5 Q6, Q8Q7, Q15

4.2.1. Exercices donnés aux enseignants Q18

L’objectif de cet exercice était de nous renseigner sur la manière dont ils traitent ce type d’exercice, en relation avec les méthodes employés par les élèves. Nous cherchions également à ce que les enseignants nous renseignent sur les difficultés, et les erreurs des élèves. Le premier exercice est ordinairement traité en mathématique car, c’est une situation concernant le périmètre du rectangle. Nous attendons différentes méthodes de résolution, soit la méthode analytique, soit la méthode analogique.

Périmètre d’un carré en fonction de sa longueur.

Les points du graphique ci-dessous correspondent aux points dont les coordonnées sont données dans le tableau.



Longueur	1	1,5	2	3	3,5
Périmètre	4	6	8	12	14

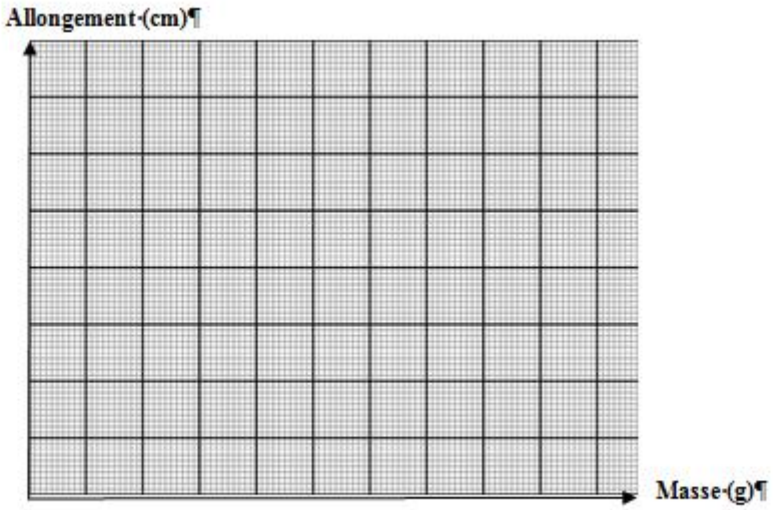
- Est-ce que le graphique et le tableau contiennent les mêmes données ?
- Est-ce que la longueur et le périmètre sont proportionnels ?
- Comment pouvez-vous justifier la réponse
  - à partir du tableau
  - à partir du graphique

Ecrivez la relation de proportionnalité si elle existe.

Deuxième exercice

Les points du graphique ci-dessous correspondent aux points dont les coordonnées sont données dans le tableau

La masse et l'allongement du ressort.



Masse (en g)	200	250	300	350	400
Allongement (en cm)	1,2	1,6	1,8	2,2	2,8

- Est-ce que le graphique et le tableau contiennent les mêmes données ?
- Est-ce que l'allongement du ressort et la masse sont proportionnels ?
- Comment pouvez-vous justifier la réponse
  - à partir du tableau
  - à partir du graphique

Ecrivez la relation de proportionnalité si elle existe.

Comme en premier exercice, nous voudrions savoir, quelle méthode sera utilisée? Cet exercice est le même que ce nous avons donné aux élèves, est-ce qu'ils seront influencés par la situation d'expérience pour le résoudre en tant qu'exercice physique ou en tant que mathématique, qu'est-ce qu'ils font jouer le plus dans leur cadre personnel LEROUGE (2000) et DOUADY (1986) Et nous voudrions aussi avoir de plus amples informations sur les difficultés des élèves sur l'exercice. Ce sont eux qui vont nous renseigner sur les problèmes des élèves.

4.2.2. Documentations

Nous avons complété notre recueil par des documents Notre premier travail était la consultation du programme scolaire à Madagascar. Cette étude était déjà entamée en Master 2. Dans ce dernier, nous avons travaillé avec les élèves de 4ème à Lyon. Quand nous avons exploité le programme malgache, nous avons constaté que dans le programme de 4ème malgache, il n'y a pas de chapitre en sciences physiques qui traite la proportionnalité, ainsi nous avons limité en classe de 5ème notre étude.

Outre le programme de l'enseignement malgache, nous avons pris des manuels scolaires de la classe de CMI à la 5ème, ainsi que des cahiers d'exercices et des cahiers de leçons de ces classes respectives, sans oublier certains cahiers de préparation des enseignants.

5. PANORAMA DES DONNEES CONSTRUITES

5.1. Présentation des populations d'étude et de l'échantillon d'enquête.

Les entretiens ont été enregistrés. Pour nos entretiens nous avons utilisé un dictaphone. Pour filmer nous avons utilisé notre appareil photo. Les entretiens se faisaient en classe pour les élèves. Par contre, avec les enseignants, nous avons cherché un endroit où nous étions loin du bruit, et où nous pouvions nous entretenir tranquillement.

Nous avons transcrit et traduit en français les entretiens et les observations filmées. Nous avons ensuite gravé sur CD les films et les sons. Au total la durée des entretiens avec les enseignants de 1 h 30. Avec les élèves la durée était de 1h en tout.

5.1.1. L'échantillon des élèves

Pour la phase préparatoire nous avons pris trois groupes-classes en milieu rural pour l'entretien.

Tableau 19:Groupe classe d'entretien

	1	2	3	Total
Niveau	3ème	4ème	5ème	
Nombre d'élèves	46	36	22	104

L'âge des élèves en milieu rural en classe de 3ème varie entre 13 à 18 ans, en 4ème entre 12 à 18 ans, en 5ème entre 11 à 16 ans

Deux garçons ont voulu travailler ensemble, l' un de 13 ans et l'autre de 14 ans. Ils étaient pris en vidéo avec leur accord, et leur travail est transcrit dans l'annexe. Nous avons aussi pris en photo leur trace écrite. Ils ont travaillé pendant une heure.

Tableau 20 : Séances de classe observées

Groupe	1	2	3	4	5
Niveau	CMI	6ème	5ème PC	5ème Maths	5ème Maths2
Nombre d'élèves	50	52	58	55	54
Durée	1H 30	2 H	2H	2H	1H

Pour les groupes 1, 2, 3,4, nous avons transcrit les paroles pendant la séance, tandis que pour le groupe 5 ; nous n'avons pas transcrit, c'était le moment de l'expérience pour construire le tableau de proportionnalité avec le dynamomètre

Nous avons collecté au total 9H30 d'observation.

Nous avons envoyé les exercices dans quatre collèges : au Collège Notre Dame du Mont Carmel et au Collège Nativité de Notre Dame qui sont ruraux, et au Collège Sainte Chantal et La Providence Antsirabe qui sont urbains. (ET : Etablissement)

Tableau 21:Elèves ayant reçu les exercices (classe de 5ème)

	ET1	ET2	ET3	ET4	Total
Exercices envoyés	177	176	24	30	407
Exercices recueillis	122	176	0	0	298
Pourcentage des répondants	69,92%	100%	0%	0%	73,21%

Tableau 22 : Ages et sexes des élèves répondants (classe de 5ème

AGES	GARCONS	FILLES	EFFECTIFS
10 ans		2	2
11 ans	3	13	16
12 ans	70	117	187
13 ans	24	44	66
14 ans	9	12	21
15 ans	1	3	4
TOTAL	107	191	298

Au moment où les élèves ont traité les exercices, nous n'étions présentes qu'au Collège Providence Antsirabe pour la classe de 5ème A .Dans les autres, nous avons laissé la charge à la direction ou aux responsables de la pédagogie, une classe du Collège Antsirabe, au Collège Sainte Chantal. Nous n'avons pas pu recueillir en totalité les exercices envoyés car des élèves n'ont pas su ou n'ont pas du tout répondu, exemple, au Collège Nativité Notre Dame Andonaka, et Collège Carmel Ankilizato . Pour la classe de $5^{\text{ème}}$ B au Collège Providence Antsirabe, l'enseignant de sciences physiques a changé les données, comme l'allongement du ressort n'est pas dans le programme de physique.

Les questions ouvertes et les brainstorming étaient donnés en situation de classe :

- $4^{\text{ème}}$ = 108 élèves : brainstorming
- $5^{\text{ème}}$ =114 élèves : brainstorming
- $5^{\text{ème}}$ = 176 élèves : questions ouvertes

5.1.2. Population d'étude et échantillon des enseignants

Tableau 23: Effectif des enseignants ayant répondu à nos questionnaires

Sexe		
Modalités	Effectifs	Pourcentages
femme	46	36,8
homme	79	63,2
Ensemble	125	100

Tableau 24: Répartition par niveau d'enseignement

Niveau		
Modalités	Effectifs	Pourcentages
NR	4	3,2
CM 1	7	5,6
CM 2	8	6,4
CM 2 - 4ème	1	0,8
6ème	15	12,0
6ème-5ème	55	44,0
6ème-5ème-4ème	1	0,8
6ème-5ème-4ème-3ème	1	0,8
5ème	11	8,8
5ème-4ème	2	1,6
5ème-4ème-3ème	4	3,2
4ème-3ème	15	12,0
3ème	1	0,8
Ensemble	125	100,

Tableau 25: Répartition par matières enseignées

Matière	°	°
Modalités	Effectifs	Pourcentages
Autre	13	10,4
Maths	29	23,2
Maths Autre	4	3,2
Maths Physique	33	26,4
Maths Physique Autre	1	0,8
NR matière	2	1,6
Physique	36	28,8
Physique Autre	7	5,6
Ensemble	125	100,0

Tableau 26:Effectifs des enseignants selon statistique Ministère de l'Education 2010-2011

	PUBLIC	PRIVE
PRESCOLAIRE	1174	6103
PRIMAIRE	80428	19127
COLLEGE	18938	12415

5.2. Les « dire » des enseignants

Dans cette partie nous souhaitons présenter les enseignants : leur formation initiale, leur rapport aux disciplines, leurs responsabilités dans les établissements.

5.2.1. Premier individu

Ce professeur est un ancien professeur littéraire, mais par manque de professeur, il a accepté d'enseigner les mathématiques et les sciences physiques en classe de 6ème et 5ème.

Parler de la proportionnalité en sciences physiques lui est assez difficile. Dans le programme il y a la notion de masse volumique, mais il suffit de passer par les formules. La manipulation pour cette notion est importante, mais il lui manque du matériel. Donc ils n'ont pas besoin de passer par la proportionnalité.

S24 PC Io zany miala amin'ny formule satria …eo zany miala amin'ny hoe :…ohatra hoe maka partie kely amin'ny zavatra anankiray…dia lanjaina ; dia ovaovana , dia jerena ny volume… dia izay le ataoko hoe mila fikirakirana	Là j'applique seulement la formule parce que là…j'applique…exemple, je prends une petite partie d'un objet…je le pèse…je varie…ensuite, on regarde le volume…c'est là que je dis qu'on a besoin de manipuler.
S25 Dia jerena ndray ny volume ary eo izy asaiko mi-calcul le rapport reo, eo le hoe masse divisé par volume dia maka …	Ensuite on regarde le volume, et là je leur fais calculer le rapport. Donc c'est là la question, masse divisé par volume…et on prend…

Figure 33:Extrait d'un entretien avec un professeur

Pour transmettre la notion de proportionnalité en mathématique, il passe par le tableau pour résoudre la situation de proportionnalité. Les exercices tournent autour des tableaux et des coefficients de proportionnalité : comment remplir le tableau si on a le coefficient .C'est en mathématique en classe de 5ème qu'il introduit la notion de graphique, par le repère orthonormé en utilisant les nombres décimaux. Il n'a pas donné beaucoup d'exercices sur les graphiques, deux peut être.

Pour pouvoir réussir en sciences physiques, les élèves doivent maîtriser surtout les opérations de base. En général, les enfants savent qu'ils ont besoin de connaître des notions en mathématiques pour réussir en sciences physiques. Concernant la proportionnalité, il suit ce qui est présenté par le programme.

En conclusion, il sent qu'il ne maîtrise pas beaucoup les sciences physiques, « c'est un de mes problèmes » dit-il.

5.2.2. Deuxième individu

Ce professeur était formé à l'Institut National de Formation Pédagogique. Il a une formation en didactique de sciences physiques et sciences de la vie et de la terre. Il est en même temps responsable de l'Établissement.

Pour lui, les sciences physiques nécessitent du matériel. Elles dépendent beaucoup des opérations de base en mathématique. Il ne peut pas parler de la proportionnalité car c'est une notion qu'il ne maîtrise pas beaucoup.

Pour aider les enseignants à faire la relation entre les disciplines mathématiques et sciences physiques, il organise le conseil d'établissement pour que les enseignants puissent en parler. Pour lui, les élèves qui sont bons en mathématiques savent faire la relation entre les mathématiques et les sciences physiques. Les mathématiques sont des outils pour les sciences physiques. Les sciences ne dépendent pas seulement des mathématiques, mais de beaucoup d'autres disciplines, exemples le français. Beaucoup de chapitres de mathématiques et sciences physiques se correspondent. Il faut se parler entre professeur, il faut attendre que certains chapitres soient entamés en mathématiques avant d'introduire la notion en physique, exemple les puissances de 10.

5.2.3. Troisième individu

Un ancien professeur de sciences physiques de la classe de 6ème et 5ème qui fait seulement les cours théoriques, car un autre est chargé des travaux pratiques. Elle n'a pas du tout changé d'école depuis 23 ans.

En général, les élèves doivent maîtriser la division en mathématiques. Pour utiliser le graphique en sciences physiques ; il revient sur les nombres décimaux et nombres négatifs exemple pour le thermomètre. Il utilise la droite graduée pour le repère orthonormé.

Dans la résolution de problème de physique, les élèves doivent manipuler. Ils doivent aussi avoir un bon raisonnement pour la compréhension des situations-problèmes en sciences physiques, il n'y a pas seulement que des formules. Exemples, les notions de bases en chimie, ils ont besoin de réfléchir.

O9 An an Tsy marina izany. Ny math amiko : Ny math fitaovana ho an'ny PC; NY PC misy comprehension de situation	Ah non, ce n'est pas tout à fait vrai. Pour moi, les Maths, les Maths sont des outils pour les PC. En PC il y a de compréhension de situation
O10 Ka tsy formule fotsiny ny PC. Hitako aty amin'ny base ange tsy formule fotsiny e. Karazana exo ampiasaina amn'ny ankizy fa misintona azy mba hisaina mihitsy zany e	Mais les PC ne sont pas seulement des formules. Exemple, en base, ce n'est pas seulement des formules. Les exercices qu'on leur donne, ce sont des exercices qui les attirent à réfléchir

Figure 34: Extrait d'entretien avec un professeur

La relation entre les deux matières, pour lui, il n'y a pas beaucoup de différences entre ces deux matières. Les mathématiques sont des outils pour les sciences physiques. Il n'a pas en tête spontanément toutes notions de mathématiques appliquées en sciences physiques. Il n'a pas fait l'analyse du programme donc il ne peut pas parler beaucoup de la proportionnalité. Il ne trouve pas du tout l'utilisation de la proportionnalité en sciences physiques en classe de 5ème.

En conclusion, il est convaincu que les enseignants de mathématiques et sciences physiques doivent se concerter. Et cela ne demande pas beaucoup de temps, il suffit de le faire dès qu'on se rencontre en salle de professeurs.

5.2.1. Quatrième individu

Ce professeur enseigne les mathématiques et les sciences physiques en classe de 4ème et 3ème. Il est statisticien de formation. Il est beaucoup plus à l'aise à enseigner les sciences physiques.

La proportionnalité c'est une règle à appliquer, ce n'est pas une notion à apprendre, c'est quelque chose de la vie quotidienne. C'est la multiplication, donc il faut un raisonnement. La proportionnalité est un constant, on la trouve dans les équations : les termes, inconnus et les membres. Il faut seulement le tableau de la proportionnalité. Le graphique est en géométrie. Le graphique est utile en classe de 3ème dans la notion de la loi d'OHM. On ne parle pas des graphiques, car il n'y a pas de leçon qui y correspond. Dans les manuels, il n'y a pas de graphique dans les résolutions des situations de la proportionnalité, ce ne sont que des tableaux. On ne parle pas de repère orthonormé, on ne parle que des axes. Et l'application linéaire n'est pas dans le programme officiel.

R1 Ny PC tsy dia misy problème , satria ny PC io resaka formule io no anarahana azy, io PC io an°! ..mampiasa formule fotsiny , raha mahay mianatra lesona fotsiny ny ankizy dia mazava ho azy ary mahay PC…Fa izay no maha samihafa azy amin'ny math….Ny math resaka raisonnement no miasa amin'iny. Ka raha tsy ampy raisonnement le zaza dia sarotra ny hahazoany ny math.	En Physiques pas de problème, parce que là on a seulement la formule. On utilise la formule. Si l'élève sait étudier sa leçon, c'est clair pour eux les Physiques…C'est ce qui les différencient des Mathématiques… Les Mathématiques ce sont des questions de raisonnement qui marche. Et si l'élève manque du raisonnement, ce sera difficile pour lui les mathématiques.
R16 mmm le justement manko eo indrindra satria isika …ireto resaka règle de proporitonnalité ireto an°! tsy ma recherche io, io….efa donné dia mora ny application ny amin'ny PC…saika saika proportionnalité mankony zavatra miasa ao amin'ny PC…zay	Oui justement, nous y sommes….parce que…ces règles de la proportionnalité, ce n'est pas une recherche…c'est quelque chose de donné et c'est facile l'application en PC… Parce que c'est presque toujours de proportionnalité qu'on utilise en PC…c'est le plus

Figure 35: Extrait d'un entretien avec un professeur

Dans les cours, il met en exergue la relation entre les mathématiques et les sciences physiques. Faire les liens des chapitres, les mathématiques sont des recherches, ce sont des abstraits, tandis que les sciences physiques sont des réalités, des évènements de la vie quotidienne qu'il faut comprendre

5.3. Les paroles des élèves

Nous catégorisons en quatre les dire des élèves : liens entre les disciplines mathématiques et sciences physiques, l'utilité de ces deux disciplines, disciplines faciles, disciplines difficiles

Notre entretien tournait autour de « comment les élèves faisaient la relation entre les mathématiques et les sciences physiques »

Pour les élèves les disciplines mathématiques et sciences physiques se complètent et se ressemblent presque. Il y a des choses qui se continuent depuis la classe de 6ème à la 3ème , exemples certaines formules, les figures géométriques, des traçages et des calculs

5.3.1. Les réactions des élèves

Nous avons catégorisé en quatre parties ce qu'ils disent sur les mathématiques et sciences physiques : ce qu'ils pensent : ce fait le lien entre ces deux disciplines, l'utilité de ces deux disciplines, pourquoi ces disciplines sont faciles à apprendre, pourquoi elles sont difficiles à apprendre. Les élèves ont du mal à parler de la proportionnalité et de la représentation graphique. Il fallait tirer par plusieurs questions pour qu'ils arrivent à reconnaître la proportionnalité et les règles de trois.

Tableau 27: Catégorisation de ce que disent les élèves

Liens entre les deux disciplines	Utilité des deux disciplines	Faciles parce que	Difficiles parce que
Opérations et puissances _ fractions _ électricité _ générateurs _ les nombres _ se complètent _ se ressemblent _ les formules _ les volumes _ les signes _ depuis la 5ème et 6ème 4ème _ calculs _ nombres complexe _ volume _ fraction _ courant continu _ symétrie _ leçons _ tension _ les leçons _ on commence en mathématique et en continue en sciences physiques _ parallélogramme _ les leçons sont continues _ on utilise les formules et les traçages _ cercle et cylindre _ PGCD et PPMC	Découvrir _ développer l'esprit _ lycée technique _ travail _ connaître beaucoup de chose _ utiles _ compter _ mesurer _ travaux d'intelligence _ connaissances _ apprendre à ne pas être trompé _ pour ne pas être embarrassé en difficultés _ aider dans la vie _ classes supérieures	Faire les exercices _ écouter _ pas de leçons à apprendre _ connaître le calcul _ fait travailler l'esprit _ réfléchir _ définitions	Approfondir _ apprendre les formules _ savoir calculer _ petits problèmes _ ne sait pas _ réflexion _ difficiles mais plaisant _

Tableau 28: Ce que disent les élèves (suite)

5AL- Ho ahy ny fandraisako ny Math sy PC tena tsara satria ireo matière ireo mampivelatra ny saina. Tany aminn'y 6ème sy 5ème, dia misy fandraisany ireo matières satria samy misy tarehimarika ary tena mifanohana mihitsy aza. Exemple 10-10= 0, 00000000010 Math° : 2^2 = 2X2 Tena mifanohana ireo taranja ireo satria mitovy, ary saika mitovy mihitsy aza.	Pour moi, les Maths et PC sont très bien car ce sont des matières qui font découvrir, et développent l'esprit. En 6ème et 5ème, il existe la relation entre ces deux disciplines, car il y de part et d'autre des nombres. Ils se complètent même. Exemple° : 10-10= 0, 00000000010 Math° : 2^2= 2x2 Ces deux matières se complètent, et se ressemblent presque.
E1-Ny hevitro manokana aloha dia …ny math ny ahy no mba azoko, …satria, mitovy ihany ireo sy ny PC …samy formule fa ny …mba moramora tadidia kokoa dia ny math.	A mon avis, je pense que…..moi je comprends mieux les maths….parce, c'est pareil les deux ….chacun on a les formules, mais les maths sont plus faciles à retenir.

5.4. Ce que les enseignants expriment en situation de classe.

Nous avons catégorisé leur « dire » pendant l'enseignement : d'une part le contenu de leur enseignement, ensuite le savoir qu'ils transmettent, d'autre part leur interaction entre eux et leurs élèves.

5.4.1. En classe de CM

Pour la classe CM 1, la notion de la proportionnalité est répartie en deux parties. La notion de tableau de proportionnalité, et la notion de graphique. La séance que nous allons présenter est l'apprentissage de notion de graphique dans la notion de proportionnalité. Le tableau de proportionnalité était déjà vu auparavant.

Tableau 29: Synthèse de la séance en CM 1

<table>
<tr><th>CONTENU DE L'ENSEIGNEMENT</th><th>ACITIVTES ET PAROLE DU MAÎTRE</th><th>ACTIVITES ET PAROLE DES ELEVES</th></tr>
<tr><td>Séance de révision du tableau de
proportionnalité : elle fait exprimer les
différentes mesures : capacité et distance
Méthode de la linéarité : divisibilité, multiple :
double et quadruple

Le maître trace une demi-droite au tableau pour
commencer le tableau</td><td>Le maître présente l'énoncé : « avec 4L d'essence une moto
parcourt 100km » et fait lire cet énoncé
Il trace le tableau<table><tr><td>Capacité</td><td></td><td>2 L</td><td>4L</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Distance</td><td></td><td></td><td>100km</td><td></td><td></td></tr></table>C'est quoi 4L
C'est quoi km
Mesure ou bien
Oh oh
Le km
Bravo
Nous allons compléter le tableau, si je mets 2L de capacité
d'essence ?
D'où vient 50km, comment vous avez trouvé 50km
C'est-à-dire 4 : 2 égale 2, donc 100 : 2 égale 50.</td><td>Un enfant lit l'énoncé

C'est la capacité
C'est la mesure
Volume
C'est la distance
50km (chaque élève travaille dans son ardoise)
100 divisé par deux égale 50
4L pour 100km, donc pour 2km combien de L
Mm
On fait la règle de trois
2LX100km
: 4
Les élèves continuent avec les autres chiffres, (là
intervient le mot double et quadruple.) 8 est le</td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>
pour commencer le tableau
Notion de droite perpendiculaire
Référence au tableau

Traçage de la droite passant par 0
Fait prendre les ardoises et fait refaire ce qui est dans le livre page 85 comme exercice
</td>
<td>
D'où vient 50km, comment vous avez trouvé 50km
C'est-à-dire 4 : 2 égale 2, donc 100 : 2 égale 50.
Qui a trouvé d'autres méthodes
On fait quoi ?
<table>
<tr><td>Capacité</td><td>8L</td><td>2L</td><td>4L</td><td>6L</td></tr>
<tr><td>Distance</td><td>200km</td><td>50km</td><td>100km</td><td>150km</td></tr>
</table>

Qu'est-ce que c'est ?
Et quand j'ajoute encore une autre demi-droite ?
Un angle droit mesure combien ?
Ou bien il y a deux droites ?
Dans ce tableau nous avons deux unités différentes.
Quelles sont-elles ?
Quelle est l'unité ?
Quelle est la deuxième unité ?
Quelle est l'unité de distance ?
Sur la droite verticale nous prenons 1dcm pour le litre et dans la ligne verticale, nous mettons le km
Si nous mettons 1dcm pour 2l
Maintenant, sur l'horizontale : 1dcm pour combien de km
Faire relier les points de la verticale et de l'horizontale : 2L correspond à quoi ?
Je relie les points. Que représente la ligne droite ? La ligne droite représente le graphique portant le km et le L qui représente deux unités. Est-ce qu'ils sont bien alignés ?
</td>
<td>
(là intervient le mot double et quadruple) 8 est le quadruple de
<table>
<tr><td>Capacité</td><td>8L</td><td>2L</td><td>4L</td><td>6L</td></tr>
<tr><td>Distance</td><td>200km</td><td>50km</td><td>100km</td><td>150km</td></tr>
</table>

Une demi-droite
Un angle droit
90°
Deux droites perpendiculaires
La capacité
Le litre
La distance
Le kilomètre
1dcm pour 2L, 2dcm pour 4L, 3dcm pour 6L
1dcm pour 50km, 2dcm pour 100km………
2L correspond à 50km et ainsi de suite

Oui !
</td>
</tr>
</table>

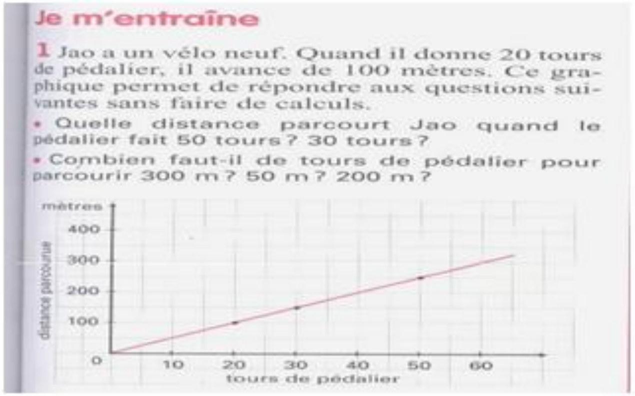


Tableau 30: Enseignement de sciences physiques en 5ème

CONTENU	ACTIVITES ET PAROLE DU PROFESSEUR	ACTIVITES ET PAROLE DES ELEVES
Révision de ce qu'est la masse et le	Quand nous parlons de masse, elle se répartie en combien ?	En deux
olume	La masse se répartie en deux c'est…	Le solide et le liquide
	Et le volume ?	Mm
	……	En deux, le volume du liquide et le volume du solide
	Pour déterminer la masse s'un solide on utilise quoi	…..
	Comment on détermine le volume du liquide ?	La balance et le poids marqués.
	On regarde seulement, on verse de l'eau , on regarde la graduation ,	….
	t on voit combien le volume…	On utilise le récipient gradué
	Les physiques c'est quoi ?	…..
	……	…..
	Comment s'appelle ça ?	…..
	Est-ce un pavé droit ?	La vie quotidienne.
	Et ça ,	
La nouvelle leçon : Le professeur montre	Tu sais que c'est un boulon, mais tu ne dis pas que c'est un sphère	
n morceau de bois Titre de la nouvelle	lors ?	Le pavé droit
eçon : **c'est la masse volumique**	Oui un morceau de bois, et maintenant ; ça (vis et écrou)	Le rectangle.
Le professeur montre un écrou	C'est quoi ?	Un boulon.
	L'ensemble du vis et de l'écrou forme un boulon.	….
	Nous allons faire l'expérience. Nous allons voir la masse et le	C'est un morceau de bois

<table>
<tr>
<td>
Le professeur a un vase marqué pour le olume du boulon et du vis. Et une balance our le poids

Le professeur refait dire l’expérience, omment on a trouvé le poids et le volume u boulon.
Par analogie il demande aux élèves omment on peut trouver le poids et le olume du pavé droit.
</td>
<td>
olume du boulon.
Le professeur fait devant les élèves l’expérience. Il plonge le vis ’abord dans le récipient marqué et trouve 9 cm^3, et 70.2 g
En enlevant le vis : on fait la soustraction V2-V1= 2cm^3
On suite on met le boulon, on trouve, 4.5cm^3 et le poids 46.8g.
Qu’est ce que nous pouvons tirer ?

Masse volumique.

Pour déterminer le volume du pavé droit, repérer sa forme …. ?
Cherchons son volume…
Volume du pavé droit : longueur fois largeur fois hauteur et le oulon ?
Tout à l’heure nous sommes revenus pour faire un peu de Aathématique en 5ème et 6ème. Nous avons vu les caractères de ivisibilité. Question de division. Si nous parlons de la division, qu’est-e qu’on appelle quotient En premier déterminez le quotient de 100/2. i nous écrivons le quotient de 100/2 c’est 100 divisé par 2 ; si nous crivons quotient de 50 / 5 nous écrivons 50 divisé par 5 et là comment éterminer le quotient de la masse par le volume. Déterminez le uotient de la masse et du volume
Quelle est l’unité ?
C’est ce qu’on appelle plus vite la masse volumique
Construisons le tableau

<table>
<tr><td>g</td><td>70,2</td><td>46,8</td><td>31,5</td><td>23,4</td></tr>
<tr><td>cm3</td><td>9cm3</td><td>6cm3</td><td>4,5cm3</td><td>3cm3</td></tr>
</table>

C’est quoi en général l’unité de M/V ?

<table>
<tr><td>masse</td><td>70,2</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>volume</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>m/v</td><td>7,8</td><td>7,8</td><td>7,8</td><td>7,8</td></tr>
</table>
Qu’est-ce que nous remarquons ?
Si nous regardons cela nous trouvons quelque chose comme cela en nathématique. Cela rappelle quoi en Mathématique ?.......................
C’est quoi ?
Cela nous sert de quoi ? .c’est pour trouver l’inconnu…Exemple la
</td>
<td>
Boulon….vis ….
C’est un boulon.
……..
Les élèves regardent faire

Masse volumique
Proportionnalité

Et chercher la formule
Volume égale : longueur fois largeur fois hauteur ;

Le quotient de masse sur le volume est M/V
g/cm^3

g/cm^3

les élèves travaillent dans leur brouillon.
</td>
</tr>
</table>

Rappel des éléments du diviseur pour rouver le quotient insiste sur le mot uotient. Il fait faire le calcul pour trouver le uotient	masse est inconnue, c'est en fonction de la masse volumique et du volume qu'on détermine la masse. Exemple j'efface cet inconnu. Comment déterminer la masse correspondant à 9 cm3, et si la masse : donc volume fois 7,8 . Comment on cherche cela encore, si le volume est 9cm3, ary ny masse volumique 7,8	M/V c'est tout pareil. *Cela nous rappelle le tableau de la proportionnalité.* Le coefficient de la proportionnalité

5.4.2. En enseignement de mathématiques en $5^{ème}$

Tableau 31: Synthèse de la séance de mathématique en classe de 5ém

CONTENU	ACTIVITES DU PROFESSUER ET PAROLE	ACTIVITES DES ELEVES ET PAROLE
Il présente un tableau de valeur	<table><tr><td>Prix</td><td>500</td><td>1000</td><td>1500</td><td>2000</td><td>2500</td><td>3000</td><td>3500</td><td>4000</td></tr><tr><td>cahirs</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr></table>Qu'est-ce que tu dois faire si tu veux aller de la première ligne à la deuxième gne ? Si de la première ligne tu vas à la deuxième ligne. Quelle est la méthode si tu as à la deuxième ligne ? ……………………………………………………….. Par exemple : compléter le tableau de proportionnalité, c'est-à-dire, un tableau eprésente un tableau de proportionnalité s'il existe… Comment on trouve ………comment on trouve 500 ? On appelle un nombre tout ce qui est en haut 500/1, 1000/2, 1500/3, 2000/4, ………….. ça donne un même nombre 00…………… ….Lorsque vous utilisez la proportionnalité, il faut deux grandeurs roportionnelles……………….. ; est-ce que votre âge est proportionnel avec otre taille ? Ça ne correspond pas, donc ça ne représente pas une proportionnalité. L'âge onc ne correspond pas à la taille……	Le prix des cahiers qu'on ne connaît pas, divisé ar le prix d'un cahier Coefficient de proportionnalité …………………………………………. ……………………………………………. ; Diviser par …………………. ; ……………….. …………………… ;;;; Non

ENSEIGNEMENT DE LA PROPORTIONNALITE

1. LES DIFFERENTS ASPECTS DE LA PROPORTIONNALITE

L'enseignement de la notion de proportionnalité est l'une des notions mathématiques que plusieurs didacticiens reconnaissent le plus important au primaire et au collège. Elle pose problème autant pour l'enseignant que les élèves. Ainsi ces deux chapitres suivants exploitent la notion de proportionnalité avec ses éléments principaux : les tableaux et les graphiques pour éclairer les analyses et interprétations que nous faisons sur les exercices sur la proportionnalité passés aux enseignants et aux élèves.

1.1. La proportionnalité au point de vue mathématique.

1.1.1. Comment définir la proportionnalité.

Mais qu'est ce que la proportionnalité ? Proportionnalité vient du mot proportion, « du latin proportio, du dictionnaire Petit Larousse. En mathématique : égalité de deux rapports ». Proportionnalité donc c'est la situation de rapport entre deux ou plusieurs grandeurs.

Nous nous servons d'une carte conceptuelle que nous avons réalisée pour réagir sur ce qu'est le concept de la proportionnalité en mathématique. Après cette carte nous proposons une .définition de la proportionnalité comme suit : la proportionnalité est la relation entre deux grandeurs. Elle peut être envisagée dans différents cadres (DOUADY 1992) : le cadre de grandeur, le cadre numérique et le cadre graphique. Une définition de la proportionnalité en mathématique, est souvent déterminée par la situation de proportionnalité, telle que « deux suites de nombres sont proportionnelles si l'on peut passer de chaque terme de la première suite au terme correspondant de la seconde par un même opérateur multiplicatif » ARCO DI TRENTO 2005

1.1.2. Aspect de la proportionnalité

Prenons le cas du cadre des grandeurs, la proportionnalité permet de les comparer, la proportionnalité suppose un rapport, et ce rapport est constant. « Les didacticiens placent la proportionnalité dans le champ des structures multiplicatives. C'est-à-dire, dans l'ensemble de situation dont le traitement implique une ou plusieurs multiplications ou divisions » ARCO DI TRENTO (2005).

Soit un exemple, de la vie quotidienne, une voiture en roulant régulièrement consomme 7 litres d'essence aux 100km. Deux questions peuvent se poser. Ou la distance parcourue avec une telle quantité d'essence, ou la quantité d'essence consommée pour telle distance parcourue. Dans cette situation, on peut bien considérer que les deux grandeurs sont proportionnelles. C'est-à-dire, si je double la quantité d'essence, la distance parcourue est doublée, ou si on double la distance à parcourir la consommation de l'essence doit aussi doubler.

Litre d'essence	7	14	21	35
Distance parcourue	100	200	300	500

Ces deux grandeurs sont proportionnelles car on calcule la valeur de l'une en fonction de l'autre, d'où l'aspect de la proportionnalité en fonction, et la fonction linéaire caractérisée par la propriété de distributivité de la multiplication sur l'addition: $f(a+b)= f(a)+ f(b)$.

« Une fonction linéaire est une fonction de la forme $f : \mathbf{x} \longrightarrow \boldsymbol{ax}$ où *a* est un nombre réel appelé coefficient de la fonction linéaire ou coefficient de proportionnalité. La représentation graphique d'une fonction linéaire est une droite qui passe par l'origine du repère. » PECQUEUX (2002)

Considérons la fonction *f définie par f (x) = 2x, représentons dans un tableau :*

x	1	-1	2
F (x)	2	-2	4

1.1.3. Procédures de résolution

SOKONA (1989) présente deux aspects de la proportionnalité dans les procédures de calcul : les aspects analytiques et les aspects analogiques. « Les procédures analogiques où l'on exprime une relation entre les éléments d'un même espace qu'on rapporte ensuite aux éléments correspondants de l'espace associé » SOKONA (1989). Parmi les procédures analogiques est la recherche d'un opérateur scalaire, décomposition additive, rapport proportionnels (scalaire).

Litre d'essence	7	14
Distance parcourue	100	200

Parmi les procédures analytiques, l'opérateur fonctionnel, rapport proportionnel fonctionnel, la règle de trois, le produit en croix, la fonction linéaire.

8	12	4
40	60	20

1.1.4. Importance de la proportionnalité

La proportionnalité est une notion appliquée à la vie quotidienne et qui devient un savoir à apprendre parce que nombre d'enseignants chevronnés et novices ne le maîtrisent pas, nous dit un enseignant que nous avons interviewé. Et en effet, c'est une notion qu'on utilise dans plusieurs champs de l'enseignement, sciences physiques, chimie, géographie, sciences de la vie et de la terre. En mathématique, elle a un rôle important, d'autres notions dépendent d'elles : échelles, pourcentage, fraction. Elle pose pourtant problème, tant pour des enseignants que des élèves.

1.2. Comment est présentée la notion de proportionnalité ?

En général, la notion de proportionnalité est présente dans trois cadres (DOUADY 1992): le cadre numérique, le cadre de grandeur et le cadre graphique. On la rencontre dans les cadres numériques comme suite :

Tableau 32 : Les cadres numériques :

:5

2	6	8	10	18	36
10	30	40	50	90	180

X5

C’est une suite numérique : il suffit de multiplier par 5 le premier terme pour avoir le second, ou il faut diviser par 5 le deuxième pour avoir le premier

Dans le cadre de grandeurs, on peut avoir les différentes grandeurs, volume, mesure de longueurs, prix, masse, la liste n’est pas exhaustive. Nous prenons un exemple qu’on trouve facilement dans les problèmes donnés aux élèves : le prix d’un objet et l’objet sont souvent proportionnels.

Longueur de tissus en m	3	5	12	15
Prix du tissu en Ar	15000	25000	60000	75000

On peut bien avoir la longueur du tissu ou le prix du tissu : considérons la longueur du tissu nécessaire. En divisant le prix du tissu par le même nombre 5000 on a bien, 3, 5, 12, 15 et en multipliant la longueur du tissu par 5000, on a bien 15000, 25000, 60000, 75000.

On fait donc travailler les élèves la plupart des temps sur des situations proportionnelles, pour calculer le coefficient de proportionnalité, ou l’inverse mais pas à mettre en évidence les grandeurs proportionnelles. . Or la proportionnalité est le rapport entre deux ou plusieurs grandeurs

Tableau 33:Exercice Calcul 7ème p 67

Exemple : CALCUL 7 MINESEB p 67

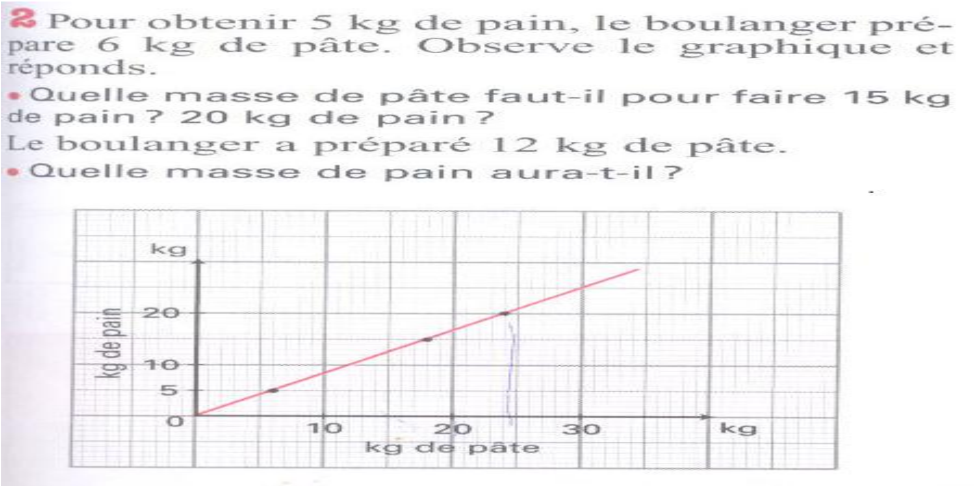
En 50 tours de pédaliers JAO a parcouru 280m. Pour savoir combien il parcourt, il construit le tableau. Aide-le :

Nombre de tours	10	20	50	100	200	500	600
Distance			280				

Dans le cadre graphique, il peut aussi permettre de résoudre et de représenter une situation de proportionnalité. En représentant sur le tableau la situation problème ci-dessous nous avons.

Masse de la pâte kg	6	18	24	12
Masse du pain kg	5	15	20	10

Cette situation de proportionnalité est proposée à un élève de CM, donc il lit seulement sur le graphique la situation. A cet effet il faut un graphique bien fiable, comme le papier millimétré pour ne pas induire en erreur, car la proportionnalité des grandeurs prises dans cet exercice ne sont pas concevables par intuition au préalable.


2 Pour obtenir 5 kg de pain, le boulanger prépare 6 kg de pâte. Observe le graphique et réponds.

• Quelle masse de pâte faut-il pour faire 15 kg de pain ? 20 kg de pain ?

Le boulanger a préparé 12 kg de pâte.

• Quelle masse de pain aura-t-il ?

Figure 36:Extrait du manuel 8ème MNESEB p86

1.2.1. Comment est présentée la notion de proportionnalité dans le programme scolaire malgache (1995 en ce jour)

La notion de proportionnalité est incluse dans le programme scolaire de la CE 2 à la 3ème, mais nous retenons seulement le programme de CM, 6ème et 5ème, c'est le cas de notre étude.

1.2.1.1. En CM

OBJECTIFS : L'élève doit être capable de reconnaître une situation de proportionnalité et la résoudre (situation de partages)

Les activités demandées sont :

- ✓ Apprendre à construire des tableaux de proportionnalité à partir d'un énoncé de situations problèmes.
- ✓ Remplir un tableau qui représente une situation de proportionnalité, résoudre par la règle de trois ou la technique qui met en œuvre la combinaison linéaire, soit par l'addition, soit par la multiplication ou la division.
- ✓ Mettre en œuvre la multiplicité pour passer de la première ligne à la deuxième ligne en utilisant des nombres faciles à manipuler en classe de CM.

- ✓ Résoudre une situation problème comme la facture, l’agrandissement ou la réduction géométrique
- ✓ Apprendre à représenter la situation problème sur un graphique : mettre en rapport le tableau et le graphique.
- ✓ Apprendre à résoudre un problème sur le graphique.

1.2.1.2. En 6ème

OBJECTIFS : Traduire quand c’est possible, un problème donné en situation de proportionnalité. Reconnaître un tableau de proportionnalité. Compléter un tableau de proportionnalité.

- ✓ Reconnaître une situation de proportionnalité
- ✓ Reconnaître une suite de nombres proportionnels
- ✓ Calculer le coefficient de proportionnalité
- ✓ Utilisation comme opérateur : pourcentage et échelle.

1.2.1.3. En 5ème

OBJECTIFS : Déterminer un coefficient de proportionnalité d’un tableau. Utiliser un coefficient de proportionnalité pour effectuer des calculs. Connaître le sens pratique donné au coefficient de proportionnalité. Avoir une notion de repère et de représentation graphique dans le plan.

Comme activité : Prendre des exemples de proportionnalité

- ✓ Calculer la vitesse moyenne, la masse volumique, le débit ;
- ✓ Résoudre des problèmes courant faisant appel à l’utilisation (directe ou inverse) de la formule donnant la vitesse moyenne, la masse volumique, le débit

Notion de repère :

- ✓ Placer un point défini par ses coordonnées dans un quadrillage, muni d’un repère orthogonal ;
- ✓ Déterminer les coordonnées d’un point placé dans le quadrillage muni d’un repère orthogonal ;
- ✓ Représenter graphiquement point par point un tableau de proportionnalité
- ✓ Reconnaître une situation de proportionnalité d’après sa représentation graphique (droite passant par l’origine)

1.2.1.4. Remarque :

Explicitement, le programme scolaire malgache ne mentionne pas la notion de grandeurs qui est la base de la notion de proportionnalité. Il le mentionne comme titre du chapitre « LA PROPORTIONNALITE »

Dans les trois niveaux, le centre de l'apprentissage de la proportionnalité en mathématique est axé autour de la reconnaissance de la situation de proportionnalité dans une suite numérique ou dans une situation de rapport de grandeurs, du calcul de coefficient de proportionnalité, l'utilisation des grandeurs proportionnelles : vitesse moyenne et distance, masse volumique, débit.

Une autre remarque : explicitement, la notion de graphique n'apparaît qu'en classe de $5^{ème}$. Nous constatons la surdétermination de l'utilisation du tableau dans l'apprentissage de la proportionnalité. En $5^{ème}$ est explicitée la correspondance entre le tableau et le graphique.

1.3. Comment est présentée la proportionnalité dans les manuels scolaires malgaches ?

Nous avons choisi deux collections de manuels scolaires utilisés à Madagascar. Les manuels. Au primaire, en 2002, le MINESEB, (Ministère de l'Enseignement Secondaire et de l'Education de Base) a édité des manuels scolaires dont les mathématiques. Ce sont les manuels les plus utilisés, du moins dans les écoles privées. Au collège, la Collection Inter Africaine de Mathématiques (Collection CIAM) qui comprend des manuels de mathématiques, de guides pédagogiques et des livrets d'activités pour les lycées et les collèges des pays francophones d'Afrique et de l'Océan Indien (sous la direction de Saliou TOURE), de 1993 à 2002 est utilisée dans les Collèges, c'est presque le seul manuel à Madagascar, si non, on retrouve des manuels français dans les brocantes.

1.3.1. En CM I

Ce manuel avance comme objectif de l'apprentissage de la proportionnalité : permettre à l'élève de reconnaître une situation de proportionnalité, à la résoudre à l'aide d'un tableau ou d'une règle de trois. L'aspect analogique de proportionnalité SOKONA (1989) ou rapport interne selon SABINE DARO et al (2005), est envisagé, la procédure scalaire. Cette notion est initiée à partir du tableau de proportionnalité comme nous montre l'extrait.

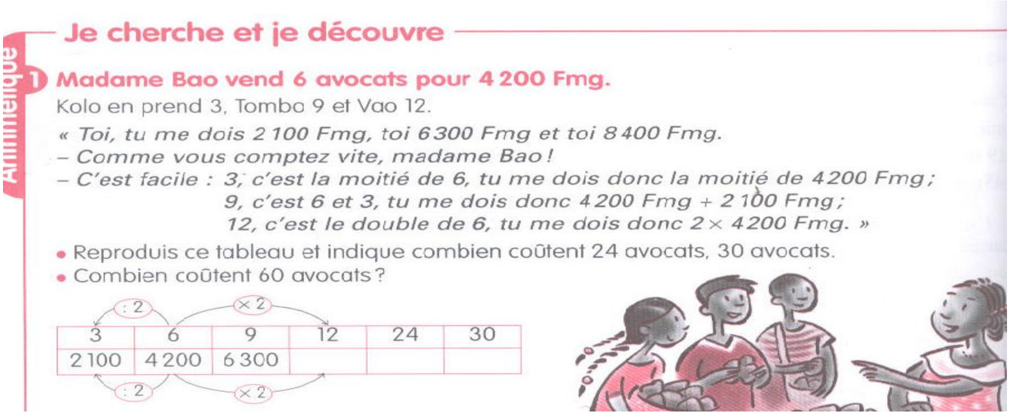


Figure 37:Extrait du manuel 8ème MINESEB p 76

Cette reconnaissance de la proportionnalité est explicitée dans ce qui est à retenir par l'élève : la procédure : « Dans une situation de proportionnalité, si on multiplie ou si on divise l'une des grandeurs par 2, 3, 4 …l'autre grandeur est multipliée et divisée par le même nombre » Calcul 8 MINESEB p 76. C'est dans ce que l'élève doit retenir que la notion de grandeur est explicitée, cela suppose que le mot grandeur soit appris par cœur.

En CM 1 la notion de graphique est introduite pour résoudre une situation de proportionnalité :

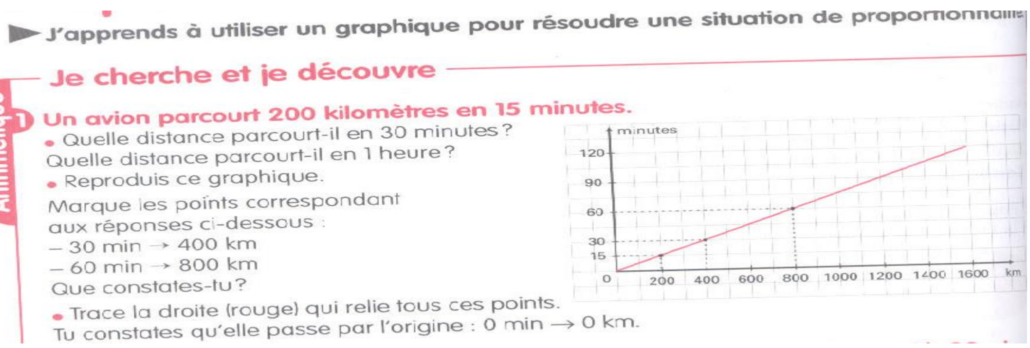


Figure 38:Extrait du manuel 8ème MINESEB p 86

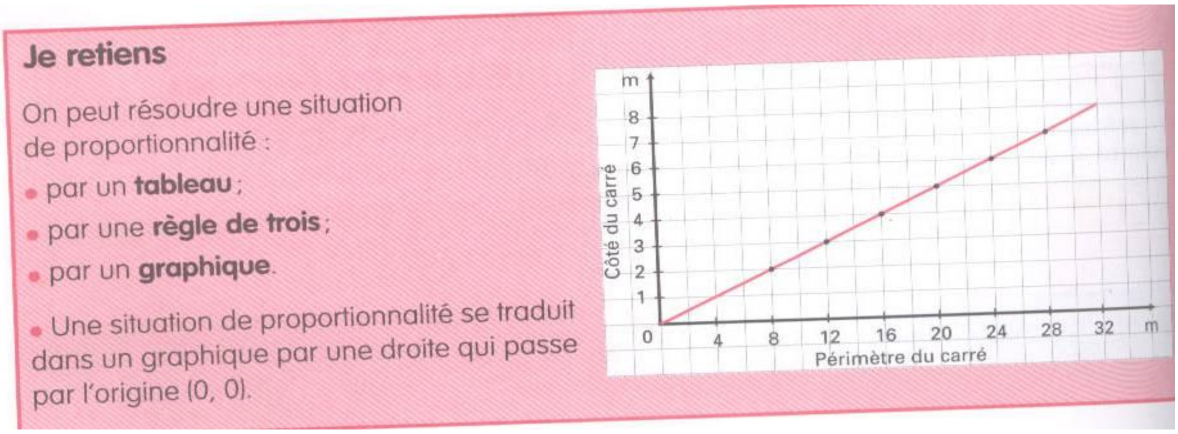


Figure 39: Extrait du manuel 8ème MINESEB p 86

Le tableau, le graphique, la règle de trois sont d'un même rang d'outils pour résoudre le problème de situation de proportionnalité et représentations. Les exercices demandés aux élèves seront de lire la correspondance entre les grandeurs. (ANNEXE 68)

Remarque : Le manuel se propose comme objectif de permettre à l'élève de reconnaître une situation de proportionnalité. A voir les exercices, nous n'en avons rencontré aucun qui demande à l'élève de reconnaître la situation de proportionnalité. (ANNEXE 13). Nous pouvons remarquer aussi, que l'apprentissage de la proportionnalité ne fait pas la correspondance entre le graphique et le tableau. Les deux objets sont présentés indépendamment. A constater le manuel de 8ème, l'enseignement de la proportionnalité consiste à apprendre à remplir le tableau de proportionnalité par la procédure de calcul scalaire d'un côté et d'un autre à remplir le graphique. Et les exercices présentés sont des exercices de calcul de méthode de règle de trois.

1.3.2. EN CM 2

En CM 2, la notion de proportionnalité est présentée en deux chapitres, l'objectif du premier chapitre est annoncé comme suit MANUEL 7ème p 66 « j'apprends à reconnaître une situation de proportionnalité » et le deuxième, MANUEL 7ème p 106 : « j'apprends à résoudre des problèmes de proportionnalité, à utiliser la règle de trois »

> Quand des grandeurs sont proportionnelles*, si l'une est multipliée par 5, l'autre aussi est multipliée par 5.
> Si l'une est divisée par 4, l'autre aussi est divisée par 4.

Figure 40:Extrait du Manuel 7ème MINESEB p 66

Si l'élève apprend à reconnaître la situation de proportionnalité, face à ce résumé que propose le manuel, que doit faire l'élève ? Il doit donc chercher par combien est multiplié ou divisé un nombre, ou une grandeur. Si nous prenons l'exemple « on achète 8 crayons pour 950Ar » quelle est l'activité de l'élève pour reconnaître que le nombre de crayons est proportionnel au prix. Il faut que l'élève passe par le prix de l'unité pour voir le rapport entre les deux grandeurs. C'est à partir du prix de l'unité qu'il appréciera la suite. Jusqu'à présent la reconnaissance de la proportionnalité s'avère difficile pour l'élève. La notion de proportionnalité est confondue avec les méthodes, les outils, pour reconnaître une situation de proportionnalité.

Essayons de comprendre le problème suivant proposé à l'élève :

6 La rizière de Reboza a une superficie de 1 ha et produit 2 400 kg de riz.
• Si les rendements sont proportionnels, combien produit la rizière de Rasoja si sa surface est égale à la moitié de celle de Reboza ? Et celle de Rabevala, qui est deux fois et demie plus grande que celle de Reboza ?

Figure 41: Extrait du manuel 7ème MINESEB p 67

A comprendre l'énoncé, la proportionnalité établit une relation entre deux ou plusieurs grandeurs. Si les rendements sont proportionnels cela suppose, que les rendements pour chaque personne sont proportionnels. Or on parle de la proportionnalité des terrains des trois personnes dans la suite de l'énoncé. De la proportionnalité des terrains, l'élève doit passer à la proportionnalité des rendements. Le traitement de cet exercice s'avère difficile. Et c'est un exercice hors de l'objectif, car l'objectif c'est de reconnaître la proportionnalité. En fin de compte, en classe CM, les activités proposées aux élèves ne sont pas de reconnaître des situations de proportionnalité mais de résoudre des problèmes de proportionnalité par différentes méthodes, la règle de trois, le tableau et le graphique.

1.3.3. En classe de 6ème : CIAM

Dans ce manuel, la proportionnalité est introduite par la notion de tableau de correspondance. Le tableau de correspondance que l'élève doit faire la différence avec le tableau de proportionnalité. Et c'est l'opérateur associant les nombres de la première ligne au nombre de la deuxième ligne qui les différencie.

Tarifs postaux
Voici ci-dessous un tableau de correspondance entre le "poids" d'une lettre et le prix à payer pour son expédition.

Poids de la lettre en grammes	15	30	50	90
Prix à payer en francs CFA	240	350	450	660

Dans ce deuxième tableau, aucune méthode de calcul ne permet de passer d'une ligne à l'autre. On n'associera donc au tableau aucun opérateur montrant comment l'on passe d'une ligne à l'autre.

Figure 42:Extrait du manuel CIAM p 196

Le tableau ci-dessus est un simple tableau de correspondance, on ne peut associer aucune opération pour passer de la première ligne à la seconde ligne. Les valeurs présentées ne sont pas proportionnelles, poids de la lettre et le prix d'expédition.

1.2 TABLEAUX DE PROPORTIONNALITÉ

Exemple

Un cahier coûte 90 F. On veut trouver le prix de 2, 5, 7, 10 cahiers.
Dans le tableau de correspondance ci-dessous, chaque nombre de la deuxième ligne s'obtient en multipliant le nombre correspondant de la première ligne par un même nombre 90.
Ce nombre est appelé **coefficient**.
Ce tableau est un tableau de **proportionnalité**.

Nombre de cahiers	1	2	5	7	10
Prix à payer					

$\times 90$

Complète ce tableau.

Figure 43:Extrait du manuel CIAM p 197

Ce n'est pas la question de rapport de grandeurs qui leur permettront de reconnaître mais c'est l'outil de calcul, question repérage. Ensuite dans la seconde activité, on présente le tableau de proportionnalité avec le coefficient de proportionnalité qui est le prix unitaire (valeur unitaire). Dans cette partie on exprime le rapport entre les deux objets, le prix et le nombre de cahiers. « On dit que le prix à payer et le nombre de cahiers sont proportionnels ». et on souligne l'élément significatif : le prix unitaire.

Ces deux tableaux ne représentent pas la même chose et l'élève doit différencier.

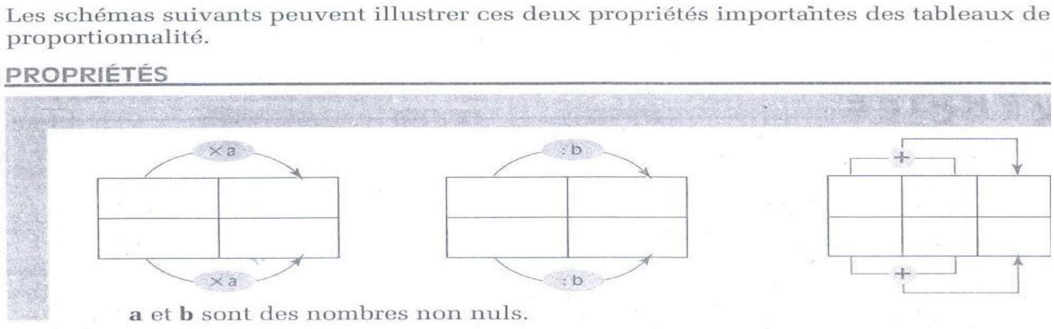
Ensuite vient la reconnaissance de la proportionnalité de deux choses par la logique,

1.a Réponds par vrai ou faux selon le cas.
a) Le périmètre d'un carré est proportionnel à la longueur de son côté.
b) La taille d'une personne est proportionnelle à son âge.
c) La consommation en essence d'une voiture est proportionnelle au nombre de kilomètres parcourus à vitesse constante.

Figure 44:Extrait du manuel 6ème CIAM p 196

On continue la recherche du coefficient de proportionnalité par la procédure analytique, tout en signalant qu'il est question de prix unitaire. Le mot constant vient dans le calcul avec la calculatrice. On associe donc ici les mots coefficient de proportionnalité, facteur commun, constant.

Propriétés des tableaux de proportionnalité : la linéarité : multiplication, la linéarité par la somme ou encore ce qu'on appelle la procédure par analogie SOKONA (1989)


Les schémas suivants peuvent illustrer ces deux propriétés importantes des tableaux de proportionnalité.

PROPRIÉTÉS

a et **b** sont des nombres non nuls.

Figure 45: Extrait du manuel de la 6ème CIAM p 202

La reconnaissance de la proportionnalité est ici de retrouver la linéarité. Il faut une intuition mathématique pour les élèves et trouver les moyens les moins chers en traitement.

L'outil principal en cette classe de 6ème est donc le prix unitaire. Ensuite l'intuition mathématique pour trouver la somme ou le produit des nombres.

Remarque : En classe de 6ème on ne parle pas de graphique.

1.3.4. En 5ème CIAM

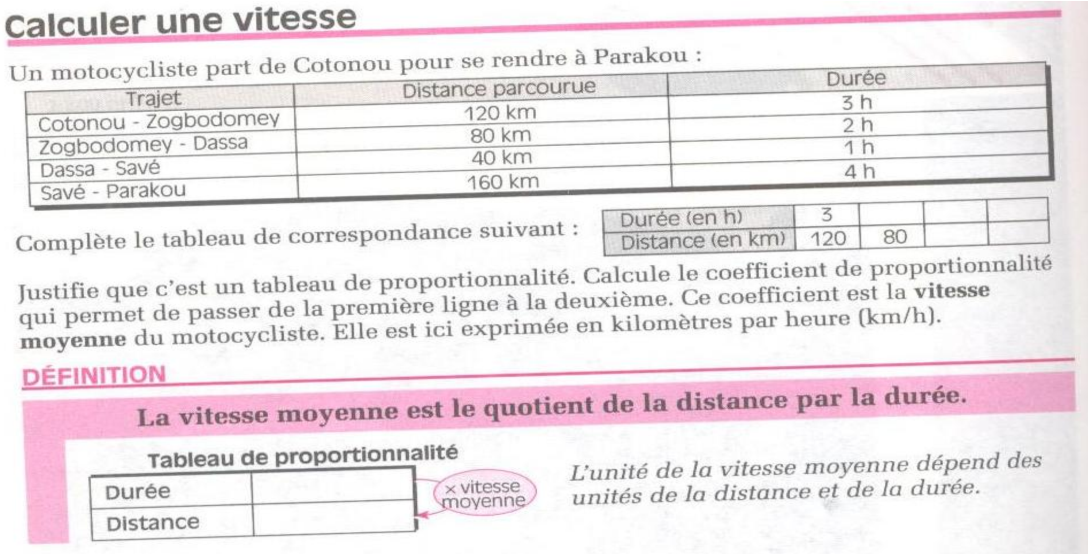
La notion de proportionnalité est introduite par les différents exemples de coefficients de proportionnalité, des exemples courants : vitesse moyenne, débit, masse volumique, et là vient le mot quotient :

« La vitesse moyenne est le quotient de la distance par la durée ».

« Le débit est le quotient du volume du liquide écoulé par la durée »

« La masse volumique d'un corps est le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce corps par le volume occupé par cette quantité »

Le mot quotient prend une place plus importante que le mot coefficient, élément de la proportionnalité. Le mot coefficient de proportionnalité n'est pas défini explicitement dans les manuels que nous avons observés. De même le mot proportionnalité n'est pas défini ni implicitement, ni explicitement. Or ces mots sont à la base de la notion de proportionnalité.



Calculer une vitesse

Un motocycliste part de Cotonou pour se rendre à Parakou :

Trajet	Distance parcourue	Durée
Cotonou - Zogbodomey	120 km	3 h
Zogbodomey - Dassa	80 km	2 h
Dassa - Savé	40 km	1 h
Savé - Parakou	160 km	4 h

Complète le tableau de correspondance suivant :

Durée (en h)	3			
Distance (en km)	120	80		

Justifie que c'est un tableau de proportionnalité. Calcule le coefficient de proportionnalité qui permet de passer de la première ligne à la deuxième. Ce coefficient est la **vitesse moyenne** du motocycliste. Elle est ici exprimée en kilomètres par heure (km/h).

DÉFINITION

La vitesse moyenne est le quotient de la distance par la durée.

Tableau de proportionnalité

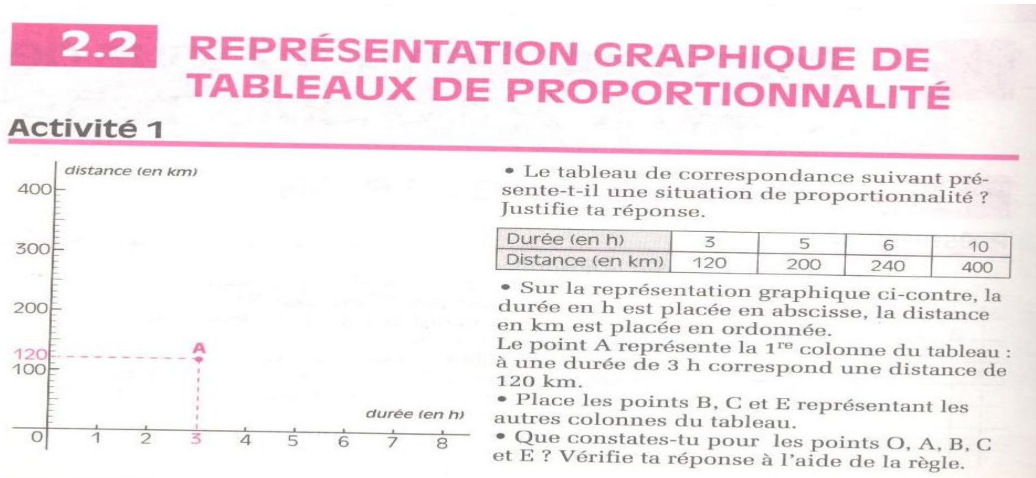
Durée	
Distance	

× vitesse moyenne

L'unité de la vitesse moyenne dépend des unités de la distance et de la durée.

Figure 46:Extrait du manuel 5ème CIAM p 191

Dans la représentation graphique, cette partie est initiée préalablement par la notion de repère dans un plan.et par la suite, tout de suite appliquée dans la situation de proportionnalité. Le graphique et les données du tableau sont en correspondance. Le graphique est donné dans cette séquence comme élément de vérification de la proportionnalité de la situation.



2.2 REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE TABLEAUX DE PROPORTIONNALITÉ

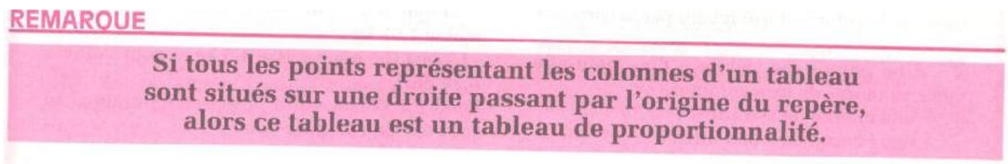
Activité 1

• Le tableau de correspondance suivant présente-t-il une situation de proportionnalité ? Justifie ta réponse.

Durée (en h)	3	5	6	10
Distance (en km)	120	200	240	400

• Sur la représentation graphique ci-contre, la durée en h est placée en abscisse, la distance en km est placée en ordonnée.
Le point A représente la 1re colonne du tableau : à une durée de 3 h correspond une distance de 120 km.
• Place les points B, C et E représentant les autres colonnes du tableau.
• Que constates-tu pour les points O, A, B, C et E ? Vérifie ta réponse à l'aide de la règle.

Figure 47:Extrait du manuel 5ème CIAM p 194



REMARQUE

Si tous les points représentant les colonnes d'un tableau sont situés sur une droite passant par l'origine du repère, alors ce tableau est un tableau de proportionnalité.

Figure 48:Extrait du manuel 5ème CIAM p 195

Pour conclure cette analyse des manuels, nous remarquons que la notion de graphique était amorcée en 8ème, mise en application tout de suite en 7ème. En classe de 6ème n'est pas du tout reprise. En 5ème , la notion est préalablemant introduite par la notion de plan dans un repère. Pour aborder la notion de proportionnalité, la correspondance entre le tableau et le graphique était faite pour vérifier la situation de proportionnalité du tableau, donc venue en déduction.

1.4. La place de la proportionnalite dans l'enseignement des sciences physiques en classe de 6eme et 5 eme

La question de proportionnalité n'est présente que dans le programme de la 5ème. Il est recommandé de faire référence à la proportionnalité vue en mathématique. « En utilisant la proportionnalité vue en mathématiques, on fera calculer la masse et le volume à partir de la relation $m/v= \rho$ » PROGRAMME SCOLAIRE 5ème 1995. Cela concerne la masse volumique, c'est le seul chapitre utilisant la proportionnalité. Ils attirent l'attention en mettant en exergue les notions mathématiques. Comme notre étude est centrée sur l'articulation entre les deux disciplines, nous sommes sensibles à cette mise en évidence des notions mathématiques en sciences physiques. Est-ce que ce n'est pas là déjà une façon de faire recourir à la transdisciplinarité.

1.4.1. Évolution du programme

1.4.1.1. Objectifs de l'enseignement de la proportionnalité en mathématique (1996 a ce jour)

Tableau 34 Evolution de l'apprentissage de la proportionnalité

CLASSE DE CM	CLASSE DE 6°	CLASSE DE 5ème	CLASSE DE 4ème	OBSERVATION
PROPOTIONNALITE Reconnaître une situation de proportionnalité par des exemples concrets. Construire un tableau pour représenter une situation de proportionnalité Résoudre une situation de proportionnalité en utilisant soit un tableau, soit le quotient unitaire, soit la règle de trois.	SITUATION DE PROPORTIONNALITE Tableau de proportionnalité Suite de nombres proportionnels Coefficient de proportionnalité POURCENTAGE ET ECHELLE Utilisation comme opérateur	EXEMPLES DE COEFFICIENTS DE PROPORTIONNALITE : Calculer une vitesse moyenne, une masse volumique, un débit moyen. Résoudre des problèmes courants faisant appel à l'utilisation (directe ou inverse) de la formule donnant la vitesse moyenne, la masse volumique ou le débit ; NOTION DE REPERE DU PLAN : Placer un point défini par ses coordonnées dans un quadrillage muni d'un repère orthogonal ; Déterminer les coordonnées d'un point placé dans un quadrillage muni d'un repère orthogonal ; Représenter graphiquement, point par point, un tableau de proportionnalité ; Reconnaître une situation de proportionnalité d'après sa représentation graphique (droite passant par l'origine) ;	SUITES PROPORTIONNELLES ET COEFFICIENT DE PROPORTIONNALITE reconnaître une situation de proportionnalité dans un problème concret et savoir l'exploiter (vitesse, débit) représenter sous forme de tableau une situation de proportionnalité de façon à déterminer le coefficient nécessaire à la résolution du problème posé. Utiliser des propriétés de suites proportionnelles comme outils pour la résolution d'un problème courant (par exemple : problème de partage proportionnel) Calculer la quatrième proportionnelle entre 3 nombres non nuls donnés.	L'élève doit être capable de reconnaître une situation de proportionnalité et la résoudre (situations de partages)(CM 1) En 6ème Traduire, quand c'est possible, un problème donné en situation de proportionnalité Reconnaître un tableau de proportionnalité Compléter un tableau de proportionnalité Déterminer un coefficient de proportionnalité d'un tableau Utiliser un coefficient de proportionnalité pour effectuer des calculs. Connaître le sens pratique donné au coefficient de proportionnalité. Avoir une notion de repère et de représentation graphique dans le plan. (5ème) Maîtriser les notions de coefficient de proportionnalité, l'utilisation d'un tableau de proportionnalité et celle des suites de nombres proportionnels, Mettre en équation et résoudre des problèmes plus complexes relevant de situation de proportionnalité. (4ème)

1.4.1.2. Programme de sciences physiques utilisant la proportionnalité (1996 a ce jour)

Tableau 35:Extrait du programme scolaire sciences physiques classe de 5ème

CLASSE DE $5^{ème}$	CLASSE DE $4^{ème}$	OBSERVATIONS
MASSE VOLUMIQUE		En $5^{ème}$, pour introduire la notion de masse volumique d'un solide, on procède de la façon suivante° : Prendre un objet homogène (boulon = vis+ écrou, morceau de bois) et déterminer sa masse et son volume. Dévisser le boulon ou casser le caillou ou découper le morceau de bois, déterminer la masse et le volume de chaque morceau. Consigner les résultats dans un tableau où apparaîtront les masses, les volumes et les quotients m/v (le nombre de chiffres significatifs à conserver dans ces quotients sera dicté par ceux des masses m et des volumes v) Comparer les quotients **m/v** admettre qu'ils sont égaux à des erreurs près (la justification est hors programme) ; en déduire la masse volumique du solide (on prendra la valeur moyenne des **m/v**) Définir la masse volumique d'une substance, dresser un tableau et en déduire la masse volumique du liquide. En utilisant la proportionnalité vue en mathématiques, on fera calculer la masse et le volume à partir de la relation $m/v = \rho$

2. TABLEAUX ET GRAPHIQUES EN MATHEMATIQUES ET PHYSIQUES

Comme nous centrons notre étude sur la proportionnalité, les tableaux et les graphiques sont des représentations sémiotiques dans ce concept. Ce sont des outils communs à l'enseignement des mathématiques et sciences physiques. Notre question est : est-ce que le tableau a le même rôle, le même statut en mathématiques et sciences physiques. Le tableau a-t-il la même présentation, la même organisation dans les deux disciplines. De même, le graphique ?

C'est l'objet de cette analyse a priori du tableau et du graphique.

2.1. Les fonctionnalités des tableaux

Nous émettons une réflexion à propos des tableaux et des graphiques qui sont utilisés dans les deux disciplines pour étayer la notion de proportionnalité. Nous admettons que certaines difficultés des élèves dans la coordination de ces deux représentations sémiotiques sont liées à l'absence des éléments significatifs qui les construisent.

2.1.1. Rôle des tableaux

Nous nous sommes rendu compte, que de nos jours, l'utilisation des tableaux partout à l'école comme dans la vie quotidienne est triviale. On l'utilise pour des listes nominatives, pour les factures. Pour rendre ludique l'enseignement en maternelle, on fait faire la comparaison, l'association des couleurs ou autres thèmes d'observation par les tableaux. En effet par sa structuration, tout le monde pense que c'est un outil banal. Dès qu'il y a des informations très denses, les tableaux sont de mise. DUVAL (2003 p 3) confirme que l'utilisation des tableaux est un moyen efficace, et facilite l'apprentissage : « Les tableaux sont considérés dans les pratiques pédagogiques comme un des supports à mobiliser pour aider les élèves à entrer dans le processus de construction de leurs connaissances. Ce serait l'un des moyens les plus transparents de présentation et de communication ». Les tableaux sont très divers tant dans leur présentation, leur structure, que leur utilisation, que DUVAL (2003) appelle « fonctions ».

DUVAL (2003) a démontré que pour lire un tableau, il faut tenir compte de ses éléments constitutifs. Il faut analyser l'organisation du tableau. La diversité des tableaux donne lieu à des interprétations et lectures diverses. Il y a les tableaux qui nous donnent seulement des informations, comme le tableau des horaires de classe. D'autres sont à expliquer pour comprendre le contenu, nous pensons à un tableau statistique qui suppose même une interprétation. DUVAL (2003) relève trois dimensions de lecture des tableaux. « Premièrement ce qui est à visualiser: les différentes cases, ensuite le contenu des cases et enfin le rôle même du tableau qui est son utilisation, c'est- à dire, information, traitement, classement ». DUVAL (2003) distingue cinq types de tableaux, les listings, les tableaux récapitulatifs, les tableaux descriptifs, les tableaux systématiques et les tableaux fonctionnels. L'exploitation d'un tableau dépend donc en premier de ce type de tableau.

2.1.1.1. *Les listings :*

Le tableau des noms des métaux fait partie des tableaux listing en chimie, le dictionnaire. Ci-dessous un tableau listing dans nos questionnaires de recherche.

Tableau 36: Tableau représentant les éléments importants de la proportionnalité (questionnaire de recherche)

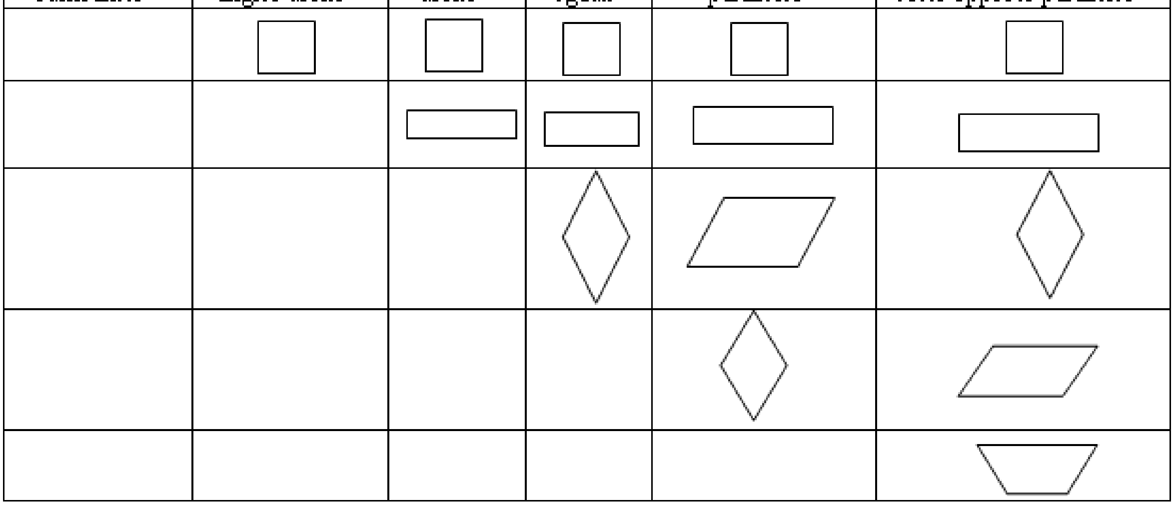
A	COEFFICIENT DE PROPORTIONNALITE
B	SITUATION DE PROPORTIONNALITE
C	REPERE ORTHONORME
D	REGLES DE TROIS
E	CONSTANTE
F	OPERATEUR
G	TABLEAU
H	GRAPHIQUE
I	DIVISIBILITE
J	DIVISION
K	MULTIPLICATION
L	APPLICATION LINEAIRE

Tableau 37:Les tableaux récapitulatifs : les tableaux de statistique sont des tableaux récapitulatifs

	2	4	6	8	10	12	14	16	18,5
variable	[1-3[	[3-5[	[5-7[	[7-9[	[9-11[	[11-13[	[13-15[	[15-17[	[17-20[
effectif	7	8	13	19	13	4	1	8	1
f	7,63	8,72	14,17	20,71	14,17	4,36	1,09	8,72	1,09

Tableau 38 : Les tableaux descriptifs : tableau de proportionnalité simple

Quadrilatères	Carré	Rectangle	Losange	Parallélogramme	Trapèze
Propriétés suffisantes	4 côtés égaux, 4 angles droits	4 angles droits	4 côtés égaux	Côtés opposés parallèles	Au moins une paire de côtés opposés parallèles



2.1.1.2. Les tableaux fonctionnels :

Exemple: les tableaux de proportionnalité multiple sont des tableaux en même temps d'informations, mais aussi de référence. Le tableau de proportionnalité doit être traité pour donner l'information sur la situation de proportionnalité, c'est le tableau de rapport. Les tables d'opérations sont aussi fonctionnelles. Le tableau d'étude de la variation d'une fonction est aussi un tableau fonctionnel.

Ces différents types de tableaux ont chacun leur rôle, sa méthode de le traiter. Ce qui nous dit que l'usage des tableaux n'est pas tout à fait évident. Il faut savoir les construire, les organiser, les traiter, et cela suppose des problèmes pour les élèves.

2.1.2. Caractéristique des tableaux, statut

2.1.2.1. Lire un tableau

Faut-il dire « lire » un tableau ? D'après l'organisation des tableaux, « lire » un tableau n'est pas automatiquement facile. Elle dépend de certains facteurs.

Il y a l'opération mentale élémentaire à faire dans la lecture d'un tableau. Comme le tableau contient les marges et l'intérieur du tableau. Il est évident qu'on commence par le balayage des marges car, ce sont les marges qui déterminent les fonctions du tableau. Que ce soit un tableau à une marge, que ce soit à double entrée, deux marges ou plusieurs. Ce sont les formules des marges qui indiquent la tâche à faire.

Tableau 39 : Tableau descriptif des animaux de la ferme CE 2

Marge externe

Marges

Marges

Animaux de la ferme	Oie	Canard	Coq	Chèvre	Vache	Chien
Poils	**Intérieur du tableau**					
Oreilles						
Plumes						
Pattes palmées						
2 pattes						
4 pattes						

Avec les tableaux à simple fonction d'adressage, comme le listing, certains tableaux récapitulatifs, exemple en science de la vie et de la terre, ou autres, on peut adopter la démarche de pointage. Tandis que les tableaux descriptifs bien qu'ils ne soient pas complètement heuristiques, requièrent des croisements des cases pour que les informations soient complètes. Les tableaux systématiques, classiques et les tableaux fonctionnels après la démarche de pointage, passent par le croisement des cases pour pouvoir interpréter l'intérieur des tableaux.

2.1.2.2. L'élément représentationnel dans un tableau

DUVAL (2003) préconise que « l'on prenne en compte l'organisation globale du tableau et que l'on adopte une démarche qui ne soit plus une simple démarche de pointage » mais d'une démarche « d'appréhension globale ». « Cette démarche de pointage, a une démarche d'interprétation globale dans la lecture des tableaux, représente un saut du point de vue cognitif ».

La complexité de la lecture ne surgit donc pas des cases mais de l'intérieur des tableaux, ou listes ordonnées. Car pour bien lire le tableau il faut savoir faire le croisement des lignes et des colonnes, c'est-à-dire les cases. Mais DUVAL après son analyse confirme que « ce n'est plus la case qui doit être considérée comme l'unité élémentaire constitutive du tableau » c'est plutôt une liste ordonnée. La disposition des données dans un espace ordonné permet de repérer les informations en pointant les lignes et les colonnes et désigner le croisement correspondant.

Lire un tableau n'est pas une simple lecture de texte et il faut comprendre la structure du texte ou le vocabulaire. Il faut d'un côté, se centrer sur les lignes ou colonnes structurantes ou marges, et ensuite sur les cases ou l'intérieur du tableau pour comprendre, il faut même à certains tableaux croiser les marges pour comprendre les cases intérieures

	200 A	100 A	50 A	20 A	10 A	5 A	4 A	2 A
125 A		1		1		1		
250 A								
194 A								
185 A								
400 A								

Figure 49 : Tableau Kajy Mampisaina CP2 p 55

C'est la décomposition de la monnaie : 125A= 100A+ 20A + 5A

A l’exemple de cette première ligne, l’enfant doit continuer pour la deuxième, troisième, quatrième et cinquième ligne.

La diversité des tableaux fait qu’il n’existe pas une méthode de lecture de tableau. Chaque type de tableau implique de mettre en œuvre une méthode particulière. On n’apprend pas à lire un tableau, on interprète un tableau suivant chaque cas. Ce qui est important, c’est que l’élève prenne conscience de la diversité des tableaux et donc de la différence des méthodes à mettre en œuvre. DUVAL (2003) ajoute qu’ « il n’y a pas de transfert d’une pratique de lecture pour un type de tableau à la pratique requise par un autre type de tableau ». On peut orienter le balayage des zones de marges, ensuite l’intérieur du tableau, soit vertical, horizontal, diagonal.

2.1.2.3. Autres tâches possibles pour un tableau

DUVAL (2003) nous propose d’autres tâches possibles que la lecture d’un tableau :

- ✓ Compléter et remplir les tableaux
- ✓ La construction d’un tableau où il faut choisir les marges qui vont définir l’intérieur des cases et l’analyse à priori que l’on veut faire apparaître à l’intérieur des cases.
- ✓ Le tableau de classification, ou de catégorisation. (DUVAL 1995 p 27)
- ✓ L’interprétation d’un tableau qui mène à une hypothèse, comme les tableaux de proportionnalité et les tables d’addition, de multiplication.
- ✓ La tâche de catégorisation, ou de classification
- ✓ L’interprétation d’un tableau qui amène à une hypothèse, comme les tableaux de proportionnalité et les tables d’addition, de multiplication.
- ✓ La tâche de réorganisation de l’intérieur des cases, pour donner d'autres informations.

La majorité du travail qu’on demande aux élèves est de compléter ou de remplir le tableau. Il est un peu dommage que depuis la classe de maternelle, l’élève soit familiarisé avec le tableau, et qu’on n’ose pas lui demander plus, dans la construction des connaissances.

En conclusion, il est essentiel de souligner que le tableau a un apport cognitif selon l’utilisation qu’on en fait. Il faut tenir compte de l’organisation représentationnelle, les fonctions cognitives, les niveaux d’appréhension et les tâches qu’on veut accomplir.

2.1.3. Organisation des tableaux

2.1.3.1. Structure d'un tableau

Dès qu'on parle de tableau, nous avons une vue générale des colonnes et des lignes, mais DUVAL (2003) dans l'analyse fonctionnelle des tableaux dit qu'il ne s'agit pas seulement de lignes ou colonnes. Comme ossature du tableau, nous avons les cases et les formules dans les cases, c'est l'apparence extérieure du tableau. Son analyse amène à ce qu'il appelle les listes ordonnées : ce sont celles qui structurent le tableau. Il les groupe en deux types de listes : les listes structurantes qui déterminent la fonction du tableau ou marges et les listes informatives qui sont à l'intérieur du tableau. « Les marges définissent le tableau dans la mesure où elles servent de référence soit pour déterminer la signification des données des cases de l'intérieur du tableau, soit pour « remplir » ces cases » (DUVAL 2003). Prenons l'exemple de tableau de types de fonctionnement des représentations (DUVAL 1995)

C'est un tableau descriptif dont les marges servent de référence pour les cases intérieures. Il y a trois types de représentions, la représentation mentale, la représentation sémiotique et la représentation computationnelle. C'est un tableau à double entrée, qui permet d'exposer les caractéristiques de chaque représentation. La représentation mentale est interne et consciente et a fonction d'objectivation. La représentation sémiotique est externe et a fonction d'objectivation, fonction d'expression, et fonction de traitement intentionnel. Et la représentation computationnelle est interne, elle a fonction de traitement automatique ou quasi-instantané.

Tableau 40 : Types de fonctionnement des représentations Duval (1995) p 2

	INTERNE	EXTERNE
CONSCIENT	Mentale Fonction d'objectivation	Sémiotique Fonction d'objectivation Fonction d'expression Fonction de traitement intentionnel
NON-CONSCIENT	Computationnelle Fonction de traitement automatique ou quasi-instantané	

2.1.3.2. Tableau « relation d'ordre » DUVAL (2003)

Le tableau est construit selon une « relation d'ordre », suivant les informations qu'on veut passer. L'ordre peut être alphabétique, comme les listes nominatives des élèves, ordre numérique, dans des classements : exemple, ordre de mérite dans les décernements de prix.

Dans le cas d'un horaire de classe, c'est par ordre chronologique, car ce sont les informations sur les activités d'une journée de classe, ou encore dans une leçon d'histoire, selon l'ordre des évènements. Le tableau suivant, un tableau de méthode de travail de groupe, dans l'Ecole primaire à Madagascar, ce sont les étapes de travail qu'il faut suivre. Dans une séance de classe, dans une discipline enseignée, le tableau range et classe selon l'ordre, les activités et la stratégie d'apprentissage d'un travail de groupe.

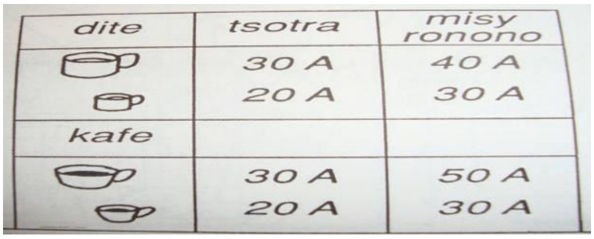
Tableau 41 : Tableau d'organisation du travail de groupe

ETAPES	ACTIVITES DU MAITRE	ACTIVITES DE L'ELEVE	REMARQUES
MOMENT COLLECTIF	Donne les consignes	Prend note sur les tâches à réaliser	Donner clairement les consignes
MOMENT DE GROUPE	Coordonne les travaux de groupes	Travaille en groupe	Travailler en groupe, donner la parole à chacun
MOMENT COLLECTIF	Remontée de travaux et remédiation	Exposé par groupe	Exposer
MOMENT INDIVIDUEL	Supervise le travail individuel	Remédiation individuelle	Faire la correction ensemble et passer à l'institutionnalisation
MOMENT INDIVIDUEL	Donne des exercices d'évaluation	Travaille individuellement	Application

On dit bien que le tableau est une banque de données, mais des données organisées. Les listes sont ordonnées selon l'objectif des informations.

2.2. Utilisation des tableaux

Dès la maternelle on habitue les élèves à utiliser des tableaux, même à double entrée comme l'exemple suivant. *Dite= thé, tsotra= sans lait, misy ronono = au lait, kafe = café*



dite	tsotra	misy ronono
	30 A	40 A
	20 A	30 A
kafe		
	30 A	50 A
	20 A	30 A

Figure 50:Extrait du Kajy Mampisaina CP I p 50 (L'étiquette d'un petit marchand)

Ils comportent les premières cases structurantes ou marges horizontales qui informent sur la qualité du thé. Il y a deux cases externes « dite » et « kafe ». Les deuxièmes cases structurantes qui font que le tableau est à double entrée, ce sont les cases où sont représentées les images de la quantité des tasses (petites et grandes tasses), de formes différentes selon la boisson. Et les cases intérieures informent sur les prix en Ariary malagasy (monnaie malgache)

Les tableaux sont devenus instruments presque ordinaires. Des enseignants les utilisent dans différentes disciplines, ils constituent un moyen de synthèse de nouvelle leçon, ou d'évaluation, grammaire française comme en malgache, en sciences de la vie et de la terre et aussi en géographie. A titre d'exemple en gymnastique, les élèves s'en servent pour compter les points dans leur compétition de tournoi inter groupe en classe. Exemple de points après chaque compétition : le vainqueur gagne 3 points et vaincu 1 point pour la compétition 1 et 2. Pour la compétition 3 et 4, le vainqueur gagne 4 points et le vaincu 1 point. (Modèle d'un tableau de gymnastique en classe à Madagascar)

Tableau 42:Tableau d'organisation de l'Education physique et sportive

	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Groupe D
Compétition 1	1	3		
Compétition 2			3	1
Compétition 3	1			4
Compétition 4		1	4	
Total				

Résultat groupe A : 2 points, groupe B : 4 points, groupe C 7 points, groupe D 5 points

Mais est-ce qu'on peut dire que l'utilisation des tableaux ne provoque pas des problèmes pour les élèves, quand chaque enseignant arrive avec son tableau? Nous voulons dire surtout pour les élèves du collège, quand ils sont face à chaque type de tableau selon les professeurs de chaque discipline : mathématiques, sciences physiques, sciences de la vie et de la terre, grammaire, géographie. On fait travailler les élèves avec différents tableaux, selon les objectifs.

Chaque enseignant présente les tableaux selon des règles qui sont personnelles ou qui sont en lien avec le fonctionnement de sa discipline.

Chaque enseignant a sa méthode de présenter le tableau. L'élève doit s'adapter à chaque professeur. Comme ils sont devenus un outil important, on peut se demander si les tableaux se lisent de la même manière, de la même façon. DUVAL (2003) nous présente des critères d'analyse et des descriptions d'un tableau, bien qu'il nous semble en tant qu'adulte, trivial de lire un tableau. DUVAL (2003) fait remarquer que, les tableaux font partie des représentations sémiotiques. Le tableau a ses éléments significatifs qu'il faut reconnaître surtout dans les travaux de conversions de registre à un autre. D'un cadre à un autre cadre, les tableaux ne doivent pas avoir les mêmes rôles ou fonctions. (Cadre mathématiques, cadre physiques). Il affirme, après ses différentes recherches que « la simplicité d'accès que les tableaux semblent offrir et leur homogénéité visuelle de disposition et de l'information en ligne et en colonnes ne s'apparentent pas » (DUVAL 2003 p 8)

2.2.1. Le tableau de proportionnalité

A partir de l'analyse du fonctionnement représentationnel des tableaux de DUVAL (2003), nous voulons faire des remarques sur l'utilisation des tableaux de proportionnalité.

En effet, le tableau de proportionnalité est un type de tableau où il y a croisement des marges. L'intérieur du tableau est constitué par les valeurs des variables mises en correspondance. Selon cette correspondance des variables, qui sont deux ou trois, ou plus, VERGNAUD (1990) les classe en trois : la proportionnalité simple, la proportionnalité simple et composée, la proportionnalité double. Le tableau de proportionnalité simple fait partie des tableaux descriptifs car on fait la juxtaposition des listes. Par contre les autres tableaux de proportionnalité font partie des tableaux fonctionnels (DUVAL 2003). Dans leur étude sur la proportionnalité simple et proportionnalité multiple LEVAIN et VERGNAUD (1994-1995), utilisent la résolution des problèmes qu'ils présentent par la méthode des fonctions que nous concevons difficile pour l'école primaire. Nous l'interprétons comme suit.

2.2.2. La proportionnalité simple.

La proportionnalité est une relation multiplicative entre deux domaines de grandeurs. La proportionnalité simple sert à exprimer la correspondance des grandeurs qui se traduisent par la linéarité ou la relation fonctionnelle.

J'ai payé 3 avocats à 450Ar. Compléter le tableau de proportionnalité

Avocats	3	9		5	
Prix	450		900		1800

2.2.3. La relation simple composée

La relation simple et composée est la relation multiplicative entre trois domaines de grandeurs, c'est- à dire il y a deux relations de proportionnalité simple, ou plus. La situation problème qui suit peut s'énoncer : « *Madame Rasoa achète un carton de bougies qui contient 6 paquets de 60 bougies. Pour avoir 180 bougies pour ses élèves combien faut-il de boîtes ?*

Pour résoudre ce problème, l'élève peut faire correspondre deux à deux les variables : paquets / bougies, boîtes/paquets, et boîtes/bougies. Dans cette situation de proportionnalité il y a trois proportionnalités simples »

Un carton de bougies contient 6 paquets de 60 bougies. Dressez un tableau de correspondance

Boîtes	Paquets	Bougies
1	6	60
2	12	120
3	18	180

2.2.4. La proportionnalité double

La proportionnalité double est la relation entre deux domaines des grandeurs qui sont indépendants et la relation associée à ces deux grandeurs naît d'une troisième grandeur, grandeur produit. Donc il y a deux proportionnalités simples, dont une variable peut être tenue constante : par exemple une situation problème « *Une école primaire amène les élèves en classe verte. Elle prend 5 voitures de même caractéristique en consommation d'essence : 7litres aux 100km et elles font 350km. Il faut trouver la quantité d'essence nécessaire*

Pour résoudre ce problème, l'élève peut faire correspondre : voiture/essence, essence/kilomètres mais pas voiture/km. L'essence est la variable constante dans ce cas »

Voitures	1	2	3	4	5	5	5	5
Essence (l)	7	14	21	28	35	70	105	122,5
Km	100	100	100	100	100	200	300	350

Le tableau est une forme de discours, qui permet de classer les idées, sous une autre forme. Il n'est pas toujours facile d'exprimer les informations, où l'écriture des relations entre les grandeurs soient bien adaptée, comme ci-dessus. Parmi ces types de proportionnalité, la proportionnalité simple est la plus utilisée dans les manuels et les exercices. La proportionnalité double est assez compliquée, et risque de ne pas être lisible comme ci-dessus.

Et que nous donne le graphique ? Bien que l'objet de notre étude ne soit pas de comparer le graphique et le tableau, nous tenons à faire une petite description des graphiques par le paragraphe suivant.

2.3. Les fonctionnalités des graphiques

Il existe différents types de représentations graphiques des données. Elles nous permettent de visualiser l'ensemble des données étudiées. Selon la forme, la liste n'est pas exhaustive, nous avons, l'histogramme, le diagramme en barres, le diagramme circulaire, la courbe. Le choix de représentations graphiques dépend de phénomènes à représenter, selon la caractéristique des variables. Les variables qualitatives s'interprètent plus aisément dans un diagramme circulaire, tandis que les variables quantitatives, se transcrivent dans un histogramme ou une courbe. Comme notre étude est orientée particulièrement sur la proportionnalité, nous adoptons la représentation graphique cartésienne qui associe la fonction linéaire. Cela ne nous empêche pas de parler de la généralité des représentations graphiques.

2.3.1. Rôle des graphiques

Selon BERTIN (1977), « la représentation graphique est la transcription des données dans un système, d'une information connue par l'intermédiaire d'un système de signes. La représentation graphique est une partie de la sémiologie : science qui traite tous les systèmes de signes. »

La représentation graphique nous permet d'apprécier, par la vue en général, une situation, un phénomène décrit. C'est un objet de référence, elle représente l'état du phénomène, de la situation par l'image. Elle permet l'évaluation, l'interprétation. Par la représentation graphique on peut récapituler, comparer différentes données. La représentation graphique est une représentation sémiotique, elle développe les représentations mentales selon DUVAL (1993). Ce n'est pas une simple communication des informations perceptibles à la vue, la pensée doit interpréter ce que le graphique représente. En lisant le texte des données, l'individu doit faire le lien entre ces représentations pour comprendre ce qui est affiché d'une part et ce qui est abstrait d'autre part. Outre ce qui est indiqué par l'auteur, le lecteur pourra découvrir d'autres éléments par sa pensée.

2.3.2. Caractéristiques des graphiques

Selon BERTIN (1977), le graphique « c'est l'emploi des propriétés de perception visuelle dans le cadre d'un ensemble fini de données ». Comme il existe différents types de représentations graphiques, ce qu'elles ont de commun : elles utilisent la relation des ensembles de données. Pour le comprendre, il faut saisir le contexte où il était construit. Savoir de quoi il s'agit Ensuite, chercher à comprendre les relations qui existent entre l'objet qu'il contient et les caractéristiques des objets et des relations qu'ils contiennent. Les différents éléments dépendent des caractéristiques étudiées. On peut les répartir en deux grandes classes selon les caractéristiques des données : des données à variables qualitatives et des données à variables quantitatives.

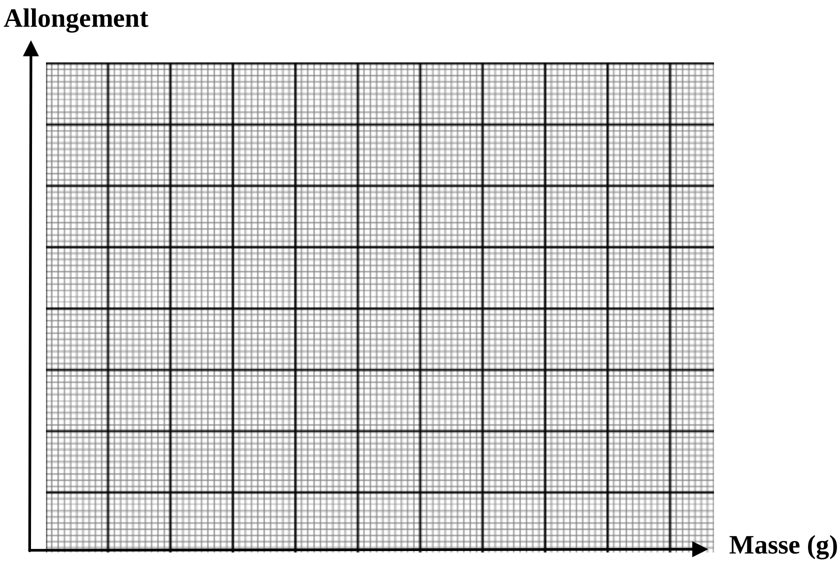
Pour des données à caractère qualitatif, les diagrammes en barres, les diagrammes circulaires sont plus adaptés pour les illustrer, bien que le diagramme circulaire ne soit pas tout à fait précis par l'expression du pourcentage. Les données à caractère quantitatif sont beaucoup plus représentées par l'histogramme, la courbe. La représentation graphique permet d'organiser les données, par extrapolation pour passer de la valeur discrète à la valeur continue. Ce sont des moyens pour visualiser l'évolution des phénomènes, des évènements, des situations étudiées.

2.3.3. Organisation des graphiques

Pour être compris, le graphe doit être simple, clair et explicite. Il doit être la transcription exacte du tableau avec toutes les caractéristiques, si c'est le cas. L'organisation des graphiques diffère pour chaque type de graphe, outre les titres, les légendes, les étiquettes.

- ✓ Les diagrammes en barres : les rectangles doivent être proportionnels aux effectifs.
- ✓ Dans le diagramme circulaire, les angles des secteurs doivent être proportionnels aux fréquences.
- ✓ Les représentations graphiques cartésiennes, les deux axes doivent être perpendiculaires, l'échelle régulière. Quelques points suffisent pour représenter le graphique.

Pour construire un graphique, il faut découvrir les groupements qu'on veut faire apparaître, ensuite, transcrire les variations des objets et ses caractéristiques. Pour qu'il transcrive et représente efficacement et lisiblement les données, il y a une certaine rigueur dans la construction. Par exemple en physique, ce sont des phénomènes qu'on représente, donc, ce sont les phénomènes qui varient selon le graphique. La lecture doit être facilitée. L'image est instantanée, donc il faut un « bon » graphique comme le précise RUDAT et al (2009) : choix de graphique bien adapté aux variables, les légendes, les paramètres bien indiqués, le titre, les coordonnées, le tracé suffisamment net et représentatif.



2.3.4. Utilisation des graphiques

2.3.4.1. Fonction du graphique

Lire un graphique n'est pas facile comme l'on pense. Il faut connaître sa fonction, selon BERTIN (1977) le graphique a trois fonctions :

- ✓ La fonction d'enregistrement, c'est un moyen pour garder les informations, par son aspect visuel, il aide la mémorisation.
- ✓ La fonction de communication, c'est pour transmettre les informations dans de plus amples manières, car on a une plus large vision quantitativement, qualitativement.
- ✓ La fonction de traitement, par sa fonction d'enregistrement et de communication, devient un objet de référence pour interprétation et évaluation d'une étude.

- ✓ Par ailleurs, il faut reconnaître, identifier ce qui constitue le graphique : les éléments externes : en sont les composantes. Les éléments internes sont les variables, car elles sont l'unité élémentaire représentationnelle d'un graphique.

2.3.4.2. Lecture du graphique

Selon RUDAT et al (2009), la lecture d'un graphe engage au moins quatre composants essentiels pour lire un graphique :

- ✓ Une dimension épistémologique : relative à la connaissance visée et la complexité ;
- ✓ Une dimension sémiotique : lire le graphique suppose qu'on fasse référence à la représentation graphique : référant, signifiant et signifié.
- ✓ Une dimension pragmatique : le graphique est un instrument pour la construction de connaissance ;
- ✓ Une dimension cognitive : pour interpréter le graphique, l'individu utilise son intelligence pour évoquer ce qui est au-delà des signes.

2.4. Les caractéristiques des tableaux et des graphiques

Avant de continuer notre réflexion, nous soulignons qu'à partir de cette section nous adoptons la représentation graphique cartésienne.

2.4.1. Aperçu général

Nous ne voulons pas faire une grande comparaison entre le tableau et le graphique, par contre nous faisons une distinction entre certaines caractéristiques des deux représentations pour nous aider à comprendre la proportionnalité.

Tableau 43 :Comparaison tableau et graphique:

TABLEAU	GRAPHIQUE
Perception visuelle moins accentuée, complétée par la eprésentation mentale et cognitive. Les informations classées, organisées Les informations sont liées ou pas liées Existence des éléments représentationnels : les listes tructurantes, les listes informatives Balayage par ligne ou colonne, organiser la lecture. Croisement des cases pour avoir l'intérieur du tableau Construire un tableau n'a pas de règle particulière. Aspect discret plus fort	Perception visuelle très riche, vue d'ensemble des nformations. Les informations sont synthétisées, récapitulées ous forme de graphique La lecture du graphique n'a pas de début. Les éléments représentationnels sont les tracés, igueur dans la construction. Les axes verticaux et horizontaux Référence axes gradués pour les couples de ombres traduits les points et inversement ; Aspect discret relatif

- Commun aux deux représentations : les variables peuvent regrouper les correspondances, peuvent les dissocier, les catégoriser, les ordonner.
- Peuvent révéler des nouvelles propriétés.

2.4.2. Exemple d'analyse de tableau

Dans le champ de la proportionnalité le tableau est très variable selon les informations à passer. Les tableaux ont des caractéristiques propres pour la « lecture », l'interprétation dépend de la relation entre les grandeurs, par contre la représentation graphique cartésienne n'a pas beaucoup de variétés.

2.4.2.1. Proportionnalité simple :

« *Une école primaire amène les élèves en classe verte. Elle prend 5 voitures de même caractéristique en consommation d'essence : 7litres aux 100km et elles font 350km. Il faut trouver la quantité d'essence nécessaire*

Ce tableau se lit ligne par ligne ou colonne par colonne pour trouver la correspondance entre les valeurs

Voitures	1	2	3	4	5
Capacité d'essence au 100km	7	14	21	28	35

2.4.2.2. Proportionnalité simple composée

Ce tableau se lit première ligne et deuxième ligne d'abord pour voir la correspondance des valeurs, ensuite, on peut aussi suivre colonne par colonne de la ligne un et deux. On peut faire ensuite deuxième ligne et troisième ligne ou colonne de la deuxième et troisième ligne. Mais on peut aussi, prendre la première ligne et la troisième ligne car les paquets de bougies et le nombre de bougies sont aussi proportionnels.

PAQUETS DE BOUGIES		2	3	4
Nombre de bougies	1	20	30	40
Prix de bougie (Ar)	100	2000	3000	4000

2.4.2.3. Proportionnalité double

2.4.2.4.

Distances Km	1	2	3	4	5	Nombre voitures
100	7	14	21	28	35	Capacité d'essence litres
200	14	28	42	56	70	
300	21	42	63	84	105	
350	24,5	49	73.5	98	122.5	

Pour lire ce tableau, on peut prendre la première ligne et la deuxième ligne, mais en considérant les marges extérieures de droite. Ensuite, prendre la première colonne et la deuxième colonne, tout en considérant la marge extérieure de gauche. Pour compléter les cases vides, il faut multiplier le nombre de voitures par la consommation d'une voiture à chaque distance indiquée.

2.5. Tableaux et graphiques en mathématiques et physiques

2.5.1. Tableaux en mathématiques et sciences physiques

En mathématique le tableau de proportionnalité n'a pas seulement la fonction de communication d'informations. C'est un outil heuristique, un outil de référence, qui donne de nouvelles informations après le traitement en croisant les différentes lignes et les colonnes. C'est un moyen qui sert à établir des relations numériques entre les grandeurs. Dans le cas du tableau de proportionnalité simple, nous avons une seule marge qui sert à lire les unités et les grandeurs à mettre en relation. Par contre, les lignes et les colonnes servent à traiter, à résoudre le problème de la situation de proportionnalité. Les lignes structurantes servent pour pointer les informations. L'intérieur des tableaux n'en dépend pas

Le tableau de la proportionnalité en sciences physiques est un tableau de banque de données. En sciences physiques, ce sont des phénomènes ou des objets qu'on observe ou expérimente. Les unités et les grandeurs mesurées sont relevées dans le tableau. Comme ce sont les mêmes objets ou le même phénomène qu'on observe, le tableau est un moyen de récapitulation, de synthèse et de référence. En cas d'une situation de proportionnalité, le tableau permet de vérifier le résultat de l'expérience, si bien que, certains quittent l'expérience quand le tableau est construit. Par induction, la loi de la proportionnalité ou non apparaît à la fin de l'expérience. L'incertitude de mesures doit faire partie des éléments significatifs du tableau. Ce qui n'est pas de mise en mathématiques. Les fonctions des tableaux en mathématiques ne sont pas les mêmes qu'en sciences physiques. En mathématiques, le tableau est un outil heuristique, et de traitement. En sciences physiques, le tableau est un support pour découvrir, ou confirmer les caractéristiques étudiées.

2.5.2. Graphiques en mathématiques et physiques

Le graphique en mathématique représente une situation où deux grandeurs sont en relation, cela fait appel à la fonction. Le graphique est la transcription du tableau et permet d'interpréter la situation ou de résoudre le problème.

Par contre en sciences physiques le graphique a un rôle illustratif il montre l'allure générale du phénomène étudié. Les informations après les expériences ou observations sont visibles sur l'illustration, le graphique, donc on a une vue globale du résultat de l'expérience. Le graphique a fonction d'enregistrement et de communication. Il transcrit une relation naturelle et universelle (EMRY 1975) et illustre une loi physique. BERTIN (1977) insiste sur l'effet plus important du graphique par rapport au tableau. En commun en mathématique et sciences physiques, le graphique est utilisé pour déterminer de nouvelles informations ou résoudre un problème. Comme la situation problème suivante, essayons d'analyser**.** La première question est une résolution de problème en même temps une nouvelle information. La deuxième question est plus une résolution de problème. D'abord, l'élève doit savoir que la moto roule plus vite que le vélo. Il doit faire une comparaison sur le graphique en calculant. Les autres questions l'élève peut résoudre par raisonnement et calcul.

3 Les droites a et b représentent les trajets de 2 véhicules : une moto et un vélo.

- Quelle distance parcourt en une heure le véhicule a ? le véhicule b ?
- Lequel est le vélo : le a ou le b ?
- Quelle distance parcourt le vélo en 30 min ? en 2 h 30 ?
- Combien de temps met-il pour parcourir 60 km ? 30 km ?
- Quelle distance parcourt la moto en 15 min ? en 1 h 30 ?
- Combien de temps lui faut-il pour parcourir 80 km ? 30 km ?

En t'aidant du graphique, reproduis et complète ce tableau.

durée	15 min	30 min	1 h			
moto					80 km	
vélo						60 km

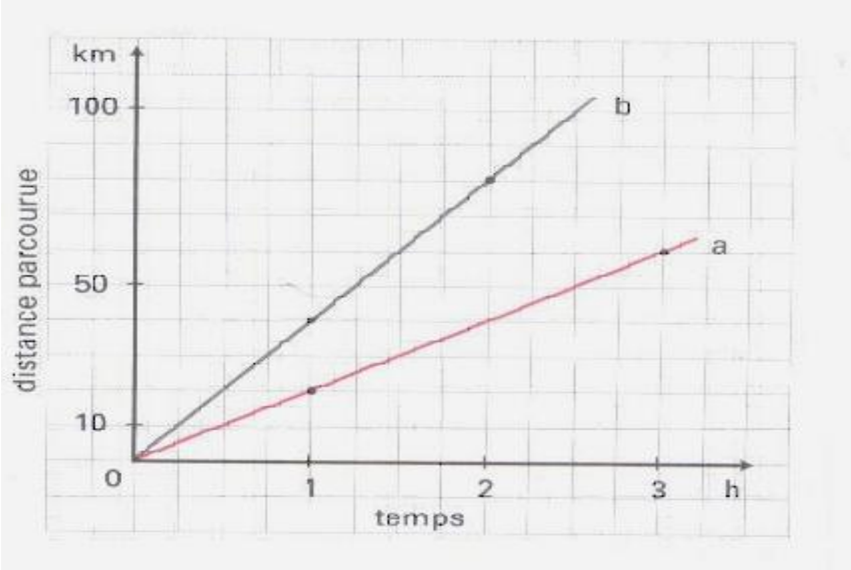


Figure 51 : Problème extrait du manuel de l'élève de CM I.

2.6. Validation (BROUSSEAU 2003) et tableaux, graphiques cas de la proportionnalité en mathématiques et physiques

Le tableau de proportionnalité dans ces deux disciplines appartient au même registre sémiotique, de même, le graphique. Mais dans les deux cas, les éléments significatifs diffèrent ainsi que leur fonction.

2.6.1. La validation des mêmes représentations sémiotiques des deux disciplines

La validation du tableau de proportionnalité se réfère aux éléments significatifs, sa validation dépend de la fonction du tableau. En prenant un exemple de tableau : soit le tableau ci-dessous, le tableau représentant le plan d'un pavé droit.

	Longueur	Largeur	Hauteur
Dimension réelle en mètre	3,96	2,43	2,16
Dimension sur le plan en centimètre	13,2	8,1	7,2

En donnant ce tableau à traiter à un élève de 5ème on lui demande si le tableau représente une proportionnalité, l'intuition numérique ne vient pas tout de suite. Les nombres décimaux gênent les élèves, et ensuite les unités différentes. Pour pouvoir répondre à cette situation problème, l'élève doit pouvoir d'abord mettre les unités au même titre. Là seulement il pourra faire la division. Et en déduire, le tableau est proportionnel ou non. Toute cette démarche, de conversion d'abord, ensuite l'opération donne à ce tableau une fonction heuristique et une validation de déduction.

En sciences physiques la démarche ne peut ne pas être la même. En sciences physiques les données sont expérimentales. Nous reprenons le problème que nous avons donné à traiter par les élèves.

Masse en g	200	250	300	350	400
Allongement en cm	1.2	1.6	1.8	2.2	2.8

Expérimentalement, ce tableau donne des valeurs rapprochées provenant, supposons de la détérioration du matériel de mesure, ou encore de la masse utilisée qui n'était pas automatique ou encore des poids marqués : ainsi le résultat de la division était : 0.006-0.0064—0.006- 0.00628 – 0.007. En mathématique ; la situation de proportionnalité n'a pas lieu car, les valeurs trouvées ne sont pas les mêmes. Par contre en physique, comme c'est une expérience, par la réalité des choses, l'allongement du ressort est proportionnel à la masse. Mais l'environnement expérimental peut faire varier la situation, l'incertitude de mesure, la non fidélité, la non sensibilité. Et le ressort, après répétition de mesure, peut transformer la qualité du ressort. La validation n'est pas la même dans les deux cadres.

2.6.2. La validation par les représentations sémiotiques pour déterminer de nouvelles informations.

3 Les droites a et b représentent les trajets de 2 véhicules : une moto et un vélo.

- Quelle distance parcourt en une heure le véhicule a ? le véhicule b ?
- Lequel est le vélo : le a ou le b ?
- Quelle distance parcourt le vélo en 30 min ? en 2 h 30 ?
- Combien de temps met-il pour parcourir 60 km ? 30 km ?
- Quelle distance parcourt la moto en 15 min ? en 1 h 30 ?
- Combien de temps lui faut-il pour parcourir 80 km ? 30 km ?

En t'aidant du graphique, reproduis et complète ce tableau.

durée	15 min	30 min	1 h			
moto					80 km	
vélo						60 km

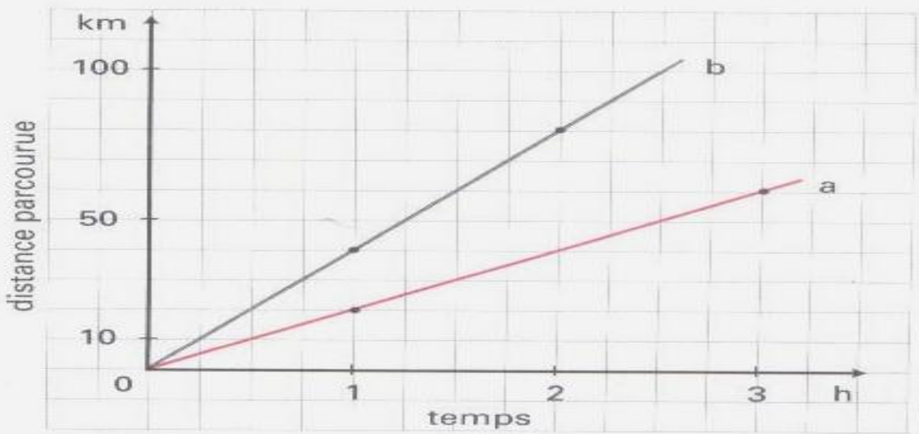
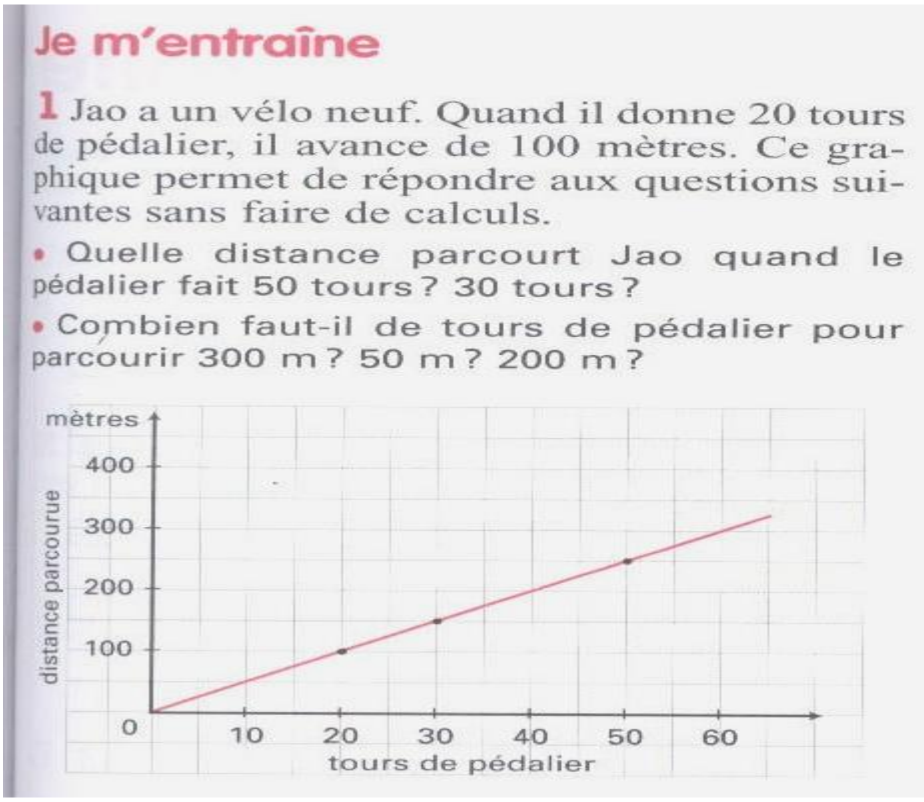


Figure 52:Prenons un exercice du manuel de l'élève, CM I MINESEB p 85

Nous pouvons poser aussi la question, après 2h30 de trajet, à quelle distance ils seront l'un de l'autre. Une information sera en plus de ce qui est décrit dans le graphique

2.6.3. Des représentations sémiotiques utiles dans des situations de validation.

Les représentations sémiotiques servent de validation selon la manière dont on les utilise. Le problème suivant qui est présenté sous forme d'énoncé et graphique peut être demandé à l'élève de convertir en tableau.



Je m'entraîne

1 Jao a un vélo neuf. Quand il donne 20 tours de pédalier, il avance de 100 mètres. Ce graphique permet de répondre aux questions suivantes sans faire de calculs.

- Quelle distance parcourt Jao quand le pédalier fait 50 tours ? 30 tours ?
- Combien faut-il de tours de pédalier pour parcourir 300 m ? 50 m ? 200 m ?

Figure 53:Changement de cadre : manuel de l'élève MINESEB CM I p85

Nous pouvons demander à l'élève d'établir le tableau représentant le graphique et faire la preuve par le calcul. C'est une situation de validation, et qui permet de confirmer chez l'élève la correspondance du tableau et du graphique dans une situation de proportionnalité.

3. ANALYSE DES DONNEES ET DISCUSSIONS

3.1. Méthodes et techniques de traitements des données.

Notre travail de recherche s'articule autour des deux dimensions qualitative et quantitative. La réalité de notre traitement des données était confrontée à des difficultés techniques. Comme notre travail de cueillette des données étaient à Madagascar et la rédaction finale à Lyon. Notre premier souci était de regrouper, collecter brut nos données pour ne pas à apporter les paperasses à Lyon. Cette méthode nous a fait perdre quelques données. Nous avons donc commencé tout traitement à la main. Nous avions aussi un problème d'ordinateur avant de venir.

Arrivée à Lyon, nous avons suivi des cours de statistique pour que notre travail d'analyse, dans les explications, descriptions, et compréhension soit plus pertinent. A cette étude de la statistique s'ajoute l'utilisation du logiciel SPAD et de l'Excel. Mais que nous reconnaissons que nous sommes encore loin de maîtriser toutes ces techniques.

Nous avons utilisé le brainstorming avec certains élèves. Brainstorming selon le dictionnaire Larousse signifie « Technique de recherche d'idées originales, fondée sur la mise en commun dans un groupe d'associations libres de chacun de ses membres ». Nous n'avons pas suivi strictement le procédé prescrit par le dictionnaire. Nous avons seulement demandé aux élèves d'écrire en un mot ce qu'ils entendent par proportionnalité, nous n'avions pas eu de mise en commun ni discussion. Nous avons-nous même ramassé les idées en utilisant la carte conceptuelle pour faciliter la visualisation du concept et la structure logique.

« *La carte conceptuelle est une méthode très efficace permettant de collecter de l'information, des idées, des concepts et de les visualiser directement de façon logique. Elle permet une approche structurée et créative de la prise de note. La carte conceptuelle reprend la façon dont le cerveau fonctionne, c'est pourquoi il est très facile de s'approprier le* concept. » (http://www.carteconceptuelle.fr/ recueilli le 28/03/2013.)

Nous orientons notre analyse sur trois idées principales :

- L'objet central : le concept de la proportionnalité
- Les questions relevant de l'enseignement apprentissage
- Les relations entre les disciplines mathématiques et sciences physiques.

3.2. Réflexion à propos des questionnaires recueillis sur la notion de proportionnalité

Cette analyse permettra de nous informer sur les mots que les enseignants mettent sur le concept de la proportionnalité et leur rapport à la notion de la proportionnalité

3.2.1. Concernant la proportionnalité:

La première question à laquelle les enseignants devaient répondre sur la notion de la proportionnalité est la Q2a, dont voici les réponses recueillies :

Q2- Pas du tout d'accord (1) Pas d'accord (2) D'accord (3) Tout à fait d'accord(4)

Q2a_01-Pensez-vous qu'il soit nécessaire : de définir la proportionnalité dans le cours en Sciences Physiques

Q2a_02-……………………………………..de définir la proportionnalité dans le cours en Mathématiques

Q2a_03………………………………………. de préciser comment utiliser la proportionnalité en Sciences Physiques

Q2a_04……………………………………….. de préciser comment utiliser la proportionnalité en Mathématique

: Réponse à Question 2

QUESTIONS		1	2	3	4	NR	EFFECTI	1	2	3	4	NR
Q2A	a1	8	17	55	22	23	125	6,4%	13,6%	44%	17,6%	18,4%
	a2	3	6	36	56	24		2,4%	4,8%	28,8%	44,8%	19,2%
	a3	3	8	58	28	28		2,4%	6,4%	46,4%	22,4%	22,4%
	a4	4	4	34	57	26		3,2%	3,2%	27,2%	45,6%	20,8%

A la question Q2a_01, qui est « définir la proportionnalité en sciences physiques » Nous avons recueillis 44% des enseignants interrogés qui sont d'accord, et 17,60% de tout à fait d'accord. En rassemblant les deux voix, nous avons 61,60%. Ce qui sous-entend qu'ils ont la réponse à cette question qui est la relation entre les deux grandeurs proportionnelles. Comme on précise en cours de physique, que l'enseignant soit à même de comprendre que les grandeurs sont des valeurs mais pas seulement numériques. Et cette valeur peut dépendre de plusieurs facteurs de mesurage pendant l'expérience. En prenant l'exemple de l'exercice donné aux élèves. L'allongement du ressort peut varier selon la qualité du ressort, et après plusieurs mesurages, le ressort se détériore et amène à la longue à une imprécision de mesure. La qualité de la matière est le même, c'est l'usure qui apporte une différence.

A la question Q2a_02, qui est « définir la proportionnalité en cours de mathématiques », ils sont 44,80% à être tout à fait d'accord, 28,80% sont d'accord. En additionnant les deux voix, nous avons 73,60%. La notion de proportionnalité est étudiée en mathématique, et appliquée en sciences physiques. Nous nous posons la question, pourquoi ce fort pourcentage en mathématique ? Nous supposons deux éventualités, soit que les enseignants pensent que c'est normal, et répondent tout de suite d'accord, ou encore comme c'est en mathématique qu'on apprend la notion de proportionnalité, il faut le définir.

Nous voulons tester si ces résultats sont unanimes. Nous pensons que la matière enseignée, le niveau des classes tenues par les enseignants respectifs et le sexe influent sur ces résultats.

Pour tester l'indépendance des modalités, deux hypothèses sont en concurrence. On nomme Ho, l'hypothèse d'indépendance et H_1 l'hypothèse alternative de lien entre les variables.

En application du test de **khi2** avec SPAD, (ANNEXE 31) nous obtenons la conclusion suivante :

Tableau 44 : Résultat du test khi2 de la question Q2a_01

	Matière	Niveau	Sexe
Valeur empirique calculée	41,35	37,49	16,66
Signification de la aleur théorique	QH0 : (0,05 ; 21)=32,67	QH0 : (0,05 ; 33)=47,39	QH0 : (0.05 ; ,002)=9,49
	S	NS	S

La dépendance entre la matière enseignée et la réponse à la question : définir la proportionnalité en cours de sciences physiques est significative au niveau de risque 0,05. De même la réponse à cette même question et le sexe est significative au risque de 0,05. On rejette H0 pour ces deux situations.

En consultant les pourcentages, en ANNEXE 29, nous relevons que 18/27 professeurs de mathématique sont d'accord, 27/32 professeurs de mathématique et sciences physiques et 19/25 professeurs de sciences physiques. Ils sont d'accord qu'on définisse la proportionnalité en cours de sciences physiques.

En consultant les références (ANNEXE 30), nous constatons que ce sont les professeurs de la classe de $6^{ème}$ et $5^{ème}$ qui sont d'accord à ce qu'on définisse la notion de proportionnalité en cours de sciences physiques. C'est-à-dire, il y a 43 individus sur 102 répondants soit 42,2 % qui sont d'accord.

La même question avec le variable sexe, nous relevons une nette significativité. Dans Annexe 32, nous avons 59/79 hommes qui sont d'accord par rapport à 18/46 femmes.

Nous trouvons la même situation dans Q2a_02, demandant s'il faut définir la proportionnalité en cours de mathématique. Nous avons relevé valeur empirique calculée 19,12 et valeur théorique 32,67 nettement supérieure à la valeur empirique. L'écart n'est pas significatif. La réponse à la question ne dépend pas des matières enseignées nous considérons que les réponses sont homogènes. Nous avons en ANNEXE 29, ils sont plutôt parfaitement d'accord. Les professeurs de mathématiques sont 20/21, les professeurs de mathématiques et sciences physiques 25/30 et les professeurs de physiques 26/30.

Tableau 45: Q2a et sexe

	Q2a_01	Q2a_02	Q2a_03	Q2a_04
Valeur empirique	16,66	6,20	15,59	3,77
Signification valeur théorique	QH0 (0,05 ; 4) =9,49	QH0 (0,05 ; 4) =9,49	QH0 (0,05 ; 4) =9,49	QH0 (0,05 ; 4) =9,49
	S	NS	S	NS

Pour conclure ce paragraphe, nous choisissons de faire référence à la réponse de cet enseignant pendant l'entretien concernant la proportionnalité. Il déclare ne pas maîtriser la notion de proportionnalité et n'avoir pas du tout enseigné la proportionnalité en classe de 5$^{\text{ème}}$ et 6$^{\text{ème}}$.

2. S1 Raha ny matières ko aloha dia ny math no ohatry ny folaky ny ankizy kokoa.	Dans mes disciplines, il me semble que les élèves maîtrisent mieux les Maths que les PC.
3. M2 *Folaky ny ankizy kokoa ny math dia .....inona no antony tsy ahafolahany ny PC ?*	*Les élèves maîtrisent mieux les Maths...Pourquoi les élèves ne maîtrisent pas les PC ?*
4. S2 Ny PC....na dia izaho aza anie dia mahatsapa ho tsy tena mahafolaka le PC loatra e.	Pour les PC...moi-même je me rends compte que je ne les maîtrise pas tout à fait.

Figure 54: Extraits d'entretien avec un professeur

25. M13 *mmm…dia le tena tiako resahina zao Ramose an! Dia le theme manokana sur la proportionnalité…chapitre sur ala proportionnalité.*	*Mmmm .Ce que je veux vous parler exactement Monsieur, c'est un chapitre en particulier, sur la proportionnalité…chapitre de la proportionnalité.*
26. S13 mmmm	mmm
27. M14 *Ao amin'ny 6ème manao proportionnalité an! Dia ao amin'ny* 5ème. …Efa vita moa io zao sa…?	*En 6ème on fait la proportionnalité, en 5ème aussi, est-ce que c'est déjà fini ou comment ?*
28. S14 mmm. Zao zahay mbola tsy nanao proportionnalité mihitsy.	mmm.Moi je n'ai pas du tout fait la proportionnalité.
29. M15 *Na 5ème na 6ème?*	*Ni en 5ème, ni en 6ème ?*

Figure 55: Extrait d'entretien avec le professeur

Dans les questionnaires, les enseignants déclarent qu'il est utile de définir la proportionnalité en sciences physiques et en mathématiques. Cela pose question si par ailleurs l'enseignant ne la maîtrise pas. En définitive, la solution adoptée est de mettre de côté cette notion. En confrontant les réponses aux questionnaires et ce les entretiens, nous pouvons supposer que si les enseignants sollicitent la définition de la notion de la proportionnalité ce n'est pas tant pour les élèves mais surtout pour qu'ils puissent, en tant qu'enseignant, maîtriser le sens de cette notion.

3.2.2. Rapport de l'enseignant au concept de la proportionnalité

Les questions en Q2b

Q2b_01 Pensez-vous que la proportionnalité est : Une notion déjà acquise par les élèves

Q2b_02……………………………………Une notion complexe à comprendre
Q2b_03……………………………………Un savoir scolaire
Q2b_04……………………………………Un savoir en lien avec la vie quotidienne
Q2b_05……………………………………Un savoir abstrait

étaient pour nous renseigner sur le rapport au concept de la proportionnalité de l'enseignant. Les réponses recueillies sont les suivantes sur 125 individus.

Tableau 46:Réponse à question Q2b

	Pas du tout 'accord	Pas d'accord	D'accord	Parfaitement 'accord	Non éponse
Q2b_01	21 16,8%	32 25,6	43 34,4	20 16	9 7,2
Q2b_02	24 19,2%	41 32,8	43 34,4	9 7,2	8 6,4
Q2b_03	14 11,2%	29 23,2	46 36,8	23 18,4	13 10,4
Q2b_04	3 2,4%	4 3,2	58 46,4	53 42,4	7 5,6
Q2b_05	43 34,4%	42 33,6	15 12	9 7,2	16 12,8

En réponse à la question si la proportionnalité est une notion déjà acquise 116 individus ont répondu. Les réponses sont réparties distinctement. Une partie 53 individus soit 45,68% ne sont pas d'accord. Et l'autre partie 63 individus soit 54,31%. Nous considérons l'écart peu signifiant. De même à la question si la proportionnalité est une notion complexe, nous avons 65 individus pas d'accord 56,03% et d'accord 52 individus soit 44,82 %.

Par contre à la question si la proportionnalité est un savoir en lien avec la vie quotidienne, la réponse est nettement positif.

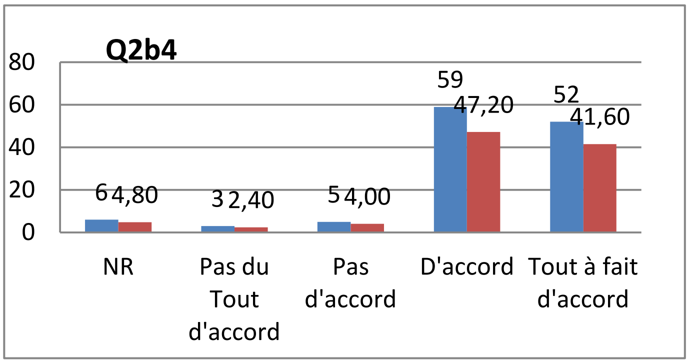


Figure 56: Le savoir est en lien avec la vie quotidienne

De même pour la question si la proportionnalité est un savoir abstrait :

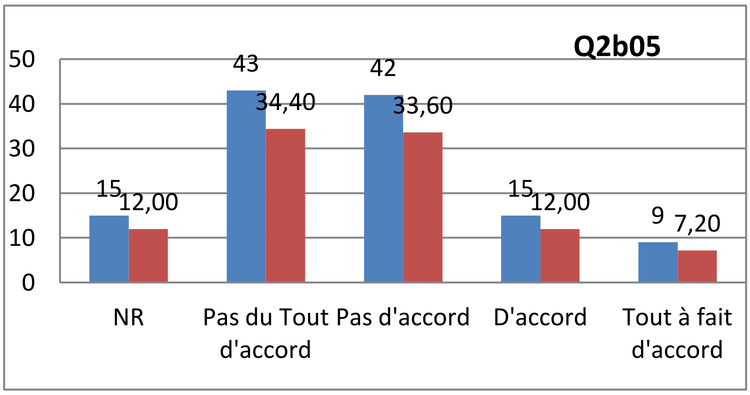


Figure 57: La proportionnalité est un savoir abstrait

Pour synthèse à la réponse à cette question, les enseignants sont d'accord que la notion de proportionnalité est une notion déjà acquise et qui n'est pas complexe à comprendre. Ils sont aussi d'accord que c'est un savoir scolaire en lien avec la vie quotidienne et que ce n'est pas un savoir abstrait. Nous avons testé les réponses en les croisant avec d'autres variables. Seul le variable sexe montre une significativité. Mais notre hypothèse est toujours discutable car en effectif d'échantillon les hommes sont supérieurs dans l'ensemble.

À la question Q4, ils doivent ranger des mots concernant la notion de proportionnalité, initialement rangés de manière aléatoire, par ordre d'importance.

Tableau 47: Liste des mots à ranger Q4

A	COEFFICIENT DE PROPORTIONNALITE
B	SITUATION DE PROPORTIONNALITE
C	REPERE ORTHONORME
D	REGLES DE TROIS
E	CONSTANTE
F	OPERATEUR
G	TABLEAU
H	GRAPHIQUE
I	DIVISIBILITE
J	DIVISION
K	MULTIPLICATION
L	APPLICATION LINEAIRE

Nous avons trié les 12 expressions qu'ils mettent en première place selon l'ordre de fréquence : situation de proportionnalité, multiplication, tableau, coefficient de proportionnalité, règles de trois, application linéaire, divisibilité, constante, graphique, repère orthonormé.

Pour pouvoir interpréter plus sur ces rangements nous avons croisé les variables par d'autres variables qui nous semblent exprimer plus le rapport des enseignants à cette notion de proportionnalité.

Voici le rang selon les différents variables, après le test de rangements, sans ex aequo de W de M.G. Kendall.

Tableau 48: Rangement de Q4 concordants selon les groupes

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Total	Groupe	7	4	9	3	10	8	6	11	5	2	1	12
Sexe	Homme	7	5	9	3	11	8	6	10	4	2	1	12
	Femme	7	2	9	4	10	8	6	11	5	3	1	12
Matières	Autre	8	4	11	1	12	10	6	7	5	3	2	9
	Maths	8	5	10	6	9	7	3	11	4	1	2	12
	Maths Autre	2	1	11	3	8	4	5	10	6	8	7	12
	Maths Sc phy	6	4	10	1	9	8	5	11	7	2	3	12
	Physique	9	5	8	4	11	7	6	10	3	2	1	12
	Physique A	6	5	10	4	12	9	7	8	3	2	1	11

Tableau 49: Test de concordance de rangement W de Kendall

		W	**$W_{critique}$**	S_k	S_{max}	Statut
Total	Groupe	**0,24894**	**0,014309**	556224	2234375	Significatif
Sexe	Homme	**0,298626**	**0,022641**	266153	892463	Significatif
	Femme	**0,182734**	**0,038884**	55293	302588	Significatif
Matières	Autre	**0,227893**	**0,137588**	5507,5	24167	Significatif
	Mathématique	**0,226118**	**0,061677**	27193	120263	Significatif
	Math autre	**0,438811**	**0,447162**	1004	2288	Non Significatif
	Math Physique	**0,27188**	**0,052607**	44944	165308	Significatif
	Physique	**0,38713**	**0,049685**	71746	185328	Significatif
	Physique autre	**0,148423**	**0,25554**	1040	7007	Non Significatif

La réponse des hommes et des femmes reflète bien la réponse du groupe. Il n'y a que les mots : divisibilité et situation de proportionnalité qui diffèrent pour les hommes et le groupe d'autant plus que les hommes sont plus nombreux que les femmes. Pour les mots : coefficient de proportionnalité, repère orthonormé, opérateur, table, multiplication et application linéaire ils ont les mêmes rangs. Mais ce qui tranche, c'est la multiplication, la division et la règle de trois qu'ils mettent en premier.

Les professeurs de mathématiques ont bien mis les opérations : la division, la multiplication, la règle de trois en premier. Il y a 8 femmes sur 29, ce sont les hommes qui dominent.

Notre analyse c'est pour connaître le rapport des enseignants au concept de la proportionnalité. Nous avons trié selon les enseignants de mathématiques et sciences physiques. Nous obtenons les résultats qui suivent. En tant que professeurs de mathématiques ils ont rangé comme suit : division, multiplication, tableau, divisibilité, situation de proportionnalité, règle de trois, opérateur, coefficient, constant, repère, graphique application linéaire. Nous pouvons conclure que, les opérations prennent les premières représentations des enseignants. Ensuite le tableau et la situation de proportionnalité, le graphique se trouve en avant dernière place. Nous pouvons interpréter que le tableau n'est pas obligatoire comme ils le disent à certains endroit du questionnaire. L'écart de rang qu'ils mettent entre le tableau et le graphique peut signifier que ses deux registres sémiotiques ne sont pas familiers pour eux. Etant professeur de mathématique, lorsqu'ils ont mis l'application linéaire en dernier rang laisse entendre qu'ils ne font pas automatiquement le lien avec la proportionnalité.

Les professeurs de physiques n'ont pas rangé très différemment de celui des professeurs de mathématiques parce qu'ils ont : multiplication, division, divisibilité, règle de trois, situation de proportionnalité, tableau, opérateur, repère, coefficient, graphique, constante, application linéaire. Les quatre premiers mots sont relatifs aux opérations. La situation de proportionnalité et tout de suite tableau, on peut interpréter la logique.

Toutefois, ils ont mis le graphique à la même place que les professeurs de mathématiques. La situation de proportionnalité se trouve à la même place. En sciences physiques, tableau et situation de proportionnalité se suivent. La place de la règle de trois qui décale, en mathématique, il est plus loin. Tandis qu'en sciences physiques il est plus haut. Nous estimons que les professeurs de physiques ont laissé en dernier ce qui est relatif, purement, mathématique.

Tableau 50: Rangement selon les deux entités mathématiques et sciences physiques

MATH	**J**	**K**	**G**	**I**	**B**	**D**	**F**	**A**	**E**	**C**	**H**	**L**
SC PHYS	**K**	**J**	**I**	**D**	**B**	**G**	**F**	**C**	**A**	**H**	**E**	**L**

Nous pouvons encore interpréter ce que peut signifier les rangements. Nous avons trié les mots qui se trouvent en premier, deuxième et troisième rang dans les différents groupes.

Tableau 51: Rangement selon les différentes entités

		1	2	3
Total	Groupe	Multiplication	Division	Règle de trois
Sexe	Homme	Multiplication	Division	Règle de trois
	Femme	Multiplication	Situation de proportionnalité	Division
Matières	Autre	Règle de trois	Multiplication	Division
	Mathématique	Division	Multiplication	Tableau
	Mathématique autre	Situation de proportionnalité	Coefficient de proportionnalité	Règle de trois
	Mathématique Physique	Règle de trois	Multiplication	Division
	Physiques	Multiplication	Division	Divisibilité
	Physique autre	Multiplication	Division	Divisibilité

Nous constatons que le rangement selon le sexe influe sur le rangement sur le groupe car nous voyons les mêmes mots, multiplication, division et règles de trois chez les hommes et le groupe, déjà ils sont plus nombreux que les femmes.

Sur les neuf entités, la multiplication prend la première place 5 fois. Ensuite la division. En reprenant tous ces mots : multiplication, division, règle de trois, divisibilité, ce sont des opérations qui viennent en premier. La situation de proportionnalité apparaît 2 fois, le coefficient de proportionnalité une fois et le tableau une fois. Il est à remarquer que le mot graphique n'apparaît pas parmi les trois premiers, il se place au 7ème dans l'entité « Autre » et 8ème rang dans l'entité « Physique Autre », sinon il ne se trouve qu'à la 11ème et au 10ème rang.

Nous rapportons ci-dessous un extrait d'entretien avec un professeur de mathématiques et sciences physiques exprimant son rapport avec la notion de la proportionnalité.

haiko…	
62. E32 *Resaka multiplication hay?*	*Ah bon multiplication.*
63. R32 Ie …dia resaka multiplication anankiray …ohatra…misy ampitaina ….satria ampitaina amin'ny ankizy dia atao hoe misy raison zay, zay ny atao amin'ny resaka multiplication zay. Ohatra hoe 4X2=8 ary 4X3 = 12 dia inona no raison hita amin'izay?...io no asongadina amin'ny le mpianatra. Hoe ity , ity 12 raha ampiana izao ity, di aampiana ohatra an'izay ho ny aoriana izay dia manome an'io chiffre io. Dia izay zany no hanazavana azy ny atao hoe proportionnalité…Ary io proportionnalité io misy ilay antsoina hoe constant tsy miova. Ohatra koa izao tamin'ny la loi d'ohm U=RI zay misy an'ilay proportionnalité, inona koa ny constant amin'izay fotona izay : ohatra hoe ity R ity no constant dia izay le manaraka izay; io R io tsy miova na dia miova itiky itiky….tsy	Oui …question de multiplication, et d'un …exemple, j'ai à transmettre…je transmets aux élèves que là il a une raison.c'est ce qu'on fait en multiplication. Exemple : 4X2=8 et 4X3=12, quelle est la raison dedans ? c'est ce que je mets en évidence pour les élèves. Voilà 12, si tu ajoutes ceci quelque chose, et tu ajoutes le même à cette partie et cela te donne ce même chiffre. C'est comment j'explique ce qu'on entend par proportionnalité. . dans cette proportionnalité, il y a ce qu'on appelle « constant » ce qui ne change pas. Exemple dans la loi d'ohm U = RI. Là où il y a la

Figure 58: Extrait d'un entretien avec un professeur

Les propos de cet enseignant confirment les réponses aux questions des autres enseignants. La notion de proportionnalité est liée à des opérations, et plus spécifiquement dans cet extrait, la multiplication et l'addition.

3.2.3. Représentations significatives du concept

Dans une situation de proportionnalité, le tableau et le graphique sont les supports principaux. Dans la question Q9, la question est : « comment présentez-vous le graphique par rapport au tableau dans une situation de proportionnalité ? ». C'est une question ouverte que nous avons synthétisée comme suit.

Tableau 52: Présentation du graphique et tableau

Réponses des enseignants	EFFECTIF
NON REPONSE	37
1. Repère, échelle, placer les points.	3
1. Droite.	2
2. Tableau doit afficher le couple (0,0)	1
3. Complémentaire	1
4. Droite passant par l'origine.	7
5. Règle de trois.	1
6. Vérifier l'opérateur, l'échelle à utiliser.	1
7. Demi-repère.	1
8. Correspondre graphique et tableau.	18
9. 1° ligne axe des abscisses, 2° ligne, axe des ordonnées	7
10. Distinguer les unités nécessaires, respect de l'échelle.	1
11. Echelle.	2
12. Origine du repère, coefficient de proportionnalité.	1
13. Suivant la droite horizontale ou verticale.	1
14. Avant graphique, tableau pour en déduire graphique.	2
15. Présentation graphique.	2
16. Courbe.	2
17. Repère.	7
18. Droite passant par l'origine = tableau de proportionnalité.	3
19. Tableau seulement mais pas de graphique	1
Graphique par cases ou cm Placer les points du tableau sur les repères X=ky, y= f(x) Essentiel dans le tableau et le graphique	1

Sut les 125 répondants, nous avons 37 non réponses, 68 réponses, 20 réponses autres. 18 réponses : faire correspondre graphique et tableau. Ce qui confirme leur expression en question Q4 où le graphique n'a pas de place importante.

Une réponse à cette question qui intrigue : tableau seulement mais pas graphique à la suite. Cela nous le rapprochons à la question Q4 de rangement des mots pour enseigner la proportionnalité, où le graphique n'a pas eu parmi les trois premiers rangs ; et qui se trouve en général au $7^{ème}$ et $8^{ème}$ rang, et ensuite parmi le 10 et $11^{ème}$ rang.

Sur 63 réponses, nous avons 25 qui énoncent qu'il faut faire correspondre le tableau et le graphique soit 39,68%. Il y avait un professeur de mathématique qui répondait que le graphique n'est pas nécessaire en mathématique. Et un autre professeur de mathématique qui signalait d'une autre manière : « tableau seulement mais pas de graphique ». Les autres réponses tournent autour des techniques ou méthodes comme les règles de trois, opérateur, droite passant par l'origine, repère dans le plan ou repère orthonormé. La liste n'est pas exhaustive. Nous estimons que la question les surprenait si effectivement les enseignants pensent que le graphique n'est pas utile surtout en mathématique. Nous rapprochons encore cette réponse à celui du rangement, les questions de techniques et opérations sont plus importants pour eux. Nous pensons aussi à la question de maîtrise de cette notion car nous avons recueilli 27/54 de professeur mathématique et Physique qui ne maîtrisent pas suffisamment la notion de proportionnalité.

Les entretiens nous révèlent également des éléments significatifs de la notion de proportionnalité.

	66. E34 *Ianao ve miandry any amin'ny $3^{\text{ème}}$ vao mampiasa graphique sa mampiasa graphique koa ao amin'ny $4^{\text{ème}}$*	*Vous attendez donc en $3^{\text{ème}}$ pour utiliser les graphiques, ou bien vous les utilisez aussi en $4^{\text{ème}}$?*
	67. R34 Zany ho zany le ao amin'ny $4^{\text{ème}}$ zahay mampiasa saingy tableau fotsiny no ampiasaina amin'io.	C'est-à dire, nous utilisons mais seulement nous n'utilisons que le tableau là.
	68. E35 Fa maninona ianareo no tsy mampiasa graphique ao aminn'y $4^{\text{ème}}$	*Mais pourquoi vous n'utilisez pas les graphiques en $4^{\text{ème}}$?*
F	69. R35 Raha amin'ny tableau de proportionnalité tsy mampiasa graphique fa aty amin'ny $3^{\text{ème}}$ vao mampiasa. Satria mbola resaka ….raha tableau de proportionnalité tsy mampiasa fa aty amin'ny géométrie graphique plutôt	Dans le tableau de proportionnalité nous n'utilisons pas les graphiques, nous les utilisons seulement en $3^{\text{ème}}$ parce que…c'est plutôt question de tableau, mais c'est en géométrie que nous les utilisons.les graphiques.

Figure 59: Extrait d'entretien avec un professeur

Cet entretien corrobore certaines réponses au questionnaire qui précisaient que « le graphique n'est pas nécessaire ». Nous constatons les limites des connaissances des enseignants de la notion de la proportionnalité.

3.2.4. En conclusion de cette réflexion sur le concept de la proportionnalité par les enseignants

Après l'analyse des différentes questions que nous avons posées aux enseignants concernant la proportionnalité, nous soulignons que les mots qui viennent plus en pensée des enseignants, ce sont les opérations dans les méthodes et techniques : multiplication, division, et règle de trois, divisibilité, et situation de proportionnalité. Ils sont d'accord que c'est une notion liée à la vie quotidienne pas abstraite. Un savoir scolaire pas complexe à comprendre. Ce qui peut signifier, c'est une notion accessible aux élèves. Du côté éléments significatifs du concept dans les deux disciplines, nous pouvons relever les différentes opérations, et le tableau surdétermine le graphique. Il nous semble que le mot proportionnalité est souvent pris dans le sens conceptuel et que sa forme de comparaison de grandeur réel n'apparaît pas dans la pensée. Et en physique n'apparaît pas non plus.

Nous remarquons qu'il y a un intérêt plus visible chez les enseignants de la classe de 5ème et 6ème quand à la nécessité de définir de mot en cours de mathématiques et sciences physiques. (ANNEXE 30) Nous estimons normal qu'il y ait plus de professeurs de 6ème et 5ème car dans l'ensemble ils sont 60 sur les 125 enseignants. (ANNEXE 27) soit 48% de l'effectif total.

3.3. Les questions relevant de l'enseignement et ou apprentissage

Presque toutes les questions soulignent l'enseignement apprentissage, mais nous relevons seulement celles qui l'expriment directement.

3.3.1. Gestion dans la transmission de la notion de la proportionnalité

3.3.1.1. Maîtrise de la notion de la proportionnalité

L'enseignement d'une discipline dépend en partie de la maîtrise de l'enseignant de cette matière. Voici la réponse que nous avons eue concernant cette question :

Sur 125 individus, 2 seulement n'ont pas répondu. Il y a 64 soit 51,20% qui ont répondu de ne pas suffisamment maîtriser la notion de proportionnalité. Ce qui ont répondu avoir maîtrisé parfaitement sont au nombre de 59 soit 47,20 individus. Pour aller plus loin dans notre interprétation, nous avons croisé cette variable avec d'autres variables, sexe, matière enseignée et niveau de classe tenu. Le test nous a donné des valeurs toutes non significatives. Nous tenons quand même à remarquer que en entité « mathématique physique », nous trouvons 19/33 individus qui ne maîtrisent pas suffisamment, et en physique 20/36

En entité «classe enseignée», nous avons 9/15 enseignant de la 6ème qui ne maîtrisent pas suffisamment et en 27/54 des enseignants de la classe de 6ème et 5ème qui ne maîtrisent pas suffisamment. Par rapport au sexe nous avons relevé chez les femmes 27/45 qui ne maitrisent pas suffisamment et 37/78 hommes.

3.3.1.2. Précisions de l'utilisation de la proportionnalité

La question **Q2a_03** demande s'il est nécessaire de préciser l'utilisation de la proportionnalité en cours de sciences physiques. Nous avons recueilli 58 individus qui sont d'accord et 28 qui sont parfaitement d'accord, soit en tout 68,8% des répondants. Nous posons toujours la question si c'est une réponse unanime. La réponse à cette question n'a-t-il pas un lien entre le sexe, les niveaux d'enseignements, la matière enseignée.

En application du test **khi2,** nous obtenons le résultat suivant :

Tableau 53: Test de KHI 2sur la question Q2a_03

	Matière	Niveau	Sexe
Valeur empirique calculée	47,92	46,98	15,59
Signification de la valeur théorique	QH0 : (0,05 ; 21)= 32,67	QH0 : (0,05 ; 36)= 51	QH0 : (0,05 ; 4)= 9,49
	S	NS	S

Dans cette situation, la relation entre les variables est validée. Dans notre cas les réponses varient selon la matière enseignée, et le sexe du répondant. Dans le domaine matière qu'est-ce que nous remarquons (ANNEXE 31), ce sont les 24/99 professeurs de mathématiques soit 24,2%, les 32/99 professeurs de mathématiques et sciences physiques soit 32,3 % et les 24/99 professeurs de sciences physiques soit 24,2% qui se prononcent à cet accord. Concernant les niveaux, les 39 /99 professeurs de les classes de $5^{ème}$ et $6^{ème}$ soit, 39,39 % qui disent qu'il faut préciser l'utilisation de la proportionnalité en sciences physiques. Et du côté sexe, c'est plutôt, du côté des hommes qui répondent à cette question, 61/125 soit 48,8 % (ANNEXE 33).

La question Q2a_04 à laquelle les enseignants doivent répondre s'il est nécessaire de préciser l'utilisation de la proportionnalité en mathématique. Nous avons eu 91/99 des répondants qui sont d'accord, soit 91,91 %. Nous avons un taux maximum de répondants. Nous testons toujours nos résultats, si c'est parfaitement unanime.

Tableau 54: Test de KHI 2sur la question Q2a_04

	Matière	Niveau	Sexe
Valeur empirique calculée	17,38	23,11	3,77
Signification de la valeur théorique	QH0 : (0,05-21)=32,67	QH0 : (0,05- 30) =43,77	QH0 : (0,05-4)=9,49
	NS	NS	NS

Dans cette situation il n'y a pas de lien entre les variables. On peut dire que les répondants sont unanimes dans leur réponse. Ils sont d'accord qu'on précise l'utilisation de la proportionnalité en mathématique.

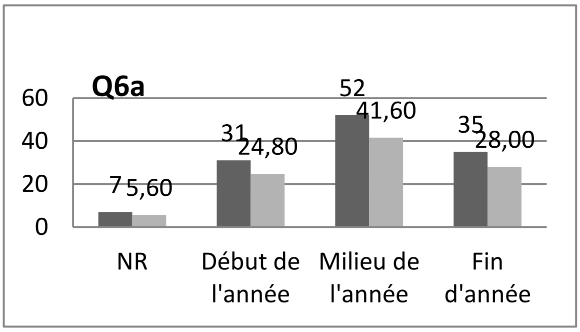
3.3.1.3. Emplacement du chapitre de la proportionnalité dans la planification du programme d'enseignement

En Q6, notre question était sur la place du chapitre sur la proportionnalité dans le programme annuelle, tout en justifiant les raisons. Nous avons obtenu les réponses suivantes :

Tableau 55: Place du chapitre de la proportionnalité

Q6a: la place du chapitre de la proportionnalité

Valeurs	Effectifs	Pourcentages
NR	7	5,60
Début de l'année	31	24,80
Milieu de l'année	52	41,60
Fin d'année	35	28,00
Ensemble	125	100,00



Dans le programme officiel malgache, le chapitre de la proportionnalité se trouve en fin du programme de mathématique en classe de 5ème et 6ème. Nous constatons dans notre graphique qu'il y a beaucoup plus d'enseignants qui le mettent en milieu de leur programme. L'emplacement d'un chapitre dans son enseignement fait partie de l'ingénierie didactique.

Nous avons catégorisé leur réponse sur les raisons du pourquoi ils préfèrent mettre en début, en milieu ou en fin d'année. Nous supposons cinq catégories de réponses : raisons pédagogiques, raisons relations disciplinaires, selon le programme, selon le contenu, ou selon les élèves

Tableau 56: En début d'année

PEDAGOGIQUE	RELATION DES ISCIPLINES	PROGRAMME	CONTENU	ELEVES
Rappel des acquis Approfondir la notion n mathématiques Acquisition des autres otions Important pour la lasse de quatrième Pour faciliter les utres leçons Application dans ertain chapitre. Nécessaire pour eaucoup de leçons Pas de relation avec es autres nombres donc aire passer avant Devient négligé Facilite la tâche et ne ait que le rappel plus ard.	Pour la relation entre les eux disciplines Beaucoup de chapitre en athématique dépendent e la proportionnalité Pour habituer les élèves faire le graphique base de proportionnalité Application des athématiques en sciences hysiques Faciliter les physiques Nécessaire pour toute pération, assurant la ansdisciplinarité, la omplémentarité, interdépendance des atières Utile pour les autres hapitres de physiques	D'après le rogramme officiel	Poids/ asse/tension/ tensité	Dépend de la apacité des élèves Pour mieux ncadrer les enfants oute l'année Un moyen pour élève de faire évaluation, aisonner, réfléchir, as seulement faire un ar cœur.

Tableau 57: En milieu du programme

PEDAGOGIQUE	RELATION ENTRE LES ISCIPLINES	PROGRAMME	CONTENU
Faire maîtriser les opérations 7) Prioriser les opérations Concrétise les notions cquises, facilite les opérations. Après maîtrise des opérations, 'autres Maîtriser les opérations et omparaison Maîtriser les notions écessaires à la proportionnalité Au début du deuxième imestre on étudie les chapitres écessitant la notion de roportionnalité (dilatations des olides) Maîtriser les règles de calcul, t résolution de l'équation Pour évaluer ce qu'on doit ncore faire. Utiliser en d'autres matières ; Début de l'année, il faut aîtriser les notions, en fin 'année application. Ce n'est pas une connaissance e base acquise, donc c'est ifficile de le mettre en début.	En 6ème, beaucoup de hapitre se dépendent, il faut aîtriser les éléments de ase. Utile pour les autres atières Il faut maîtriser les athématiques outils écessaires en physiques Concerter les professeurs e mathématique	Dépend du programme 2) On attend le rogramme ; Suivant la répartition nnuelle Au début on fait les évisions, dépend de la uite du programme. Voir les résultats avant t après En troisième, en milieu 'année qu'on a les onctions y=ax Suivant le programme	En première période asse volumique, en euxième période les ansformations hysiques Première période écanique et en euxième période électricité Après repérage dans le lan. Avant organisation On l'utilise à partir des éactions chimiques Avant de traiter les ombres relatifs

Tableau 58: En fin de programme

PEDAGOGIQUE	RELATION ENTRE LES ISCIPLINES	PROGRAMME	CONTE U
C'est appris en 6, 5, 4 et, c'est tilisé dans la vie quotidienne Il faut maîtriser beaucoup sur les ombres, multiples, diviseurs (2) Difficile, il faut maîtriser les utres cours, Un gras chapitre d'application Proportionnalité, règles de trois, éjà acquis en primaire. Parce qu'on a besoin plus de emps Finir les autres chapitres, et aîtriser les autres opérations, N, Z, (2) Pour mieux comprendre Facile pour les élèves En fin d'année, les élèves cquièrent les éléments Chapitre difficile pour les élèves Connaissances acquises dans la ie quotidienne. Il faut des connaissances réalables sur les opérations Utile surtout, base de la uatrième La proportionnalité est facile	C'est l'application des connaissances cquises antérieures. Pas utile en physique en 6ème, utile en ^{ème} selon le programme. Appliquer dans toutes les leçons Dépendance des chapitres, il faut aîtriser les chapitres en avant. En quatrième on étudie la roportionnalité, (résolution des quations Attendre que la leçon sur la roportionnalité soit finie en athématique.	Programme fficiel (2) Présenté en oisième trimestre Chaque année, il 'y a pas de temps our finir la roportionnalité Permet introduction de ertains chapitres, ontinuité du rogramme ;	Après les tudes de la uissance, actions, ombres écimaux

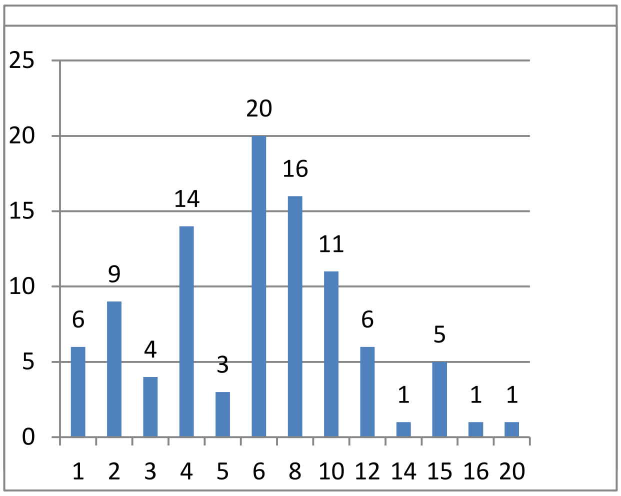
Un nombre assez important d'enseignants met le chapitre sur la notion de la proportionnalité en milieu de l'année. Nous pouvons faire l'hypothèse que si les enseignants choisissent de mettre ce chapitre en milieu de l'année, c'est qu'ils estiment que c'est une notion qui nécessite la maîtrise des autres opérations de bases pour l'application. Or ils mentionnent surtout, une raison d'ordre pédagogique, comme par exemple, de ce chapitre dépendent plusieurs autres chapitres en sciences physiques, et il faut maîtriser d'autres éléments de base, exemple en 6ème. La présentation du programme officiel influence d'autres. La concertation entre professeur de mathématiques et sciences physiques est aussi signalée.

3.3.1.4. Temps impartis à ce chapitre

Dans la question Q7, nous leur avons demandé le temps qu'il consacre à ce chapitre. La durée prévue dans le programme officiel est de 10 heures pour la classe de 5ème et de 2 semaines pour la classe de 6ème qui équivaut à 8 heures. Pour les CM varie selon leur organisation, il est présenté en deux chapitres dans le manuel classe de 8 ème et 7 ème MINESEB qu'ils utilisent souvent.

Tableau 59: Consacrés au chapitre de la proportionnalité

HEURE	EFFECTIF	EFFECTIFS CUMULES
1	6	6
2	9	15
3	4	19
4	14	33
5	3	36
6	20	56
8	16	72
10	11	83
12	6	89
14	1	90
15	5	95
16	1	96
20	1	97



Nous constatons qu'il y a 36/97 soit 37% d'enseignants qui consacrent moins de 5 heures d'enseignement à ce chapitre. Nous nous posons la question si c'est parce qu'ils ne maîtrisent pas la notion. D'un autre, comme dans la question Q2a_03, un fort taux de pourcentage a répondu que c'est un concept en lien avec la vie quotidienne, par conséquent, on suppose qu'ils pensent qu'il ne faut plus un temps si long pour l'approfondir. On peut penser aussi que ce sont des enseignants du primaire ou d'autres matières et ne sont pas informés quant à l'horaire prescrit dans le programme. Ou encore, ce sont parmi les chevronnés et qui n'ont plus beaucoup de temps pour transmettre ce chapitre.

3.3.1.5. Les tâches données aux élèves en sciences physiques et mathématiques

Les questions Q10 et Q11 « comment présentez-vous aux élèves les tâches proposées en sciences physiques et en mathématiques », permettent d'analyser ce que les enseignants transmettent concernant la notion de proportionnalité. En sciences physiques, par exemple, nous avons relevé la réponse suivante : « passer par étapes, points par points le tableau sur le graphique avant de tracer le courbe ». Leurs expériences aussi sont exprimées. Une autre réponse plus affirmative est relevée « calcul selon la propriété de la proportionnalité mais pas de règles de trois ». En mathématiques, une réponse semble plus significative « par étape, coefficient de proportionnalité, graphique ».

Ces deux questions nous ont un peu déroutée car nous avons eu des réponses très différentes. Nous pensons que nous n'étions pas assez précises dans notre demande. Nous avons mis même réponse fausse par endroit et nous n'avons pas relevé leur réponse. Deux catégories de réponses étaient données, une sur la notion de proportionnalité et l'autre sur les exercices qu'ils donnent en général pour les deux disciplines.

3.3.2. Place des différents registres sémiotiques

Les problèmes donnés sont le miroir de l'enseignement transmis. En ANNEXE 24 (exercices), une série de petits problèmes proposés par un enseignant de sciences physiques de la classe de 5ème est recueilli. Des problèmes relevant de la situation de proportionnalité, la vitesse moyenne, le débit moyen, la masse volumique, l'échelle, le pourcentage, la chimie concernant les différentes concentrations. Le langage naturel est utilisé dans cette série d'exercices. Ni l'utilisation des tableaux, ni le traçage d'un graphique n'est demandé à l'élève. Ces problèmes en appellent à la méthode des règles de trois. En sciences physiques, en classe de 5ème, plusieurs enseignants n'utilisent pas les tableaux ou les graphiques pour résoudre des problèmes de situation proportionnelle. En mathématique, ils les utilisent plus, par contre une réaction de deux enseignants en Q9, numéros 83 et 106 nous surprend quand ils énoncent « la représentation graphique n'est pas obligatoire en mathématiques »

En Q4, nous avons des mots autour de l'enseignement de la proportionnalité, nous avons supposé que le tableau et le graphique auront une place importante dans ce rangement. Après rangement des mots selon les matières enseigner nous trouvons le mot tableau une fois chez les enseignants de mathématiques et au troisième rang. Le mots graphique ne se trouve qu'au 7ème, 8ème, 10 , et 11ème rang sur 12. Cela nous laisse entendre que le graphique n'est pas utilisé comme élément significatif de l'enseignement de la notion de la proportionnalité. Cela confirme aussi la pensée de deux individus répondants à nos questions que le graphique n'est pas nécessaire en mathématiques. Nous estimons donc que le tableau et le graphique ne tiennent pas beaucoup de place dans la situation de proportionnalité.

3.3.3. Blocages dans l'enseignement apprentissage de la notion de proportionnalité :

Nous pouvons catégoriser les blocages en quatre types : blocages d'ordres pédagogiques, blocage d'ordres matériels, blocages d'ordre structurels, organisation institutionnel.

3.3.3.1. Blocages liés aux choix pédagogiques et didactiques

Dans les questions Q12 et Q13, les enseignants devaient exprimer quatre connaissances minimum pour réussir en mathématiques et sciences physiques, la maîtrise de la langue française fait partie de ces connaissances. Les enseignants indiquent dans les questionnaires que la langue d'enseignement est l'une des origines des difficultés de compréhension de la proportionnalité par les élèves. Les disciplines scientifiques sont enseignées dans les deux langues (français et malgache). Lorsque les enseignants enseignent dans les deux langues, le plus souvent, les explications générales sont en malgaches, mais les mots et vocabulaires spécifiques aux mathématiques et sciences physiques sont en français. Toujours dans ces deux questions, nous avons relevé des mots utilisés par les enseignants, en sciences physiques 29 mots et en mathématiques 35 mots sur le calcul et opérations. Il nous semble que si ces mots sont repris plusieurs fois par les enseignants comme étant des connaissances minimum en mathématiques et sciences physiques, c'est qu'ils rencontrent beaucoup de problème en ce domaine.

3.3.3.2. Blocages inhérents à la structure de la classe

Le contexte d'enseignement est également source de difficultés. Il est très rare de trouver un effectif en dessous de 35 élèves par classe. De ce fait (ou alors c'est culturel), les cours sont essentiellement magistraux. Les tables-bancs sont rangés pour faciliter l'enseignement ex-cathedra. L'interaction maître/élèves est gênée par ces tables-bancs fixés. L'infrastructure, en ville comme en brousse, est donc un obstacle, à une véritable interaction entre maître /élève et élèves/élèves.

3.3.3.3. Blocages d'ordre matériel

Les expériences en sciences physiques sont parfois difficiles à mettre en œuvre, du fait du manque de matériels. Dans nos entretiens avec les enseignants, il était exprimé souvent. Par notre fonction de conseillère pédagogique, nous avons aussi observé que plusieurs collèges manquent de matériels de laboratoire en sciences physiques chimie (ANNEXE 63) (Q17)

Concernant les situations problèmes, exemple la conversion du tableau en graphique, ce n'est pas toujours que l'élève trouve le matériel nécessaire pour de tel exercice comme le papier millimétré. Il est exprimé par certains (ANNEXE 65) (Q18) enseignants que les élèves font des erreurs dans la conversion du tableau en graphique.

Dans Q12 et Q13, (ANNEXE 42) les questions sont : quelles sont les 4 connaissances qu'un élève doit avoir au minimum pour réussir en sciences physiques et mathématiques. En sciences physiques, nous relevons 29 mots sur le calcul, opérations, et en mathématiques 35 mots. Les 11 premiers mots font les relations entre les disciplines mathématiques et sciences physiques, c'est-à dire que les élèves peuvent avoir des difficultés car se sont

3.3.3.4. Blocages d'ordre institutionnel

A propos du programme scolaire, les enseignants expriment « qu'il y ait de la continuité entre le programme de la $6^{ème}$ à la $3^{ème}$ » Par les documents que nous avons, nous constatons qu'il n'y a pas de continuité dans le programme scolaire par rapport à la notion de la proportionnalité. En classe de CM, dans le manuel scolaire MINESEB, $8^{ème}$, $7^{ème}$, la notion de proportionnalité est présentée respectivement en deux chapitres distincts. Le premier chapitre traite de la situation de proportionnalité sous forme de tableau. En deuxième partie, la résolution de la situation de proportionnalité est réalisée sous forme de graphique. En classe de $6^{ème,}$ la représentation graphique n'est pas du tout mentionnée. On indique plus l'utilisation de la linéarité dans le tableau et du coefficient de proportionnalité. Nous supposons que c'est une des difficultés de l'élève, car en $5^{ème}$, la notion de graphique devient toute nouvelle pour lui. C'est de cette manière que les élèves n'arrivent pas à articuler les connaissances acquises entre les niveaux.

Concernant toujours le programme scolaire, le programme en vigueur au collège date de 1996-2000. En ce que nous savons, il n'y a pas encore d'autres qui soient sortis définitivement, c'est en projet. Ce programme 1996-2000 est épuisé depuis longtemps, plusieurs enseignants ne sont pas en possession. Le programme scolaire n'est pas stable en ce moment. C'est une des difficultés des nouveaux enseignants.

Instructions

- Etant donné que la notion de proportionnalité est appliquée dans beaucoup de situations courantes, et qu'elle reste encore parmi les notions difficilement maîtrisées par l'élève à la sortie de l'Ecole Primaire, son apprentissage devra être fait, en classe de 6ème d'une extrême minutie. On choisira ainsi, autant que possible, des exemples d'introduction tirés de la vie courante.
- On présentera également des contre-exemples.
- On mettra l'accent sur l'utilisation des coefficients de proportionnalité et des propriétés de linéarité qui sont des outils que l'élève doit maîtriser pour la résolution de problèmes.
- Les calculs de pourcentage et d'échelle ne sont pas exigibles en classe de 6ème.

Figure 60: Extrait du programme officiel

3.3.4. Conclusion de l'analyse relevant de l'enseignement apprentissage

Concernant les questions sur l'enseignement apprentissage, nous remarquons en premier, le taux important d'enseignants qui ne maîtrise pas suffisamment la notion de proportionnalité. Ces enseignants sont presque des enseignants de sciences physiques, ou de mathématiques et sciences physiques, et en vérifiant, dans notre liste, ce sont beaucoup plus d'enseignants des classes de 5ème et 6ème. Nous pouvons dire que, à Madagascar, la notion de proportionnalité n'apparaît pas dans la discipline sciences physique en 6ème, et cela peut être la cause.

Pour l'utilisation de la notion de la proportionnalité, ce sont encore les professeurs de 5ème 6ème qui sont intéressés (ANNEXE 31, 32), et ce sont plutôt les hommes. Est-ce que c'est de par les caractères rigoureux des hommes ? Toujours du côté enseignement, les enseignants interrogés se sont plus prononcés pour qu'on explique l'utilisation de la proportionnalité en mathématiques sciences physiques. Il nous semble que c'est l'inverse, car c'est une notion « outil » en physique, l'outil doit avoir plus d'explication dans l'utilisation. En physique, comme c'est une valeur expérimentale, la proportionnalité d'un corps à l'autre ne change pas, c'est la réalité, sauf que les conditions de l'expérience qui changent et fait varier cette proportionnalité, comme un des élèves à énoncé « l'allongement et la masse sont de plus en plus proportionnel ». Par contre, il nous paraît « évidente » la proportionnalité en mathématique avec les valeurs numériques.

Pour parler de la place des différents registres en enseignement apprentissage, nous constatons que le tableau a la priorité. Par contre le graphique était mentionné deux fois par des professeurs de mathématiques qu'il n'est pas obligatoire en mathématiques. Là les registres sémiotiques sont bien classés par les enseignants comme éléments significatifs dans chaque discipline, mais malheureusement, nous n'avons pas pu savoir leur argumentation.

La langue d'enseignement est aussi un problème, plusieurs enseignants ont mentionné la compréhension du français. En effet les cours de mathématiques et sciences physiques sont dispensés en français. Beaucoup d'élèves ne comprennent pas le français.

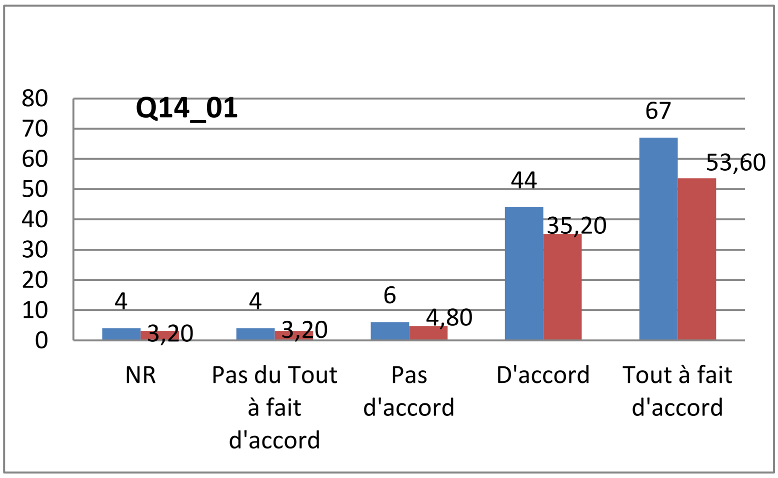
3.4. Articulation des connaissances

3.4.1. Transfert des connaissances et transdisciplinarité

Tableau 60: Réponse à Q14

Q14_01: de faire émerger les connaissances préalables des élèves

Valeurs	Effectifs	Pourcentages
NR	4	3,20
Pas du Tout à fait d'accord	4	3,20
Pas d'accord	6	4,80
D'accord	44	35,20
Tout à fait d'accord	67	53,60
Ensemble	125	100,00



Dans la question Q14_01, « pensez-vous qu'il est nécessaire de faire émerger les connaissances préalables des élèves avant d'introduire une nouvelle leçon », indirectement, si l'enseignant fait faire le transfert des connaissances. De même, la question suivante : « d'articuler les chapitres nouveaux et anciens ».

Ils sont presque tous parfaitement d'accord à ce point. Nous leur avons demandé de présenter les moyens mis en œuvre que nous résumons en trois catégories : réponses orientées sur les tâches à faire réaliser aux élèves, des rappels pendant les cours et des réponses pédagogiques en général. Ci-dessous quelques exemples :

- Les tâches à faire réaliser : exercices oraux de révisions, évaluation avec des exercices à questions ouverte oraux, rappel des cours sous forme d'exercices, utiliser des fiches formules pour retenir, lire les chapitres précédents, concevoir des activités, amener les élèves à construire des définitions ou formules, test questions réponses
- Au cours de la leçon : dire aux élèves les points essentiels à retenir de l'ancien chapitre, exercices en lien ou mettant en exergue le nouveau chapitre,
- Réponses plus générales : consolider la précédente, les acquis, évaluation prédictive, utilise le programme, utiliser les pré-requis, accepter que l'élève ai des acquis sur la nouvelle leçon, démarche expérimentale, participation active des élèves

La question Q14_02 était « articuler les chapitres nouveaux et anciens. ». Nous avons eu aussi une réponse d'un taux assez fort d'accord parfait.

Nous avons regroupé les réponses en trois catégories : question relevant des tâches à faire réaliser aux élèves, gestion de la séance de leçon, rappel

- Question relevant des tâches : questions réponses, maîtriser les exercices et leçons, contrôle, exemple concret, questions faciles et directes ;
- Rappel : rappel du chapitre précédent, dire, montrer, faire connaître aux élèves le lien entre les deux, résumé court avant de commencer, chercher le vocabulaire en lien avec la vie quotidienne, exemples pour voir les liens entre les chapitres
- Gestion de la séance : Partir d'une problématique, varier les exercices, varier les méthodes d'évaluation, cohérence des deux matières, cibler les chapitres qui se correspondent, insister, articuler, enchaîner les chapitres, parle de la généralité du nouveau chapitre, mise en situation nouvelle, voir calendrier et planification des chapitres : trimestre, semaine, expliquer les articulations existantes.

Nous nous interrogeons sur l'efficacité des stratégies préconisées par les enseignants pour aider les élèves à faire le transfert des connaissances

3.4.2. Ce que font les enseignants pour articulation des deux disciplines

Dans Q15 les enseignants doivent s'exprimer sur l'articulation des deux disciplines.

Q15_01 : Les élèves font des relations entre ces deux disciplines (si oui, merci de justifier ci-dessous)

Q15_02 : Les mathématiques sont des outils pour les Sciences Physiques.

Q15_03 : Les Sciences Physiques sont des outils pour les Mathématiques.

Q15_04 : Les Sciences Physiques dépendent des Mathématiques

Q15_05 : Les Mathématiques aident à comprendre les Sciences Physiques

Q15_06 : Les Sciences Physiques aident à comprendre les Mathématiques.

Q15_07 : Les relations entre enseignants de ces disciplines sont nécessaires.

Q15_08 : Les enseignants d'une discipline doivent connaître le programme de l'autre discipline

Q15_09 : Les élèves ont plus de difficultés en mathématique qu'en Sciences Physiques.

Q15_10 : Les élèves ont plus de difficultés en Sciences Physiques qu'en Mathématiques .

Q15_11 : La réussite en Sciences Physiques est liée à la réussite en Mathématique

Nous mettons en tableau la synthèse de leur réponse

Tableau 61: Synthèse des réponses en Q15

	Non réponse	Pas du tout d'accord	Pas D'accord	D'accord	Parfaitement D'accord
Q15_01	12 9,60	3 2,40	20 16	63 50,40	27 21,60
Q15_02	3 2,40	5 4	6 4,80	48 38,40	63 50,40
Q15_03	14 11,20	10 8	38 30,40	44 35,20	19 15,20
Q15_04	10 8	3 2,40	16 12,80	49, 39,20	47 37,60
Q15_05	8 6,40	3 2,40	8 6,40	59 47,20	47 37,60
Q15_06	16 12,80	9 7,20	38 30,40	48 38,40	14 11,20
Q15_07	2 1,60	1 0,80	6 4,80	37 29,60	79 63,20,
Q15_08	4 3,20	3 2,40	16 12,80	51 40,80	50 40
Q15_09	11 8,80	7 5,60	22 17,60	53 42,40	32 25,60
Q15_10	10 8	10 8	53 42 40	36 28,80	16 12,80
Q15_11	7 5,60	4 3,20	18 14,40	54 43,20	42 33,60

Les pourcentages sont entre les répondants et l'effectif total de 125 individus. D'abord nous analysons selon le tableau de synthèse que nous avons construit à partir du SPAD 7.4, ensuite, nous allons essayer de décrire si effectivement les réponses sont unanimes. Nous avons croisé avec les variables matières enseignées et ensuite les variables niveaux de classe tenue.

En première question, ils sont d'accord que « les élèves font des relations entre les disciplines mathématiques et sciences physiques » : en additionnant les deux réponses nous avons 90/ 125 individus, d'accord. On leur demande de donner leur justification. Nous résumons comme suit leurs raisons :

- Souvent s'il est capable en mathématiques il l'est aussi en sciences physiques
- Parfois ceux qui ont des difficultés en mathématiques les ont aussi en sciences physiques
- Les difficultés des opérations en physiques sont dues au mathématique.

En deuxième question, ils sont tout à fait d'accord que les mathématiques sont des outils en sciences physiques. Nous avons 111/ 125 d'accord

En troisième question, les sciences physiques sont des outils pour les mathématiques. Nous constatons pour cette réponse que les avis sont partagés.

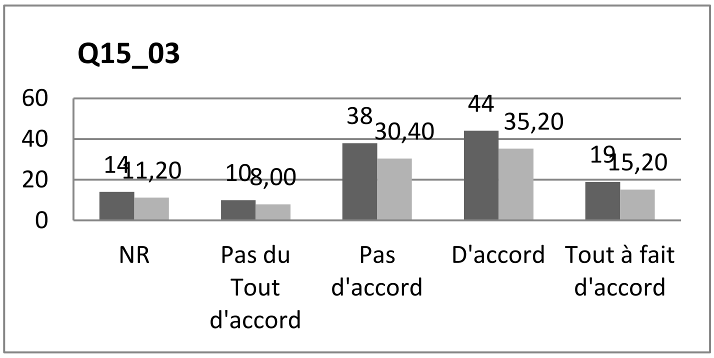


Figure 61: Q15_03, les sciences physiques sont des outils pour les mathématiques

Dans le test KHI2, nous avons, la valeur empirique très proche de la valeur théorique. C'est-à-dire : valeur empirique est de 31,70 et la valeur KHI2 (0,05 ; ddl21)=32,67. Les professeurs de mathématiques et les professeurs de mathématiques et physiques sont 28/111 à ne pas être d'accord sur ce point, contre 26/111 professeurs de mathématiques physiques et physiques.

Dans le croisement avec le niveau de classe tenue : ce sont les professeurs des classes de « 6ème et 5ème » que s'expriment les idées : c'est-à-dire : 20/111 pas d'accord et 26/ 111 d'accord. Et en classe « de 4ème 3ème », qui font 7 pas d'accord et 8 d'accord.

En quatrième question, les sciences physiques dépendent des mathématiques ils sont d'accord à 96/125 individus ;

En cinquième question, les mathématiques aident à comprendre les sciences physiques, ils sont d'accord à 106/125

En sixième question, les sciences physiques aident à comprendre les mathématiques, 62/125 individus. Si nous considérons les 38/125 individus qui sont-ils, nous optons à voir tout de suite en groupe d'individus selon la classe tenue. (ANNEXE 60) En classe de « 6ème 5ème » il y a 11 individus sur les 38 les autres répartis dans les 7 groupes.

En septième question, les enseignants d'une discipline doivent connaître le programme de l'autre discipline ; nous avons 101/125 d'accord. Soit 45/125 des professeurs de la classe de « 6ème 5ème ».

En neuvième question, les élèves ont plus de difficultés en mathématiques qu'en sciences physiques. Nous avons 65/125 enseignants dont 40 professeurs de classe de « 6ème 5ème ».

En dixième question, les élèves ont plus de difficultés en sciences physiques qu'en mathématiques : en cette question ils sont partagés en deux entre 63 et 52. Cela tend plus vers pas d'accord ;

En onzième question, la réussite en sciences physiques est liée au mathématique. On a 96/125 réponses d'accord.

Nous remarquons que les réponses ne dépendent pas des matières enseignées mais plutôt des classes. Nous constatons que les réponses tranchent chez les enseignants des classes de « 6ème 5ème »

3.4.3. Pour réussir les deux disciplines

La question Q3 s'énonce parmi les connaissances ci-dessous, quelles sont celles qui permettent de réussir en sciences physiques ?

- Connaître les formules
- Savoir raisonner
- Maîtriser les opérations de base
- Faire les liens entre le monde réel et la théorie

Tableau 62: Pour réussir en sciences physiques

	Pas du tout ’accord	Pas d’accord	D’accord	Parfaitement ’accord	Non éponses
Q3_01	6 4,8%	2 1,6%	55 44%	56 44,8%	6 4,8%
Q3_02	6 4,8%	5 4%	34 27,2%	74 59,2%	6 4,8%
Q3_03	5 4%	3 2,4%	38 30,4%	73 58,4%	6 4,8%
Q3_04	4 3,2%	4 3,2%	43 34,4%	78 54,4%	6 4,8%

En cette question les individus sont tous d’accord.

Les Q12 et Q13 demandent aux enseignants les 4 connaissances qu’un élève doit avoir au minimum pour réussir en mathématique et sciences physiques. Nous avons relevé 316 mots en sciences physiques (ANNEXE 48) et 346 mots en mathématiques (ANNEXE54). Nous nous fixons un critère pour ne retenir que les mots qui apparaissent plus de 7 fois.

Tableau 63: Mots spécifiques sciences physiques et mathématiques

Sciences physiques	Fréquences	Mathématiques	Fréquences
Formules	25	Raisonner	27
Raisonner	25	Opérations_ de_ base	26
Opérations de base	18	Observer	13
Expérimenter	15	Analyser	11
Conclure	15	Appliquer	9
Interpréter	14	Comprendre	9
Observer	12	Formules	9
Appliquer	9	Conclure	8
Comprendre	7	Faire_ lien_monde_ théorie	6
Faire_ lien_ monde _ théorie	7	Définitions	6
Appliquer_ formules	7		

Sur 11 mots en sciences physiques et 10 mots en mathématiques, nous trouvons 8 mots communs : formuler, raisonner, opérations de base, observer, comprendre, appliquer, conclure, faire lien monde théorie.

Ceux qui restent spécifique en sciences physique sont **expérimenter, interpréter, appliquer formules.**

Ceux qui restent spécifique en mathématiques sont : **analyser, définitions**.

Comment étaient utilisés ces mots en sciences physiques ?. Pour faciliter le travail, nous prenons par ordre alphabétique (ANNEXE 47). Dans le contexte, le mot « appliquer » se trouve en troisième connaissance, et même en quatrième de la liste, de même le mot « appliquer formules ». « Conclure » se trouve en quatrième position 13/15 d'utilisation. «Comprendre » est placé en premier ou deuxième position. « Expérimenter » se trouve en deuxième position dans 10/15 d'utilisation. « Formules » a une situation plus variée. « Faire_ lien_ monde_ théorie » se trouve strictement en quatrième position. « Interpréter » se trouve beaucoup plus en troisième place. « Observer » se trouve plus en première place, par contre en troisième ou quatrième place dans 5/13 utilisations. « Opérations _ de_ base »se trouve en première position sauf dans 7/26 utilisations. « Raisonner » a une situation très différente.

La place tenue par ces mots dans l'utilisation nous semble qu'ils sont presque tous, apparus dans un ordre assez logique selon les tâches à réaliser dans le domaine des disciplines scientifiques, du moins au collège.

Mais ces mots font-ils tous référence à des connaissances ? Au moment où nous avons posé les questions, il nous paraissait évident de mettre le mot « connaissance ». Pour préciser notre champ d'analyse, nous essayons de les catégoriser comme suit : connaissances de base pour les mots « formules, définitions, opérations_ de_ base » , connaissance dans le savoir-faire : « appliquer, faire_ lien_monde_théorie », connaissance expérimentale : « raisonner, interpréter, observer, expérimenter, analyser, conclure ». Comprendre pour nous n'est pas une connaissance : c'est une habilité, capacité.

Ces mots nous paraissent révélateurs de ce que les enseignants font de ces deux disciplines, ils utilisent presque les mêmes mots. Le mots « formule » qui prend la première place confirme ce que disent les élèves par rapport à l'enseignement des sciences physiques. Ils déclarent bien qu'en sciences physiques il faut connaître les formules.

Ces questions Q12 et Q13 sont très riches dans le traitement des données grâce à l'outil SPAD et EXCEL, nous n'avons pas tout exploité, surtout dans le domaine sémantique et linguistique. Nous pensons c'est encore un autre travail de traitement qui nous attends.

En Q17 les enseignants pouvaient faire des éventuels commentaires. Nous reprenons ce qu'ils disent sur l'articulation des deux disciplines.

- ✓ *Il fait faire la différence entre les deux disciplines (mathématiques et sciences physiques), mais aussi préciser la relation*
- ✓ *Les physiques doivent s'accompagner de mathématiques : exemple, mécanique, électricité, chimie ;*

- ✓ *Que les professeurs se concertent souvent, une éventuelle collaboration*
- ✓ *Les deux matières sont interdépendantes…*
- ✓ *La proportionnalité utile dans les autres matières ;*
- ✓ *Ces deux disciplines sont tout à fait indépendantes mais complémentaires*

3.4.4. En résumé sur l'articulation des deux disciplines et le transfert des connaissances

En général, ils sont tous d'accord pour faire le lien entre les deux disciplines et ils ont même souhaité, se rencontrer pour discuter les programmes. Ils sont d'accord que les mathématiques sont d'outils pour les sciences physiques. Pour confirmer le lien qu'ils mettent et même la non distinction entre les deux disciplines, ils utilisent les mêmes mots pour les deux. Ils annoncent pourtant qu'il faut faire la distinction. ANNEXE 48 et 54. Ils sont d'accord, mais nous trouvons un taux plus fort chez les enseignants de $5^{ème}$ $6^{ème}$. Est-ce que c'est parce qu'ils sont conscients que les élèves débutent au collège dans ces classes, ou est-ce qu'ils rencontrent effectivement des problèmes avec ces élèves.

3.5. Réponses aux exercices donnés aux enseignants

Nous supposons que la réponse des enseignants aux exercices que nous leur avons donnés est le reflet de ce qu'ils enseignent. En Q18 nous leur avons demandé de traiter deux exercices et de dire les erreurs que peuvent faire les élèves en traitant les mêmes exercices.

Tableau 64:Les réponses à cette question

	1	2	3	4	5
Q18A	100	99	85	86	88
	80%	79,2%	68%	68,8%	70,4%
Q18B	89	83	74	76	58
	71,2%	66,4%	59,2%	60,8%	46,4%

- ✓ Nous tenons à relever les remarques sur cette question ainsi que les dire des enseignants sur les erreurs des élèves. Les remarques étaient :
  - ✓ un professeur de physique 3°dit que « La troisième question, à partir du tableau, comme les points ne sont pas alignés, les mesures expérimentales ne sont pas exacts en sciences physiques » et il n'a pas traité les deux exercices
  - ✓ En général les professeurs de maths n'ont pas répondu au deuxième exercice

- ✓ Les points ne sont pas alignés peut-être à cause du matériel employé (non précis..). Dans ce graphique il faut considérer les nuages des points

Les erreurs des élèves qu'ils ont évoquées peuvent être classées en trois catégories : les erreurs liées à la notion de proportionnalité, des erreurs liées à l'enseignement apprentissage et des erreurs liées à l'intégration des acquis des élèves. Nous citons selon qu'ils les ont émis, sans réécrire les répétitions

- ✓ <u>Les erreurs liées à la notion de proportionnalité :</u>
  - ✓ *Inverser les coefficients*
  - ✓ *Après avoir vérifié que le tableau contient les mêmes données, ils peuvent directement dire que la masse et l'allongement sont proportionnels ;*
  - ✓ *En vérifiant 1,2/200 et 1,8/300 ont même quotient*
  - ✓ *Renverser le quotient*
  - ✓ *Regarder approximativement et tirer la conclusion que tous les points sont alignés.*
  - ✓ *En exercice deux, on a mis 2,5 et considère que les points suivant ne s'aligne pas avec les autres (les élèves sont habitués à trouver des choses classiques exemples, en exercice 1 , les nombres sont 1 – 1,5- 2 – 2,5 – 3 – 3,5*
  - ✓ *Correspondance entre le tableau et le graphique*
  - ✓ *Les points peuvent être alignés, mais ne passant pas par l'origine.*
  - ✓ *Trouver le coefficient de proportionnalité ;*
  - ✓ *Il pourra penser que l'allongement et la masse sont toujours proportionnels, sans regarder le graphique et sans calculer jusqu'au bout le coefficient*
  - ✓ *Liaison entre graphique et tableau*
  - ✓ *Proportionnalité entre longueur et périmètre (exemple inhabituel)*
  - ✓ *Ils choisissent les types d'exemples de proportionnalité.*
- ✓ <u>Les erreurs liées à l'enseignement apprentissage</u> :
  - ✓ *Echelle*
  - ✓ *Confusion pour la place des points en abscisse et ordonnées*
  - ✓ *La position des nombres décimaux sur les axes.*
  - ✓ *Traçage du graphique*
  - ✓ *Traçage de la courbe n'arrive pas jusqu'en O*
  - ✓ *Erreur sur le graphique*

- ✓ *Ne sait pas lier les abscisses et ordonnées.*
- ✓ *Précisions*
- ✓ *Utilisation des matériels< ;*
- ✓ *Utilisation de l'échelle*
- ✓ *Il pense qu'à chaque valeur sur les axes correspond un point*
- ✓ *Les élèves sont habitués au vocabulaire, « côté » pour un carré et non longueur.*
- ✓ *Ne pas savoir lire les coordonnées*

- <u>Erreurs liées à l'intégration des acquis.</u>
  - ✓ *Erreurs d'opérations*
  - ✓ *Faute de calcul, il ne constate pas la non proportionnalité (exercice 2)*
  - ✓ *L'oubli des formules.*
  - ✓ *Application numérique.*
  - ✓ *Sans maîtrise des puissances de 10, en calcul, les élèves pourraient connaître des difficultés, pour trouver les rapports des nombres à virgules*
  - ✓ *Faire des simplifications avec des termes nombres décimaux*

Tableau 65 :Dénombrement de certains mots essentiels pendant les entretiens et observations: autour de la proportionnalité

Notion	Nombre	Notion	Nombre
Relation	35	Tableau	106
Proportionnalité	189	Graphique	92
Multiplication	12	Opération	35
Division	28	Coefficient	39
Constant	8	Cohérence	2
Règle de trois	13	Formules	61
Situation de proportionnalité	11	Calcul	33
Raisonnement	21	Définition	4
Rapport	7		

3.5.1. Situation de proportionnalité périmètre et longueur du carré

Cet exercice nous le considérons comme exercice de mathématique car la « situation » que nous avons proposée se traite généralement en mathématiques.

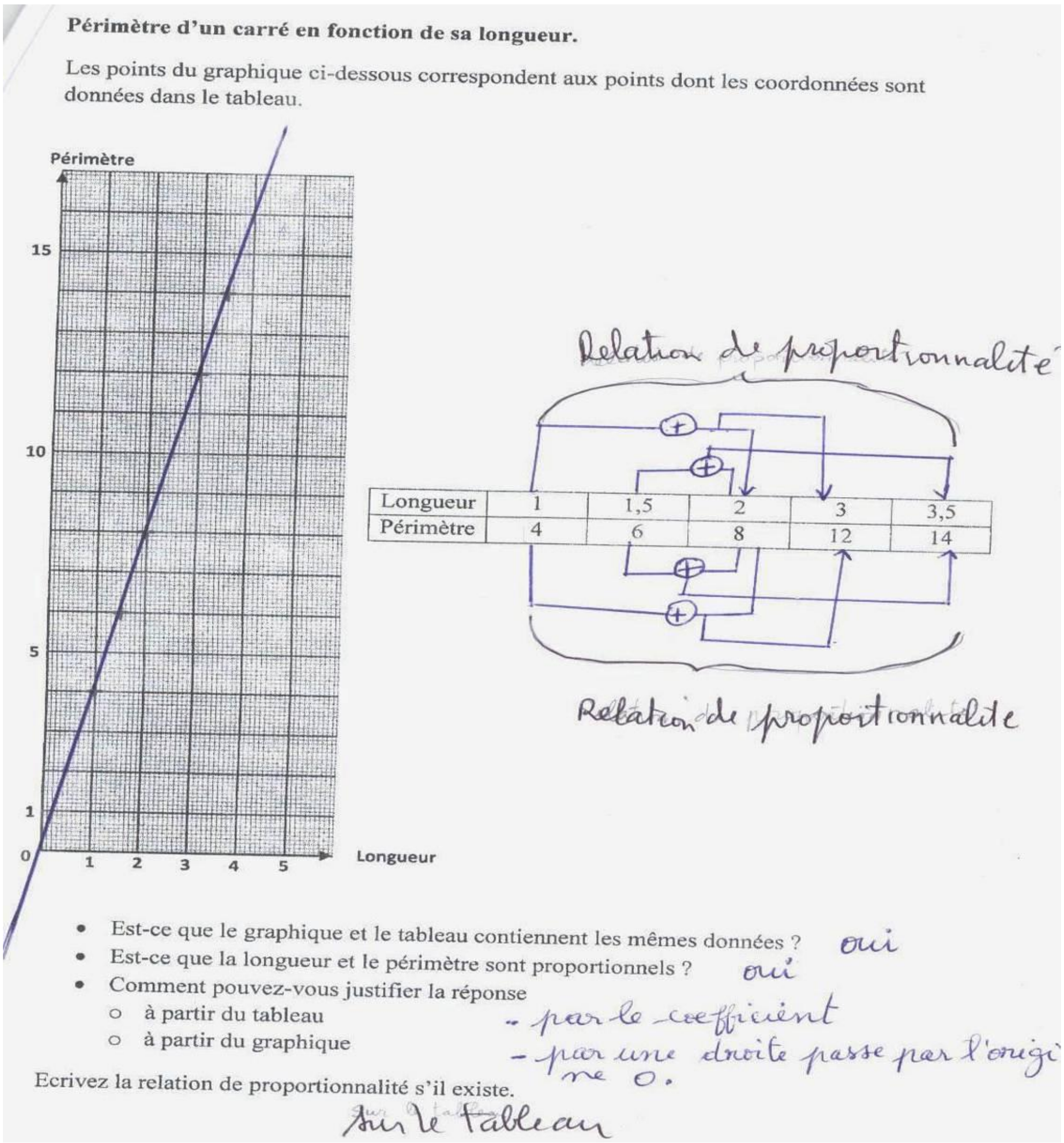
3.5.1.1. Les réponses des enseignants

Le premier exercice est une résolution d'une situation de proportionnalité, le périmètre du carré en fonction de sa longueur :

Longueur	1	1,5	2	3	3,5
Périmètre	4	6	8	12	14

- La première question : est-ce que le graphique et le tableau contiennent les mêmes données ? Nous avons 93 réponses justes, 7 fausses et 25 non répondants.
- La deuxième : est- ce que la longueur et le périmètre sont proportionnels ? Nous avons 93 réponses justes et 7 fausses, 25 non répondants.
- La troisième : comment pouvez-justifier la réponse ? Nous leur avons donné le choix : à partir du tableau, à partir du graphique. Il y a 87 individus qui ont répondu
    - **à partir du graphique**, 34 ont coché la réponse correspondant au graphique. Les autres ont donné un justificatif que nous citons ci-après : droite, points alignés, droite linéaire, droite passant par l'origine, alignés sur une droite, demi-droite, constant, application linéaire, amplitude, demi-droite passant par l'origine, situation de proportionnalité, 1 carreau pour 1 carreau.
    - Il y a 83 individus qui ont répondu **à partir du tableau**, 83 ont coché la réponse correspondant au tableau. Les autres ont donné comme réponse : 8/2- 4- 0 ;25 – coefficient, constant- ¼ - k=4 ; quotient.
- La dernière question était : écrivez la relation de proportionnalité s'il existe : les réponses sont : 34 non réponses, ¼, L=P/4, P/L= 4P/L= CONSTANT, F(L)= P, P= L/0,25- L/P= ¼- Y= 4x , P=4c, ¼= 1,5/6=2/8- longueur quadruple du périmètre, il existe une relation de proportionnalité, P=kL, règles de trois, coefficient =4

3.5.1.2. Le périmètre et la longueur du carré proportionnels



Périmètre d'un carré en fonction de sa longueur.

Les points du graphique ci-dessous correspondent aux points dont les coordonnées sont données dans le tableau.

Longueur	1	1,5	2	3	3,5
Périmètre	4	6	8	12	14

- Est-ce que le graphique et le tableau contiennent les mêmes données ? oui
- Est-ce que la longueur et le périmètre sont proportionnels ? oui
- Comment pouvez-vous justifier la réponse
  - à partir du tableau - par le coefficient
  - à partir du graphique - par une droite passe par l'origine 0.

Ecrivez la relation de proportionnalité s'il existe.

Sur le tableau

Figure 62: Réponse d'un enseignant

Par cet exercice l'enseignant, pour résoudre la situation il a utilisé la linéarité par addition. Il n'a pas donné le coefficient bien qu'il l'ait annoncé concernant le tableau. Par le graphique la réponse, « par une droite passant par l'origine » nous semble insuffisante. Insuffisante parce que, la situation de proportionnalité ne se vérifie pas par la droite, mais par les points qui forme la droite. Ce sont les couples de points qu'il faut chercher leur correspondance. Et ensuite, relier ces points à l'origine.

En général, les réponses que les enseignant sont données ne répondent pas strictement à la situation de la proportionnalité. Dans le cahier de l'élève que nous avons mis en figure

22, il est dit concernant la représentation graphique : « si on représente un tableau de proportionnalité par un graphique, tous les points du graphique sont alignés à l'origine ».

Ce premier problème nous paraît plus facile à répondre, car c'est une « situation » connue presque par tout le groupe. Un enseignant a remarqué que le tableau n'avait pas d'unité de mesure pour le périmètre et longueur. Un autre a souligné qu'on ne dit pas longueur dans le carré, mais plutôt côté.

3.5.2. Situation de proportionnalité l'allongement du ressort et la masse

3.5.2.1. La réponse des enseignants pour ce deuxième exercice

Le deuxième exercice : les points du graphique ci-dessous correspondent aux points dont les coordonnées sont données dans le tableau. La masse et l'allongement du ressort.

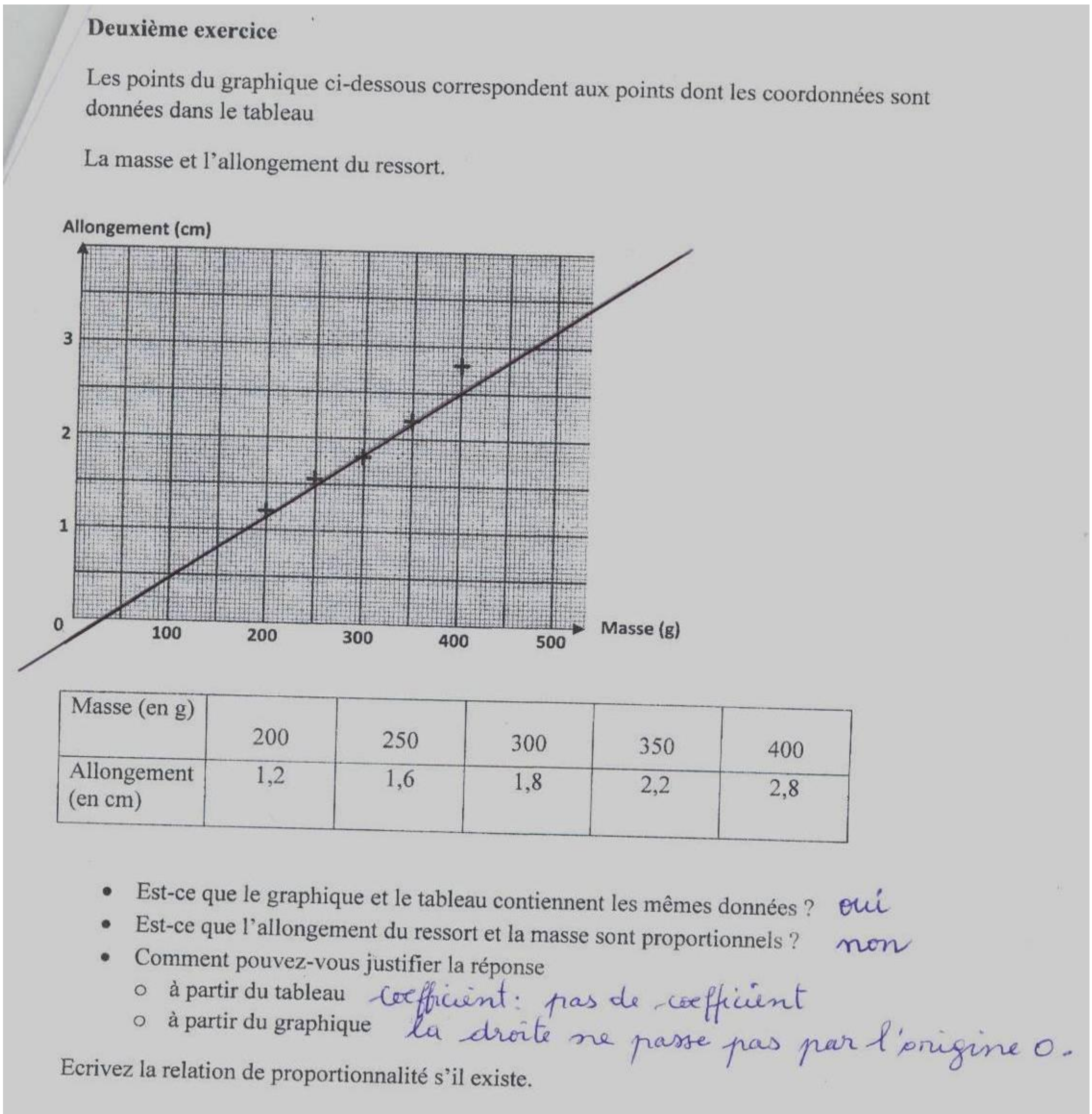
Masse (eng)	200	250	300	350	400
Allongement	1,2	1,6	1,8	2,2	2,8

- La première question : est-ce que le graphique et le tableau contiennent les mêmes données ? Les réponses que les enseignants ont données sont les suivantes : 30 non réponses, 67 réponse positive, 28 réponse négative ;
- Est-ce que l'allongement du ressort et la masse sont proportionnels ?: 19 réponse positive, 72 réponse négative,
- **Justification : à partir du tableau** : 56 non réponse,
  - **Négative** : pas constant, pas de coefficient, ne correspondent pas, il y a des points qui n'existent pas, rapport différent, coefficient pas exact, coefficient différent, pas de rapport constant.
  - **Positive** : 166,6- constant, coefficient, proportionnalité de la masse et de l'allongement.
- **Justification : à partir du graphique :** 72 non réponses
  - **Négative :** pas une application linéaire, **points non alignés (10**), pas de droite, pas de même amplitude, pas alignés, certains points ne sont pas alignés, **pas alignés en O (9)** , ne passe pas, ligne brisée, interprétation, point n'appartient pas à la même droite, courbe, droite ne passant par O, demi-droite, apparemment constant.
  - **Positive :** droite passe par O, points alignés, droite
- Ecrivez la relation de proportionnalité s'il existe :

- **Positive** : 0,01- DL= $6x10^{-3}$ – coefficient = 0,006, M= kx**, DL= 6m professeur de 3ème, k= 166,6, les croix s'alignent.**
- **Négative :** pas de relation, erreur de mesure (**professeur de 6ème 5ème**), pas de situation de proportionnalité, pas de relation mais on peut dire DL=kXm (**professeur de mathématique 3ème),** erreur d'incertitude 200/1,2 plus ou moins égale, 100g correspond à 1 cm mais 300g ne correspond pas à 3 cm, 0,006#0,0064 (professeur de mathématique), pas de constant, pas de coefficient.

3.5.2.2. L'allongement du ressort et la masse sont proportionnels

La première remarque que nous faisons à propos de ce deuxième exercice est que : pendant la correction des exercices, plusieurs enseignants avaient du mal à y répondre. Cela est affirmé par les résultats recueillis. Par rapport à la première question, est-ce que le graphique et le tableau contiennent les mêmes données, il y a plus de réponse négative c'est-à-dire 28 s'ils n'étaient que 7 en premier exercice. Cette première question ne nécessite que comparaison de graphique et tableau. Les enseignants semblent perturbés par le fait que les points ne sont pas alignés et ont tout de suite répondu non suite à une simple lecture de graphique et tableau. Si nous considérons les non réponses comme non maîtrise, nous avons 58 individus soit 46,4 %. A la deuxième question, nous trouvons encore beaucoup plus de réponses négatives : 72 réponses négatives. La première interprétation que nous donnons, c'est un problème de sciences physiques que les enseignants traitent en mathématiques. Ils ne font pas de différence entre une situation de proportionnalité en sciences physiques et en mathématiques.



Deuxième exercice

Les points du graphique ci-dessous correspondent aux points dont les coordonnées sont données dans le tableau

La masse et l'allongement du ressort.

Masse (en g)	200	250	300	350	400
Allongement (en cm)	1,2	1,6	1,8	2,2	2,8

- Est-ce que le graphique et le tableau contiennent les mêmes données ? oui
- Est-ce que l'allongement du ressort et la masse sont proportionnels ? non
- Comment pouvez-vous justifier la réponse
  - à partir du tableau coefficient : pas de coefficient
  - à partir du graphique la droite ne passe pas par l'origine O.

Ecrivez la relation de proportionnalité s'il existe.

Figure 63: Proportionnalité, allongement du ressort et masse, réponse d'un enseignant

Un seul individu a signalé la question d'incertitude de mesure. Le professeur de mathématique se base sur la formule Dl= km et dit en même temps il n'y a pas de proportionnalité. Il nous semble que la formule en sciences physiques est plus importante pour l'enseignant. Pourtant il n'ose pas dire qu'il y a proportionnalité. Nous estimons que la surdétermination des mathématiques sur les sciences physiques remporte. Nous supposons que la formation des enseignants y est pour quelque chose. L'environnement expérimental n'est pas tenu en compte dans l'enseignement des sciences physiques. Nous nous posons la question sur la différence que fait l'enseignant entre enseigner les mathématiques et les sciences physiques. Qu'est-ce qu'il en fait de l'enseignement des sciences physiques qui est le passage des faits à la loi ?

3.5.3. En résumé, ce que nous pouvons dire sur les exercices donnés aux enseignants

Notre première remarque, le problème que nous leur avons passé est un problème de sciences physiques bien que nous ne l'ayons pas marqué. Dans leurs réponses, nous avons constaté qu'ils traitent la situation de proportionnalité en sciences physiques comme en mathématiques. Ils donnent comme justification de la non proportionnalité : « pas de constant », coefficient non précis, coefficient différent », et concernant le graphique : « pas de droite, erreur de mesure, pas alignés en O », « 0,006#0,0064 ». Nous relevons aussi une autre réponse qui n'est pas tout à fait rigoureuse, ils confondent « droite et points alignés ».

Nous notons que l'environnement expérimental n'est pas pris en compte (considérer des valeurs numériques strictes). Personne n'a énoncé, ni tracé, les nuages de points qui peut apparaître dans l'illustration des phénomènes physiques. Un seul a énoncé dans les remarques en éventuels du Q17 (professeur de physique de 29 ans de service dans ses réponses il n'a rien mis. Seulement il a remarqué que *« en mathématiques, il faut avoir des résultats exacts, mais en sciences physiques, des résultats dus à des erreurs d'appareils de mesure pendant l'expérience ; mais on admet que c'est une situation de proportionnalité, cas de l'exercice* 2 ». Ce qui est très insuffisant pour nous, sur 125 enseignants et 33 professeurs de mathématiques sciences physiques et 36 professeurs de physiques qui font 69 professeurs de sciences physiques. Ils infèrent les difficultés des élèves au non maîtrise des opérations. Oui, il en est une, mais le non compréhension est plus pertinent.

3.6. Ce que les enseignants rapportent dans les entretiens

Nous avons orienté nos entretiens sur les domaines suivants :

- ce que les enseignants pensent de la proportionnalité en enseignement des mathématiques et sciences physiques, ce qu'ils utilisent pour faciliter la compréhension de l'élève.
- ce qu'ils font pour introduire la notion de la proportionnalité en mathématiques et sciences physiques, quelle place pour chaque registre.
- comment ils font la relation entre les mathématiques et les sciences physiques
- ce que pensent les élèves sur la relation entre l'apprentissage des mathématiques et des sciences physiques ;
- tenir compte des cadres de référence
- rapport au savoir de l'enseignant et de l'élève

3.6.1. Réflexion sur ce que les enseignants disent de la proportionnalité

Dans nos entretiens avec les enseignants, il nous semble qu'ils ont des difficultés par rapport à la notion de proportionnalité. Les réponses à l'exercice nous le confirment. Ils pensent que c'est une notion difficile pour les élèves pourtant c'est quelque chose de lié à la vie quotidienne. En mathématique, ils utilisent surtout le tableau de proportionnalité, exemple en $6^{ème,}$ ils n'apprennent pas le graphique. Le graphique est utilisé en $6^{ème}$ dans les changements de température et les autres phénomènes physiques des états de la matière. Le graphique en rapport à la situation de proportionnalité est initié en classe de $5^{ème}$ avec le repère orthonormé.

En physique, expliquent-ils, il n'y a pas de chapitre qui aurait besoin de l'utilisation de graphique. Les formules suffisent en sciences physiques pour les résolutions des problèmes sur la masse volumique. Ils confirment aussi qu'il ne trouvent pas de manuels qui traitent du graphique en physique sauf pour la loi d'Ohm qui est un chapitre vu en classe troisième à Madagascar. A partir des observations nous avons constaté que les enseignants de physiques utilisaient le tableau de proportionnalité pour pouvoir calculer le quotient ou coefficient de proportionnalité qui est la masse volumique d'un objet.

Concernant la notion de proportionnalité, en effet, le programme scolaire n'insiste pas sur le graphique en classe de $6^{ème}$, il conseille surtout la résolution des situations de proportionnalité utilisant le tableau pour trouver le coefficient de proportionnalité. C'est pourquoi que les professeurs de physiques qui ont besoin des graphiques en $6^{ème}$ dans la transformation d'un corps initient les élèves en graphique à partir des droites graduées et des nombres négatifs. Concernant toujours du programme officiel, il est indiqué dans le programme de la classe de $5^{ème}$ en physique sur la masse volumique " « ***Définir la masse volumique d'une substance, dresser un tableau et en déduire la masse volumique du liquide, En utilisant la proportionnalité vue en mathématiques, on fera calculer la masse et le volume à partir de la relation m/v= ρ*** »

En conclusion de cette réflexion, les enseignants infèrent les difficultés des élèves en notion de proportionnalité dans la non maîtrise des opérations surtout de la division et des nombres décimaux et l'utilisation de la puissance de 10. Nous supposons que les difficultés résident dans la compréhension du concept de la proportionnalité et pour certains enseignants et pour les élèves. Pour les élèves la langue d'enseignement est aussi un blocage dans la compréhension.

3.6.2. Sur leur pratique autour de la proportionnalité

Quant à leur pratique sur la notion de la proportionnalité, beaucoup d'enseignants résolvent les situations problèmes de même manière en mathématiques qu'en sciences physiques. Cela est confirmé par leurs réponses aux exercices que nous leur avons donnés. Et comme ils utilisent plus les formules en sciences physiques, c'est la méthode de la règle de trois qui est usitée. En outre, nous soulignons un commentaire éventuel du n°87, un professeur de physique, que nous leur avons demandé en Q17 « ***Certes la règle de trois est le commencement de la proportionnalité, mais il ne faut plus au collège, la proportionnalité est plus pratique et rapide. Conseil aux professeurs d'histoire –géographie qui utilisent encore la règle de trois, on devrait appliquer la proportionnalité qui aboutit au calcul de fréquence et pourcentage*** ». Un autre énonce, « ***l'essentiel c'est de savoir traduire l'énoncé en graphique »,*** parlant de l'utilisation du graphique, pas précis en mathématiques ou en sciences physiques.

3.6.3. Synthèse des entretiens avec les enseignants

Dans nos entretiens nous découvrons que la proportionnalité est mal connu des enseignants, surtout des enseignants de sciences physiques. Ils n'utilisent pas le graphique en sciences physiques, ils disent que les formules suffisent, ce qui veut dire l'utilisation de la règle de trois.

3.7. Analyse des observations

L'objectif de nos observations directes était de voir comment la notion de la proportionnalité avec les registres sémiotiques afférents étaient introduits. D'un autre côté, la manière dont l'élève fait correspondre le tableau et le graphique nous intéresse. Et comment il fait les liens entre les disciplines ?

3.7.1. Les vidéos filmées

Nous rappelons que nous avons filmé en vidéo, en classe de CM I comment la notion de proportionnalité est introduit en CM. Nous avons filmé pour avoir beaucoup d'informations, surtout, sur ce qui s'écrit au tableau. Nous avons observé comment l'enseignant mettait en correspondance le tableau et le graphique. (ANNEXE 9). Nous avons vu qu'il avait eu un peu du mal dans la construction des axes, nous l'avons guidé pour que l'introduction de la notion du graphique en CM I soit bien.

En reprenant la vidéo filmée de la séance de classe mathématiques en 5ème, l'enseignant a surtout précisé la reconnaissance d'une situation de proportionnalité par le coefficient de proportionnalité (transcription en ANNEXE 8). Par contre, la séance observée de la classe de 6ème précise les différents mots-clés de la notion de proportionnalité : situation de proportionnalité, grandeurs, coefficient de proportionnalité, fonction, linéarité, graphique. La notion de proportionnalité était transmise étape par étape. Nous remarquons que le professeur de la 6ème était un débutant

Nous avons observé aussi une séance de sciences physiques en classe de 5ème, l'introduction de la notion de masse volumique. Jusqu'à la fin de la séance, une séance de deux heures, le professeur n'est pas passé du tableau de la situation de proportionnalité au graphique. Il s'est arrêté au tableau de proportionnalité, et a insisté sur le coefficient de proportionnalité (transcription ANNEXE 10).

En résumé de ces observations, en sciences physiques comme en mathématiques, les enseignants que nous avons vu, résolvaient de la même méthode les situations de proportionnalité qui consistait surtout à trouver les coefficients de proportionnalité. et du côté sens physique de la matière nous relevons les propos du professeur de sciences physiques « ***ce que nous avons trouvé donc c'est constant, la valeur de M/V ne change pas partout pour un objet déterminé, pour chaque morceau, c'est « lanja isam-betin-kadiry*** » (traduction= masse volumique) .ANNEXE 10 MA48. Nous continuons ses propos, comment il fait l'articulation des deux disciplines : « *Si nous regardons cela, nous trouvons quelque chose comme cela en mathématiques. Cela rappelle quoi en mathématiques*? » Les élèves répondent « *mampahatsiaro ny tableau de proportionnalité* » du malgache avec le français , le professeur a posé la question en malgache, les élèves ne connaissent pas le mot malgache qui veut dire « tableau de proportionnalité ».

3.7.2. Observation d'une séance de classe de mathématique de 6ème directe

Cette observation est décrite, plus haut, au chapitre 3, paragraphe 312. Nous soulignons, la séance était bien conduite étape par étape. En une séance de deux heures, l'enseignant a expliqué les éléments de base de la notion de proportionnalité.

Il commence par la définition de « grandeur », enchaîne avec ce que c'est « des grandeurs proportionnelles ». Il continue la recherche du coefficient de la proportionnalité par le rapprochement à la valeur de l'unité. Il poursuit par le tableau de la proportionnalité, en utilisant la linéarité. La fonction était dans sa fiche mais il n'a pas fini parce que sa méthode était active et participative, avec un groupe classe de 50 élèves.

Nous estimons qu'avec cette méthode, la notion de proportionnalité est bien initiée en classe de 6ème

3.7.3. Récapitulatif des observations

En résumé, nous énonçons que la notion de proportionnalité est introduite en CM par les méthodes et techniques opératoires la linéarité (addition, multiplication utilisant le double, triple quadruple) sans se préoccuper du coefficient de la proportionnalité. L'objet est de faire découvrir aux élèves le rapport des nombres. De même concernant le graphique en CM c'est juste une notion pour faire correspondre le tableau et le graphique. Cette méthode était plus approfondie en 6ème avec tous les éléments de base autour de la proportionnalité : grandeur, grandeur proportionnelle, coefficient, situation de proportionnalité, et démarche étape par étape. En 5ème le calcul du coefficient est proposé par divers méthodes : par la « méthode analytique », le produit en croix et le 4ème proportionnel.

3.7.4. Les cahiers des élèves ANNEXE 18-22

Dans notre étude nous nous sommes intéressée aux cahiers des élèves car à Madagascar ce sont les principaux outils de classe et de maison pour les élèves et même pour les enseignants.

En général, à Madagascar, les élèves ont au moins deux types de cahiers : un cahier d'exercices et un cahier de leçons. Les échantillons de cahiers que nous avons eus relèvent du milieu urbain et rural.

3.7.4.1. Fonctions des cahiers

- Les cahiers de leçons : c'est un outil de conservation des traces de ce que les élèves font en classe. C'est surtout, un matériel de synthèse, de résumé, pour avoir quelques choses pour la mémorisation. C'est primordial pour Madagascar, dans l'enseignement primaire comme dans l'enseignement secondaire. Il est très rare d'avoir un manuel scolaire que l'élève puisse apporter à la maison pour son travail personnel.
- Les cahiers d'exercices : c'est l'outil de travail quotidien, en même temps de conservation de traces, car c'est la mémoire pour les examens. Il est très habituel que l'enseignant ou le professeur reprennent des types d'exercices que les élèves ont déjà vus.

3.7.4.2. Trace écrite concernant notre étude

Le cahier de CM2 a retenu notre intention car nous n'avons pas eu l'occasion de faire une observation de classe au moment où l'enseignant avait transmis la notion de proportionnalité. Le cahier de leçons était plus important pour nous, car, nous supposons que l'enseignant utilisait souvent le manuel pour les exercices.

La notion de proportionnalité est abordée par le tableau utilisant la méthode de résolution par linéarité ou analogique SOKONA (1986). Il applique les opérateurs additif et multiplicatif. Le graphique est tout de suite en correspondance avec le tableau comme exemple de résolution de la situation de proportionnalité. ANNEXE 18, (cahier de l'élève) il est écrit

« On peut résoudre une situation de proportionnalité par un tableau, une règle de trois, un graphique. Une situation de proportionnalité se traduit dans un graphique par une droite passant par l'origine »

Le cahier de leçon de mathématiques de la classe de 5ème est ce que nous retrouvons dans le manuel CIAM. Il prend des exemples de situation de proportionnalité : vitesse horaire, échelle, pourcentage, représentée par des tableaux. Pour introduire le graphique sur la proportionnalité, il passe par le repère orthonormé d'abord et ensuite, fait la correspondance du tableau au graphique.

« Ce tableau traduit une situation de proportionnalité car le coefficient de proportionnalité qui permet de passer de la 1ère ligne à la 2ème ligne est 2000. (C'est le prix du kilo de pommes). »

Poids en kg	0,5	1,5	2,5	4
Prix en fmg	1000	3000	5000	8000

Il continue : *« Si on représente un tableau de proportionnalité par un graphique, tous les points du graphique sont alignés avec l'origine ».*

La page de cahier ci-après explique leurs différentes méthodes pour résoudre une situation de proportionnalité par le tableau : suite à l'ANNEXE 19

- ✓ *1ère méthode : en utilisant le coefficient de proportionnalité, en passant par la valeur de l'unité ;*
- ✓ *2ème méthode : en additionnant si possible 2 « colonnes » du tableau*
- ✓ *3ème méthode : en multipliant si possible une « colonne » par un même nombre*
- ✓ *4ème méthode en utilisant le 4ème proportionnelle, le produit en croix*

Par contre nous n'avons pas pu avoir des cahiers d'exercices de mathématiques parmi les cahiers des élèves qui ont traité les exercices que nous avons donnés.

3.8. Les élèves et la proportionnalité

Premier contact avec les élèves nous avons demandé aux élèves ce qu'ils pensent de la proportionnalité :

3.8.1. Ce qu'ils pensent de la proportionnalité

Nous avons réparti en catégorie les mots que les élèves mettent sur proportionnalité

Catégorie 1 : L**es mots qui ont lien aux opérations** division, fraction, multiplication, répartition de nombres, partages des nombres, proportionnel, nombre égal, coefficient,

Catégorie 2 : L**es mots relatifs à la définition de la proportionnalité** : même coefficient, chose commune, rapport, tableau, unités, comparaison, quotient, grandeur proportionnel, comparer, grandeur des nombres, même unité, égalité, équilibre, correspondance, relation, équivalence, raisonnement, ordre, ressemblance,

Catégorie 3 : **Les mots relatifs à l'action: partager**, égaliser, division d'une partie, division égale, diviser, répartir, fractionner, ranger, savoir déterminer, multiplier,

Catégorie 4 : **Les mots relatifs à une situation proportionnelle** : facteur, répartition, partage égale, départ, durée, arrivée, débit, masse, échelle, même somme, produits, chiffres, donne des exemples, augmentation, diminution, ensembles de chiffres, règle à suivre, mathématique, une partie de quelque chose, termes, loi de l'égalité, même poids, une partie, alignés, pourcentage, échantillon,

Nous avons catégorisé ces mots, nous n'avons pas priorisé avec un rangement aléatoire. Nous pensons résumer comme suit : la proportionnalité est le rapport, la relation, l'équivalence, l'équilibre. C'est le calcul, les opérations. La proportionnalité représente l'égalité de quelque chose. C'est aussi faire des opérations comme diviser, multiplier. Le mot qui n'est pas apparu est le mot graphique.

3.8.2. Questionnaires et exercices

La situation problème que nous avons donné aux élèves est le même que ce que nous avons donné aux enseignants. Nous prenons questions par questions ANNEXE 68

3.8.2.1. A la première question : Le tableau représente-il une situation de proportionnalité ? Justifiez votre réponse.

Sur 298 élèves, 31 ont répondu oui, mais beaucoup n'ont pas donné la justification. Nous a avons eu certaines justifications, avec exemple 0,006- ou– 0,006- 0,0064 ; d'autres réponses : coefficient pareil sans chiffre. 1ère ligne et 2ème ligne, coefficient 240, il y a coefficient, même quotient 0,006, même réponse.

A cette première question, nous pensons que les difficultés étaient dans les opérations, les questions devaient se poser : on divise ou on multiplie quoi par quoi. Certains enseignants ont souligné dans la Q18 à laquelle ils devaient présenter les erreurs que peuvent commettre les élèves en traitant cet exercice : erreurs d'opérations, faute de calcul, il ne constate pas la non proportionnalité, sans maîtrise des puissances de 10 en calcul les élèves pourraient avoir des difficultés pour trouver le rapport avec les nombres avec virgules, renverser le coefficient de proportionnalité, en vérifiant 1,2/200 et 1,8/300 on même quotient et diront tout de suite que c'est proportionnel.

Ces réponses des enseignants sont confirmées dans les travaux des élèves. Nous avons rencontré deux ou trois feuilles qui ont répondu « oui » à cette question, avec une justification soit 0,006 soit 16,6 ou 166,6, comme la feuille suivante. Mais en regardant leur feuille, nous voyons une rature, il a remplacé le oui par un non. Cela laisse entendre qu'après avoir tracé le graphique, il n'a pas trouvé les points alignés à l'origine et a déduit que le tableau non plus ne représente pas une proportionnalité.

Ceux qui ont répondu, le tableau ne représente pas de situation de proportionnalité, ils ont donné comme justification : pas de coefficient, coefficient différent, (166- 156,25-166,66- 159,09- 142,85) , coefficient pas constant, division pas égaux, division avec reste, nombre ne correspondent pas, 2ème terme n'est pas obtenu.

1. Les élèves de la classe de 5° font une expérience qui recherche la correspondance de la masse d'un objet et l'allongement du ressort d'un dynamomètre.

Compléter le tableau :

Masse (en g)	200	250	300	350	400
Allongement en cm	1,2	1,6	1,8	2,2	2,8

2. Le tableau représente-il une situation de proportionnalité ?

se tableau represente une situation de proportionnalité

NON

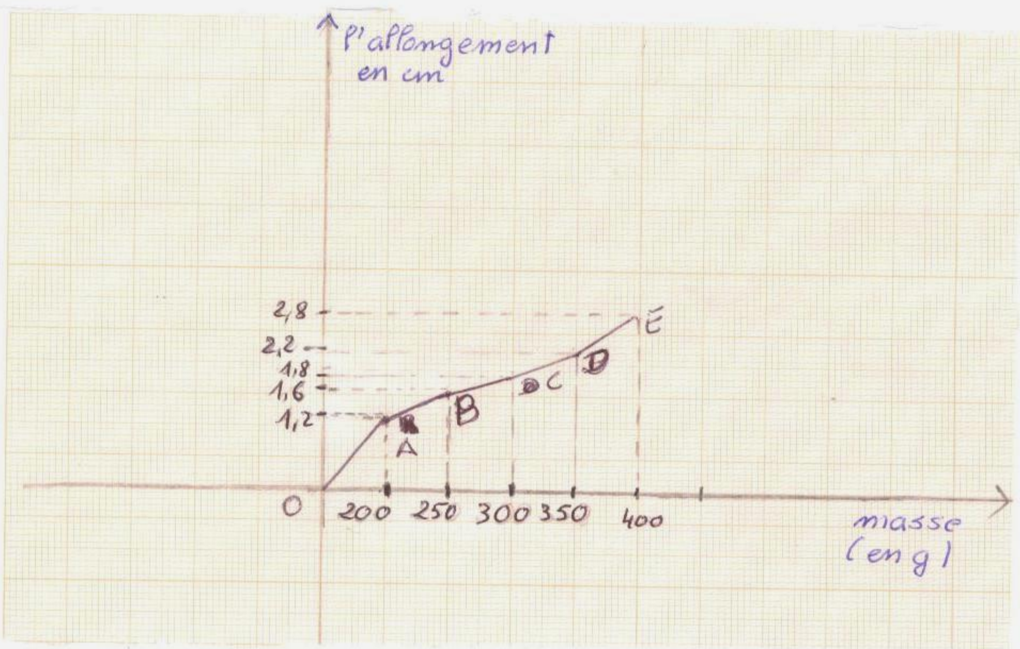
3. Justifier votre réponse :

la coefition protortionnel qui permet de passe la 1ère ligne à la 2e ligne

4. Représenter graphiquement dans un repère, la masse (en g) sur l'axe des abscisses, et l'allongement du ressort sur l'axe des ordonnées.

Le point A représente la première colonne du tableau.

Placer les autres points B,C,D ;E représentant les autres colonnes du tableau.



5. Que constatez- vous pour les points O, A, B, C, D, et E ? (O est l'origine du repère)

les points O, A, B, C, D et E ne sont pas parallèle à l'axe de l'abscisses

6. Conclusion ?

Il ne traduit pas parce que ses point ne sont pas tousse de même origine c'est à c'est l'origine de A, B, C ... les autres point sont pas d'origine

Figure 64: Traces de la résolution de l'exercice par l'élève 1

3.8.2.2. La question : représenter graphiquement

Nous allons faire l’analyse globale des réponses des élèves ensuite nous allons prendre deux feuilles. Une dont le graphique est bien tracé, et un autre où il a du mal à le cosntruire.

Nous avons différentes réponses : les points ne représentent pas, courbe pas droite, pas alignés, points pas alignés, ne sont pas même origine, droites non alignés, différent origine, graphique non pas parallèle. 10 élèves sur 200 qui ont répondu « les points ne sont pas situés sur la droite passant par l’origine ». La liste n’est pas exhaustive.

Soulignons certaines erreurs : Courbe pas droite, ou pas droite : là nous supposons une confusion de vocabulaire en mathématique, la « droite » en mathématique n’a pas le même sens que « aligné ». En malgache dans la langue naturelle, « droite et aligné » signifient la même chose. Il y a conflit entre cadre familier et cadre rationnel scientifique LEROUGE (2000). Et si l’enseignant dans son rapport au savoir, ne tient pas compte du rapport au savoir de l’élève, oublie, ou n’insiste pas sur cette différence en mathématique induit l’élève à l’erreur (contrat didactique) BROUSSEAU (1980).

Dans le traçage du graphique, c’est dans l’échelle qu’il se trompe. De 0 à 200 il ya 200g, et de 200 à 250 il y a 50g, c’est ce qui fait tromper plusieurs élèves, la même chose pour l’allongement, ils ont pris la même distance 0 à 1,2cm comme de 1,2 à 1,6cm. Nous supposons que la notion d’échelle n’est pas maîtrisée. L’échelle est parmi l’élément significatif du graphique. DUVAL (1993).

L’allongement du ressort n’est pas dans le programme officiel des sciences physiques classe de 5ème. Nous pensons que les élèves ne se demandent pas si c’est un exercice de sciences physiques ou mathématiques, bien que dans l’énoncé est écrit, « les élèves de la 5ème font une expérience ». Ce qui peut influencer, il nous semble, c’est l’heure ou le professeur pendant lequel il traite l’exercice, car il y en avait qui ont traité pendant les sciences physiques, d’autres pendant les mathématiques

1. Les élèves de la classe de 5° font une expérience qui recherche la correspondance de la masse d'un objet et l'allongement du ressort d'un dynamomètre.

Compléter le tableau :

Masse (en g)	200	250	300	350	400
Allongement en cm	1,2	1,6	1,8	2,2	2,8

2. Le tableau représente-il une situation de proportionnalité ?

.........Non, le tableau ne représente pas une situation de proportionnalité.....

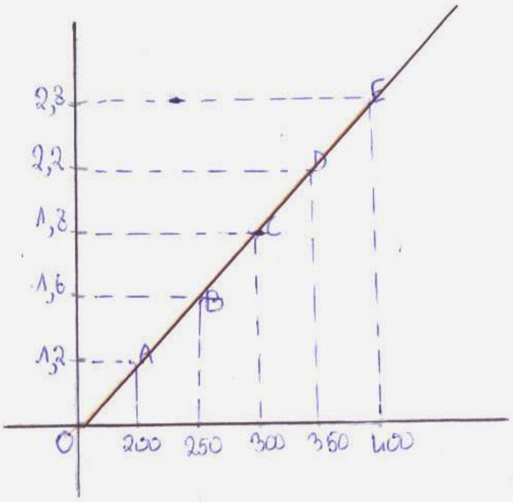
3. Justifier votre réponse :

Il ne représente pas une situation de proportionnalité car en divisant la masse par l'allongement, ils ne donnent pas le même résultat.........

4. Représenter graphiquement dans un repère, la masse (en g) sur l'axe des abscisses, et l'allongement du ressort sur l'axe des ordonnées.

Le point A représente la première colonne du tableau.

Placer les autres points B,C,D ;E représentant les autres colonnes du tableau.



5. Que constatez- vous pour les points O, A, B, C, D, et E ? (O est l'origine du repère)

Je constate que les points O, A, B, C, D et E sont ~~parallèles~~ alignés

...

6. Conclusion ?

Les points O, A, B, C, D et E peuvent former une droite car ils sont alignés mais ils ne se coupent pas en leur milieu si on donne une forme à ces points O, A, B, C, D et E.................................

Figure 65: Traces de la résolution de l'exercice par l'élève 2

Une autre remarque, beaucoup prennent l'origine du repère comme origine des points. Ils mettent comme justification, les points n'ont pas même origine.

3.8.2.3. *Ce que nous retirons des exercices des élèves*

Après cette analyse, nous constatons que les difficultés des élèves ne résident pas seulement dans les opérations, mais surtout dans la non compréhension de la proportionnalité et de ses éléments significatifs. Pour le tableau, le calcul du coefficient de la proportionnalité est entre ce qu'il faut diviser ou multiplier. Certains enseignants ont mentionné le lien entre le tableau et le graphique, mais à ce que nous avons vu, les élèves savaient faire le lien, c'est plutôt la notion de construction du graphique en prenant l'échelle qui est difficile. Il y a bien des élèves qui ont tracé le graphique sans relier les points à l'origine.

3.8.3. Entretiens avec les élèves

3.8.3.1. *Lien entre les disciplines mathématiques et sciences physiques*

Les élèves soulignent comme lien entre les deux disciplines les différentes opérations : fractions, tables de multiplications, entier naturel, les nombres décimaux, les sommes algébriques et les signes, les puissances 10, les PPMC et les PGDC. En géométrie ils stipulent les figures géométriques, les surfaces planes, les formules, les volumes. Le montage électrique, la tension, le courant continu sont aussi cités. Les formules mathématiques sont à appliquer en sciences physiques. Ce sont surtout les formules qu'ils ont de pareil

3.8.3.2. *Utilité des deux disciplines*

Ces deux disciplines sont considérées par les élèves comme quelque chose qui leur développent l'esprit, qui sont utiles dans la vie quotidienne : compter, mesurer Ce sont des disciplines qui leur permettent de ne pas être trompés par les gens. Ce sont aussi des disciplines qu'ils auront besoins dans leurs études plus tard. Ces deux disciplines leur apprennent à réfléchir, car ils doivent faire travailler leur intelligence. Il faut connaître les mathématiques, car cela facilite les sciences physiques

3.8.3.3. *Pourquoi ces disciplines sont elles faciles ?*

Certains élèves disent que les mathématiques sont faciles car il n'y a pas beaucoup de leçons à apprendre, il suffit d'écouter et de comprendre. Ils disent aussi que les mathématiques sont faciles car il n'y a pas à apprendre par cœur.

3.8.3.4. Pourquoi ces disciplines sont elle difficiles ?

Ces deux disciplines sont difficiles car il faut utiliser les matières grises. Ils sont aussi difficiles car ce sont des leçons qu'il faut approfondir En sciences physiques, les petits problèmes sont difficiles à résoudre. Les sciences physiques sont difficiles car il y a beaucoup de leçons. Il faut apprendre par cœur

3.8.4. Contexte de l'analyse de l'interaction des deux élèves

Une question qui nous préoccupait toujours, après nos cours en Master sur les sciences cognitives en éducation, comment faire dire par l'élève ce qu'il pense, « sa représentation » des connaissances dans les situations enseignements apprentissages. Faire prendre conscience de ses méthodes de résolution de problèmes. Nous supposons qu'en travail de groupe l'enfant apprend à s'exprimer et ce qui l'aidera à s'exprimer quand il sera seul (VYGOTSKY). Quand il sera habitué de dire à l'autre ce qu'il pense, il pourra s'exprimer. C'est une prévision du transfert. Il ne peut transférer que ce qu'il a intégré.

3.8.4.1. Objet de l'analyse du travail de groupe

Notre analyse n'est pas basée totalement sur la linguistique : c'est plutôt pour pouvoir décrire comment ils mettent en commun leur connaissance dans la résolution de l'exercice ? Qu'est-ce qu'ils ont construit ensemble ? Dans le cas de la proportionnalité quels sont les éléments essentiels dans la résolution de la situation de proportionnalité ?

3.8.4.2. Environnement du travail de groupe

Nous avons fait en sorte que les deux élèves puissent travailler tranquillement, l'endroit était neutre pour les deux, loin des bruits et des yeux des autres. Nous étions seule présente à leur travail. Nous leur avons demandé si nous pouvions les filmer pour faire une recherche de méthodes de travail des élèves.

3.8.4.3. Le temps

Nous avons pris le temps nécessaire pour la résolution de l'exercice donné. Bien qu'improvisé, ils ont eu largement le temps de travailler en discutant. C'était au moment des cours de mathématique pendant que les autres travaillaient individuellement en classe eux travaillaient en groupe.

3.8.5. Le contenu de l'analyse

Pour entamer le travail, nous leur avons dit de lire l'énoncé et après réflexion commencer la résolution. Nous sommes intervenu pour les mettre à l'aise au début, et pour qu'ils puissent être dans le bon chemin. Nous étions assez limités par notre temps de recherche car nous l'avions combiné avec notre fonction.

3.8.5.1. Dans le cas de la proportionnalité, quels sont les éléments essentiels ?

Dans cette première tranche d'interlocution, nous ciblons leurs « représentations » de la proportionnalité : MI=Miora, EN= l'auteur, H= Hery.

MI-Pour le voir, calculons tout d'abord, on verra s'ils sont pareils ou non.

EN- C'est quoi qui n'est pas pareils

H- La masse et l'allongement, il faut voir en premier la masse et l'allongement, est-ce qu'ils sont pareils à celui-ci ?

EN- C'est ça. Qu'est-ce que vous égalisez quand vous considérer ce calcul ?

MI- Il faut faire donc la division exemple 400 divisé par 2,8

EN- Est-ce bien 400 divisé par 2,8

MI- Diviser ce qui est en haut par ce qui est en bas.

H- Ou encore, diviser ce qui en bas par ce qui est en haut, et le résultat est pareil partout.

MI- Si c'est pareil…

H- C'est ça qu'on appelle…

MI- Quand cela donne 2,8…ensuite, vers le bord, il y a le signe, il a une écriture…ensuite la direction. Et c'est selon le calcul qu'on place la direction. Cela doit aller par en haut ou par en bas.

H- Est puis…

MI- Et puis, si ça monte c'est le fois, si ça descend c'est la division

H- Et…

Fois donne ce qui est en haut, diviser, ça donne ce qui est en bas.

H- Tous leurs coefficients de proportionnalité doivent être pareils.

Dans cette première interlocution, nous interprétons que c'est l'opération qui vient tout de suite dans leur esprit, qu'est-ce qu'il faut diviser ? Ou qu'est-ce qu'il faut multiplier ? Quand Miora a dit « Pour le voir, calculons tout d'abord, on verra s'ils sont pareils ou non ». Il semble qu'il va calculer le coefficient de proportionnalité sans le dire. Mais Hery dit autre chose « la masse et l'allongement, il faut voir en premier la masse et l'allongement, est-ce qu'ils sont pareils à celui-ci ? ». Il fait référence au rapport entre chacun des nombres. Nous disons nombres, mais, il se peut que Hery ait en tête le rapport des grandeurs en disant « allongement et masse ».

Nous avons posé la question pour faire sortir le mot coefficient de proportionnalité mais Miora était préoccupé par les opérations.

Nous avons ramené à l'idée de Miora, en disant : « c'est ça ?, qu'est-ce qu'il faut égaliser ? ». A partir de là donc c'est la question de division qui est en priorité pour Hery. Miora continue son idée sur la multiplication ou la division. Dans le film, il montre la direction en haut ou en bas qui signifie que c'est selon le calcul qu'on met le signe de la multiplication ou de la division.

C'est en dernier qu'apparaît « le coefficient de proportionnalité ». Leur discussion restait surtout sur la division, est-ce qu'il y a reste ou pas, est-ce que c'est pareil le résultat. Si c'est pareil le résultat et que le reste n'est pas pareil, ce n'est pas encore le coefficient de proportionnalité. (ANNEXE 7)

Dans une deuxième partie de leur interlocution, concernant le graphique :

On utilise combien de gramme un carreau **?**
On fera 50 gramme par carreau.
Si tu mets un gramme ce sera beaucoup.
Combien de carreau ?
Ca ne peut pas si on ne fait pas appareil car si on met 1 carreau dans l'abscisse, il faut aussi 1 carreau pour les ordonnées.
Pourquoi tu hésites
Parce que c'est trop petit et on ne vois pas la graduation.
On va commencer par quoi ?
On fait 2 carreaux
Est-ce que ça va aller ?
Parce que c'est …comment il faut le faire ?

On fait à chaque interligne : 0,1- 0,2- 0,3- 0,4- 0,5- 0,6- 0,7- 0,8- 0,9-
Pourtant ce n'est pas pareil encore
Parce que dans le cahier on dit : quand c'est 1cm en vertical, il faut aussi 1cm en horizontal…voilà un et voilà un, voilà l'image. Ce n'est pas pareil l'unité de chaque côté
Ou bien on fait 2 carreaux pour 50g
Parce que là c'est vraiment 2cm.
2 cm par là…Vaut mieux agrandir soit 2 carreau pour 50g.
Comme c'est 2cm…n'est-il pas mieux 2cm. Parce que dès que c'est 2 carreaux , ce ne sera pas assez.
1cm donc, dans le graphique c'est 2cm.

On voit qu'il cherche l'échelle bien qu'il ne le prononce pas« on utilise combien de grammes par carreau ? »

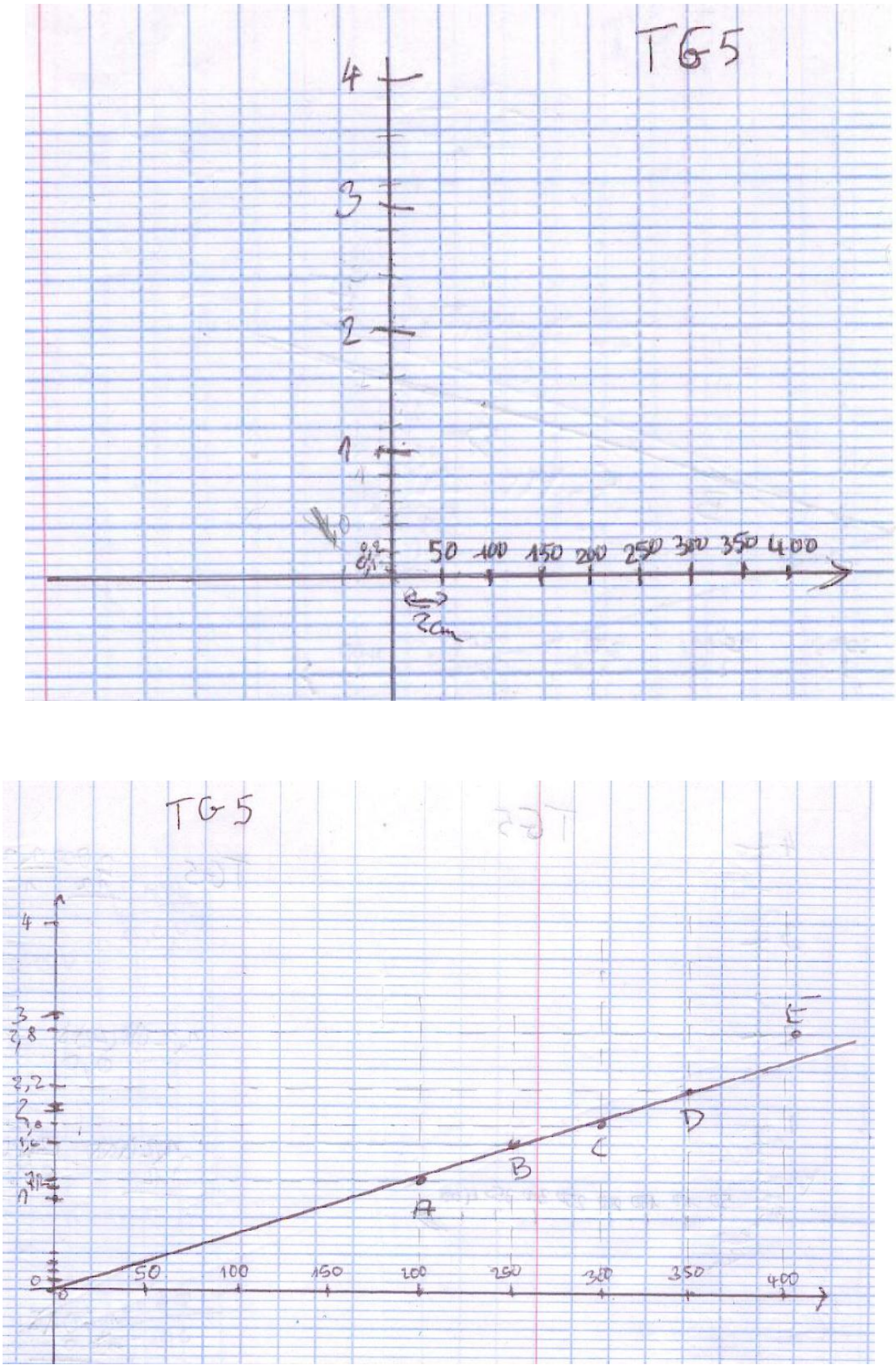


Figure 66: Feuille de brouillon de deux en groupe.

Ils utilisent leur feuille de cahier pour le graphique. Hery a vite fini son graphique en faisant 50 grammes par carreau pour la masse et en prenant les interlignes pour l’allongement.

Miora regarde faire Hery, et dit « ça ne peut pas si on ne fait pas pareil, si on met un carreau dans les abscisses, il faut aussi un carreau pour les ordonnées ». Le premier graphique était celui de Hery. Miora n'a pas encore fini. Le deuxième graphique c'est ce qu'ils construisent ensemble après la discussion de l'échelle.

Miora hésite en voyant ce que Hery a fini et confirme ce qui est dans le cahier de leçon. Il est à remarquer que la question d'échelle pose quand même problème aux élèves. On constate que Miora se réfère toujours à son cahier de leçon. A la fin ils ont construits ensemble le graphique

3.8.5.2. Comment ils mettent en commun leur connaissance

Concernant la notion coefficient de proportionnalité, dans la première partie de leur interlocution, chacun avait son idée pour amorcer le travail. Hery avait quelque chose « d'égale » en la tête, intervient en commençant de temps en temps sa phrase, comme quelqu'un qui veut parler mais n'a pas l'opportunité d'intervenir. Miora cherche à avoir le résultat des opérations, est-ce que ce sont égaux ? Hery garde toujours dans sa pensée le mot coefficient de proportionnalité qu'il fera sortir à la fin des opérations de Miora. Ils sont d'accord à la fin que ce n'est pas un tableau de proportionnalité car les résultats ne sont pas pareils. Miora explique davantage pourquoi ce n'est pas proportionnel en insistant sur les restes de la division.

Là Miora avait un peu de mal à construire le graphique, n'a pas trouvé vraiment l'échelle. Concernant le graphique, chacun travaillait de leur côté. C'était dans cette construction du graphique que s'établit la discussion. Hery a fini vite son graphique. Miora le regarde et dit qu'il faut garder pareil sur les deux axes, si on a 1 carreau sur l'axe des abscisses, il faut aussi 1 carreau sur l'axe des ordonnées.

Ils se sont mis d'accord qu'ils mettront en cm, soit 2cm pour 50 grammes, et 2cm pour 1 cm. Miora regardait faire son ami et à la fin il a pris la feuille de son copain, et je leur ai dit de traiter ensemble sur la même feuille

Hery ne parle pas beaucoup, attend que son copain ait fini.

3.8.5.3. *Synthèse de l'interaction*

Il nous semble que le calcul du coefficient reste un problème pour les élèves et les enseignants, car dans les remarques sur les erreurs que peuvent faire les élèves Q18, un enseignant fait la remarque en disant « renverser le coefficient de proportionnalité »

Dans le domaine du travail de groupe, nous avons observé que les deux élèves pouvaient discuter entre eux. Chacun s'exprimait sans blocage.

Dans leur habileté intellectuelle, nous avons remarqué qu'il y a une petite différence. Hery est plus rapide pour agir, Miora raisonne plus vite.

Le conflit sociocognitif n'apparaissait pas beaucoup, car ils n'avaient pas beaucoup à argumenter leurs idées. Miora se réfère à ce qui est dans leur cahier. Nous retrouvons dans cette attitude des deux enfants la valeur malgache qui de chaque côté ne voulait pas imposer son idée. C'est pour rester en accord sans dispute.

Nous concluons cette analyse de l'interaction des deux élèves en soulignant d'abord que le conflit socio cognitif ne se présentait pas parce que les deux élèves n'avaient pas d'idées très divergentes pour pouvoir discuter. La connaissance en construction était balisée par l'enseignement du professeur référé sur le cahier. Nous constatons la valeur malgache qui s'impose, la parole du « ray aman-dreny » est sacrée. Des questions se posent, comment donner à l'élève malgache un esprit de découverte mais pas trop imitateur ?

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

En résumé de notre exposé, nous relaterons la finalité de notre recherche. Nous esquisserons un bilan de tout notre travail. Nous répondrons à notre problématique que nous étendrons sur d'éventuelles perspectives.

1. Synthèse des résultats

La finalité de notre recherche était centrée sur trois axes principaux. En premier axe, l'étude concerne les disciplines mathématiques et sciences physiques. Nous avons étudié la manière dont faisaient les élèves pour articuler leurs connaissances et compétences entre ces deux disciplines. Par nos entretiens avec eux, nous avons pu relever que ces deux disciplines se ressemblent et ou se complètent pour eux. Ils retrouvent cela dans les différentes opérations, les calculs et les formules. Ils ne les différencient pas du moins dans le cas de la résolution des situations de proportionnalité. Nous soulignons dans le travail de groupe à deux qu'ils étaient très stricts dans le calcul du coefficient de proportionnalité, sans faire référence à la situation d'expérimentation, le coefficient de proportionnalité doit être pareil jusque dans le calcul des restes dans la division.

Cette articulation des connaissances se fait dans l'enseignement-apprentissage, ce qui nous amenait à étudier comment l'enseignant, dans la gestion de ses pratiques quotidiennes, facilitait cette articulation. Ils prônent la connaissance des formules et des opérations de base à 88% soit autour de 108 à 115 sur 125 enseignants répondants. Ils insistent aussi sur le raisonnement. Dans leurs pratiques quotidiennes, ils sont aussi à 88% à dire qu'il est nécessaire de faire émerger les connaissances préalables et d'articuler les nouveaux chapitres et anciens avant d'introduire une nouvelle leçon. C'est dans les tâches à donner aux élèves qu'ils réalisent cela : problèmes et tests oraux ou pendant la séance, un rappel des chapitres anciens qui sont en lien avec les nouveaux est prévu dans la séance. En ciblant les chapitres qui se correspondent ils les enchaînent, voir, calendrier ou planification. Ils ont donné des raisons beaucoup plus pédagogiques pour organiser le moment d'apprentissage du chapitre sur la proportionnalité. Ils consacrent assez de temps pour cela, autour de 72 à 83 personnes sur 97 consacrent 8 heures à 10 heures pour l'enseignement.

En deuxième axe, l’analyse était autour du concept de la proportionnalité. La proportionnalité étudiée en mathématiques, appliquée en sciences physiques avait son importance particulière dans chaque discipline par rapport aux représentations sémiotiques. Nous avons cherché à découvrir le sens que donnent les élèves à cette proportionnalité et du côté des enseignants, leur rapport à ce concept.

L’analyse nous a permis de conclure que les élèves mettent sur le concept de proportionnalité, les différentes opérations. La proportionnalité révèle aussi chez eux des définitions telles que : même coefficient, rapport, grandeur des nombres, correspondance, équivalence, relation. Ils ont évoqué des mots relatifs à l’action comme partager, égaliser pour exprimer la proportionnalité. Des situations de proportionnalité comme augmentation, diminution, pourcentage sont aussi dans leur pensée à propos de la proportionnalité. Leurs difficultés étaient surtout dans la construction des graphiques, et nous pouvons dire que c’est le reflet de ce qu’on leur enseigne. Comme c’est un élément qui n’a pas de place importante dans le résultat de notre analyse.

Notre étude nous conduit à dire que les difficultés des élèves ne résident pas seulement dans les opérations mais surtout dans le non compréhension de la situation de proportionnalité. Le tableau représente des calculs à faire, le graphique un lieu représentatif de points. Nous soulignons que certains éléments significatifs des représentations sémiotiques (DUVAL 1993) sont à redéfinir concernant le tableau et le graphique. Dans le travail de groupe nous avons constaté que l’élève se réfère facilement à son cahier pour confirmer sa décision. Le cahier révèle l’autorité (valeur malgache) du professeur qu’il faut suivre. Nous estimons que c’est une des causes du non raisonnement dans la situation de proportionnalité (expérimentale). Dans la langue d’enseignement, « droite et aligné » signifie la même chose pour l’élève, cela ressort de l’étude du phénomène des cadres (MALAFOSSE et al 2001). Mais la langue malgache n’est pas maîtrisée (ANNEXE 8- Elb2), l’élève a du mal à exprimer ce qu’il veut dire.

En conclusion de notre analyse, nous disons que les enseignants sont presque unanimes à déclarer que la proportionnalité est un savoir lié à la vie quotidienne mais abstrait (100/125 individus). Ils sont partagés à dire que c’est un savoir scolaire et complexe 58 contre 57 individus. La proportionnalité leur représente surtout les différentes méthodes et techniques d’opérations. Parmi les représentations sémiotiques ils utilisent beaucoup plus l’énoncé, et le tableau, le graphique trouve place rarement dans les situations problèmes sur la proportionnalité. Par contre, la proportionnalité est évoquée très importante car d’autres disciplines en dépendent.

En troisième axe, l’articulation des connaissances et compétences ne se fait pas sans transfert. Mais un transfert de connaissances a pour base la transdisciplinarité. L’interdisciplinarité a retenu notre étude.

Du côté élèves, ils font la relation entre les disciplines mathématiques et sciences physiques par le biais des opérations et formules. Les enseignants évoquent que les élèves font la relation entre ces deux disciplines car ceux qui réussissent en mathématiques (qu’ils considèrent outils) réussissent en sciences physiques. 96/125 des enseignants déclarent que les sciences physiques dépendent des mathématiques et que la relation entre enseignants de ces deux disciplines est nécessaire et souhaitée. Ils soulignent à 96/125 aussi que la réussite en sciences physiques est liée en mathématiques. Les difficultés remarquées c’est au niveau des documentations de l’enseignant et matériels didactiques surtout en sciences physiques. Le programme scolaire fait partie de ces documents car le programme scolaire en ce moment est celui de 1998-2000. Comme les enseignants n’ont pas le programme scolaire entre leur main ils ne sont pas informés sur ce qu’il lui est demandé de faire, dans le programme sciences physiques de la classe de 5ème est énoncé *« comparer les quotients **m/v admettre qu’ils sont égaux à des erreurs près** (la justification est hors programme), en déduire la masse volumique du solide (on prendra la valeur moyenne des m/v* » (Tableau 34)

2. Validation des hypothèses

A partir de ces trois axes nous avons cherché à valider nos hypothèses. Notre première hypothèse était du point de vue concept de la proportionnalité, chaque représentation sémiotique porte une signification du concept dans chacune des deux disciplines. Dans notre analyse des questionnaires, entretiens et observations renforcés par les exercices passés aux enseignants et aux élèves, nous avons constaté que les registres sémiotiques en mathématiques comme en sciences physiques étaient les mêmes pour eux. La validation de la situation de proportionnalité à partir d’un tableau se confirmait par la recherche du coefficient de proportionnalité. Ce coefficient était un constant sans considérer l’incertitude de mesure en sciences physiques mais dans sa valeur numérique en mathématique. De même, le graphique représentatif d’une situation de proportionnalité était celui qui illustrait les points alignés pour former une droite passant par l'origine. Nous retrouvons les mêmes processus chez les élèves et les enseignants. En conséquence nous infirmons notre première hypothèse.

Notre deuxième hypothèse était qu'il est possible de résoudre des problèmes mettant en jeu la proportionnalité, en mathématique de la même manière qu'en sciences physiques. Nous avons découvert tant chez les enseignants que chez les élèves, la résolution des problèmes était pareille dans les deux disciplines. Par contre, nous citons les propos d'un enseignant de physique « *en mathématiques, il faut avoir des résultats exacts, mais en sciences physiques, des résultats dus à des erreurs d'appareils de mesure pendant l'expérience, mais on admet que c'est une situation de proportionnalité* ». Cela signifie qu'il est possible de résoudre des problèmes mettant en jeu la proportionnalité de la même manière dans les deux disciplines, mais ils existent, en sciences physiques des moments où il faut tenir compte des effets des expériences. Notre hypothèse n'est pas toujours validée.

En troisième hypothèse nous avons formulé que l'enseignant de mathématique ainsi que l'enseignant de sciences physiques ne fait pas explicitement de différence, entre les deux disciplines, quand il s'agit de la résolution de la situation de la proportionnalité. Nous confirmons notre hypothèse, dans les réponses aux questionnaires, autour des connaissances en sciences physiques et mathématiques Q12 et Q13, ils ont trouvé 11 mots en mathématiques et 10 mots en sciences physiques. Parmi ces mots, 8 mots leur sont communs. De même dans les réponses aux questions ranger les 12 mots en Q4. Nous avons trié les réponses des enseignants de physiques et les enseignants de mathématiques, ils ont rangé les mots presque de la même manière dans tableau 49. Et qui conclue tout cela leur manière de résoudre la situation problème que nous leur avons soumise. Reconnaître la situation de proportionnalité à partir du tableau c'est trouver un coefficient de proportionnalité sans tenir compte des erreurs près, ce qui influe sur le graphique en mathématiques comme en sciences physiques.

3. Bilan de notre travail

Nous en venons au bilan de notre travail. A propos du temps de recherche, nous l'avons combiné avec notre travail, ainsi nous l'avons trouvé trop court pour pouvoir exploiter tous les aspects du thème, exemple, l'aspect psychologique et cognitive, ne pas rester dans le transfert des connaissances mais transfert des opérations pendant les conceptualisations. Un autre aspect que nous aurions voulu exploiter, c'est observer une des classe au moment de la transmission de la notion, et ensuite évaluer à partir des situations problèmes.

Nous souhaitons également faire un retour sur nos outils de recherche. Concernant les questionnaires pour les enseignants, nous les estimons assez pertinents, à l'exception de deux questions pour lesquelles les réponses étaient très divergentes. Cette divergence semble liée à un problème de compréhension de questions qui n'étaient pas suffisamment précises. Pour les méthodes d'enquête, nous avons été trop peu directives, nous avions eu du mal à gérer les entretiens. Nous pensons que nous devons encore apprendre à guider des entretiens pour être plus efficace. L'entretien d'explicitation de VERMESCH (2000) était mieux adapté pour ce genre de recherche. Du côté traitement des données, nous ne maîtrisons pas encore les méthodes statistiques, nous avons commencé à la main. Arrivée à Lyon, nous avons suivi des cours de statistiques avec utilisation de SPAD, dispensé par Jean-Claude REGNIER, mais nous sommes encore loin de les maîtriser. Dans nos questionnaires Q12 et Q13 concernant les différents vocabulaires, nous avons laissé la dimension particulièrement sémantique. Les statistiques implicatives nous restent encore à aborder. Du côté questionnaire pour les élèves, nous ne les avons pas exploités totalement car nous avons constaté qu'il n'était pas assez pertinent pour notre thème de recherche. De même, l'aspect exercice, il est toujours plus fiable avec un test. Concernant les deux matières, nous n'avons pas pu exploiter les sciences physiques quantitativement comme en mathématique, concernant la notion de proportionnalité, car les enseignants n'appliquaient pas cette notion en physique bien que ça soit indiqué dans le programme de la classe de 5ème malgache. Comme outil, nous avons utilisé, appareil photo en caméra, pensant aller plus loin dans les analyses des interactions maîtres/ élèves.

Nous avons choisi les approches didactiques, socioconstructivistes et ethnomatématiques. Le point de vue ethnomathématiques a besoin d'être plus approfondi. Nous n'avons donné qu'un simple aperçu de la situation des nombres à Madagascar. De même dans le conflit socio-cognitif (VYGOTSKY) nous n'avons pas assisté à un vrai débat cognitif entre les deux élèves bien qu'ils n'aient pas trouvé les mêmes résultats et mêmes méthodes. Comme ils avaient leur cahier de leçons, Miora faisait recours tout de suite à son cahier.

Dans cette recherche nous avons appris beaucoup de choses. D'abord du côté notion de la proportionnalité, nous l'avons approfondie pour être à même d'analyser les travaux des enseignants. Les concepts théoriques ont pris de plus en plus de sens au fur et à mesure de notre recherche bien que nous ne les ayons pas tous exploité au maximum. Nous avons vu notre travail amélioré par rapport à celui du MASTER bien que nous le sentions encore pas très satisfaisant au point de vue exploration de terrain.

Avant d'avancer dans nos éventuelles perspectives, nous allons répondre à notre problématique en tenant compte des trois axes qui ont sous tendu notre travail:

4. Réponse à la problématique

De notre analyse ressort que les élèves articulent les connaissances acquises en mathématiques et en sciences physiques par l'utilisation des opérations et les formules étudiées en mathématiques. Le transfert de connaissances sera facile pour les élèves au moment où ils seront, réellement, conscients des tâches à faire. Cela dépendra des connaissances de base acquises, des habiletés cognitives dans les stratégies.

Dans leur pratique quotidienne, les enseignants favoriseront l'articulation des connaissances et des compétences en tenant compte des moments et conditions favorables où les élèves peuvent le faire. Pendant les séances de classe, faire le lien entre les disciplines, les chapitres, les concepts et les notions. Ils favoriseront aussi ce transfert en précisant les spécificités de chaque discipline. Les concepts à transmettre sont aussi à approfondir par le professeur lui-même, car s'il ne le maîtrise pas suffisamment, les concepts et notions resteront flous pour les élèves. Cela dépendra de l'ingénierie de leur pratique quotidienne.

La question de transdisciplinarité est à mettre sur table dans les conseils d'établissements pour faciliter le travail de chacun. Il s'avère nécessaire de préciser et de distinguer l'utilisation des opérations en mathématiques comme en sciences physiques. Dans le cas de la proportionnalité, les opérations sont à redéfinir dans les champs expérimentaux.

5. Perspectives

Nous retenons trois domaines pour nos perspectives : Dans le domaine didactique et pédagogique : en tenant compte des difficultés des élèves dans la langue d'apprentissage, faire une recherche pour résoudre l'utilisation de la langue française et malgache pour que la transmission soit efficace, surtout dans le domaine des vocabulaires scientifiques. Dans la formulation du mot nombre en malgache, cela nous ouvre à approfondir l'éthnomathématique sans perdre de vue la globalisation.

Dans le domaine méthodologique nous restons curieuse dans les traitements des données par l'analyse statistique implicative utilisant le logiciel CHIC pour analyser les implications et les similarités qui peuvent exister entre les variables.

Dans le domaine de la formation des enseignants privés à Madagascar, nous devons repenser aux lacunes du point de vue niveau académique.

BIBLIOGRAPHIE

ACIOLY-REGNIER, N. et REGNIER, J-C. (2005). Repérage d'obstacles didactiques et socioculturels au travers de l'ASI des données issues d'un questionnaire. *Troisième Rencontre Internationale, ASI, Analyse Statistique Implicative.* Palerme : Italy (2005)

ARTIGUE M, GRAS R et LABORDE C et al (1994) *Vingt ans de didactique des mathématiques en France : hommage à Guy BROUSSEAU et Gérard VERGNAUD* [actes du colloque organisé par l'Association pour la recherche en didactique des mathématiques, Paris, 15-17 juin 1993] [Texte imprimé].]Édition : [Grenoble] : la Pensée sauvage, impr. 1994 — 07-Aubenas : Impr. Lienhart.

ASTOLFI J.-P**. (**1993**),** Styles d'apprentissage et mode de pensée, in HOUSSAYE J (dir.) *La pédagogie: une encyclopédie pour aujourd'hui*, Paris, ESF, pp.301-314.

ASTOLFI, J.-P., DAROT, É., GINSBURGER-VOGEL, Y. et TOUSSAINT, J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences : repères, définitions, bibliographies.* Pratiques Pédagogiques Paris/Bruxelles: De Boeck Université

ASTOLFI.J-P. et DEVELAY M. (2002). *La didactique des sciences*, Que sais-je, PUF, 2°édition.Paris

BACHELARD, G (1996). *La formation de l'esprit scientifique*. Contribution à une *psychanalyse de la connaissance*. Paris, Librairie Philosophique J. VRIN

BALDY E, DUSSEAU J-M, DURAND-GUERRIER, (2007, janvier). Mathématique et physique en classe de troisième: l'exemple de la proportionnalité, *REPERES-IREM*. n° 66 pp73-27

BANGE, P. (1992). *Analyse conversationnelle et théorie de l'action*. Paris : Hatier et Didier,

BARBIER J-M, BEILLEROT,J, CROZIER,M, LAUTREY, J, LIEURY, A, LIPIANSKY, E.M. MEIRIEU.P. MORIN E. (1996) *Savoir former. Bilans et perspectives des recherches sur l'acquisition et la transmission des savoirs*. Collection DEMOS Ressources Humaines. Les éditions DEMOS.

BARBIER J-M. (2000). *L'analyse de la singularité de l'action*, Education Formation Permanente, Education des Adultes, Centre de Recherche sur la Formation du CNAM PUF.

BARBIER, J-M, GALATANU, O (dir.). (2000). *Signification, sens, formation*. Collection Education et Formation, biennales de l'éducation. PUF

BARTH, B-M (2004) *Le savoir en construction. Former à une pédagogie de la compréhension. Considérer le savoir comme culturel et partagé.* Forum Education Culture. Paris Retz.

BARTH, B-M, (2001) *L'apprentissage de l'abstraction*. *Méthodes pour une meilleure réussite de l'école.* Forum Education Culture. Paris Retz.

BEAUFILS D. (2009). Le modèle et son phénomènographe. Laboratoire DidaScO, Université Paris-Su, Orsay. *ASTER* 48 p 15-38

BERTIN J (1977). *Le graphique et le traitement graphique de l'information*, FLAMMARION.

BLANCHARD-LAVILLE C. et FABLET D (dir.). (2000), L'*Analyse des pratiques professionnelles,* édition revue et corrigée, ouvrage coordonné, Paris, l'Harmattan,

BONAN J-P, (1998), *Enseigner la physique à l'école primaire*. Collection Pédagogie Pratique à l'école. Hachette Education.

BRIAND, J. et CHEVALIER M C, (1995). *Les enjeux didactiques dans l'enseignement des mathématiques*. HATIER PEDAGOGIE.

BROUSSEAU G., (2004), « Les représentations, étude en théorie des situations didactiques », *Revue des sciences de l'éducation Volume XXX n°2, 2004, 241-277*, Montréal, Québec, Canada (Ed. Gisèle Lemoyne

BROUSSEAU, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques ». *Recherches en didactiques des mathématiques.* Grenoble LA PENSEE SAUVAGE, Vol :7 (2), p.33-115

BROUSSEAU, G. (1990). Le contrat didactique et le milieu. *Recherches en didactiques de mathématiques.* Grenoble LA PENSEE SAUVAGE, Vol : *9 (3), p, 309-336).*

BROUSSEAU, G. (1990). *Théorie des situations didactiques. (Didactique des mathématiques* 1970-1990) Textes rassemblés et préparés par Nicolas Balacheff, Martin Cooper, Rosamund Sutherland, Virginia Warfield. Grenoble LA PENSEE SAUVAGE,.

BRUNER J S. (1983) Savoir faire, savoir dire *: le développement de l'enfant* [Texte imprimé]; textes traduits [de l'anglais] et présentés par Michel DELEAU, avec la collaboration de Jean Michel Édition : Paris : Presses universitaires de France, impr. 1983

BRUNER, J. (1996). *L'éducation, entrée dans la culture*. *Le problème de l'école à la lumière de la psychologie culturelle*. Paris : Retz.

BUNGE, Mario (1983) *Épistémologie* Donadieu, Hélène (Trad.) Recherches interdisciplinaires, ISSN 0768-2417 Paris : Maloine 1983

CHARLOT B (2002) *Du rapport au savoir, éléments pour une théorie*. Collection Education. Paris : Anthropos

CHARPAK Georges, (1998), *Enfants, chercheurs et citoyens*, Paris : Editions Odile Jacob

CHEVALLARD Y, 1991, *La transposition didactique du savoir savant au savoir enseigné,* Recherches en didactique des mathématiques. Grenoble.LA PENSEE SAUVAGE.

COHEN E. G ; (1994). *Le travail de groupe : Stratégies d'enseignement pour la classe hétérogène,* traduit par F. Ouellet, Montréal, Les Éditions de la Chenelière.

COURTILLOT, D et RUFFENACH, M (2004) *Enseigner les sciences physiques, collège et classe de 2,* Bordas.

CRAHAY, M, (1999) *Psychologie de l'éducation*, Quadrige MANUELS, PUF.

D'AMBROSIO. (2005, avril). Le tour du monde en 80 mathématiques. Mathématiques exotiques-Un dossier de « Pour la science ».Récupéré du site M²Real.

DE KETELE J-M. (1980), *Observer pour éduquer*. Berne-Miami : Peter Lang.

DEMOL J-N (coordinateur) (2003) *Didactique et transdisciplinarité*. Alternance III. Alternances développements. L'HARMATTAN.

DEVELAY M. (2006), *De l'apprentissage à l'enseignement*, Pédagogie recherche, ESF édition.

DEVELAY, M (1996), *Donner du sens à l'école*, Paris : E.S.F.

DEVELAY, M. (1989) .Sur la méthode expérimentale *ASTER 8*, 3-15

DOISE W et MUGNY G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*, InterEditions. Paris.

DOUADY R. (1992). Des apports de la didactique des mathématiques à l'enseignement. *Irem de Paris VII, REPERES- IREM* n° 6- janvier 1992

DOUADY, R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en didactiques des mathématiques.* Grenoble LA PENSEE SAUVAGE, Vol : 7 (2).

DUBOIS R. (1978), *Olombelona*, Edition l'Harmattan, Pays d'édition France.

DUBOIS R. (2002), *L'identité malgache,* Editions KARTHALA

DURKHEIM E (1992). Education et sociologie [Texte imprimé] /Préface de Maurice DEBESSE Édition : Paris : Presses Universitaires de France, impr. 1992

DUVAL R, (1988) « Ecarts sémantiques et cohérence mathématique : introduction aux problèmes de congruence » *Annales de Didactique et de Sciences cognitives, 1(1988) (p 7-25)- IREM de Strasbourg.*

DUVAL R, (1988) Approche cognitive des problèmes de géométrie en termes de congruence. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*,1(1988) (p 54-74) IREM de Strasbourg.

DUVAL R, (1988), Graphiques et équations : l'articulation des deux registres, *Annales de Didactiques et de Sciences Cognitives*, 1(1988) (p 235-253) IREM de Strasbourg.

DUVAL R, (1993), Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée, *Annales de Didactiques et de Sciences Cognitives*, 5(1993) (p37-65) – *IREM de Strasbourg.*

DUVAL R, (1995) *Sémiosis et pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Exploration Recherches en Sciences de l'Education. Peter Lang.

DUVAL, R, (2003), Comment analyser le fonctionnement représentationnel des tableaux et leur diversité, *SPIRALE, Revue des recherches en Education*, n° 32, p 5-30

ERNY, P, (1987), *L'enfant est son milieu en Afrique noire : essai sur l'éducation traditionnelle,* Edition Paris, le Harmattan

FREIRE, P, (2006) *Pédagogie de l'autonomie*. Savoirs nécessaires à la pratique éducative. Traduit et commenté par J-C REGNIER, Toulouse, Editions ERES.

GARANDERIE (de la), A, (1984) *Les profils pédagogiques*, Paris : Centurion.

GIORDAN A et VECCHI G de. (2010). Aux origines du savoir : la méthode pour apprendre [Texte imprimé] / Édition : Nice : Éditions Ovadia, DL 2010

GIORDAN A. *(1994) L'élève et/ou les connaissances scientifiques : approche didactique de la construction des concepts scientifiques par les élèves* / sous la direction d'André Giordan ; avec Jean-Louis Martinand, Jean-Pierre Astolfi, Guy Rumelhard... [et al.] Bern: P. Lang, 1994 .

GRANDATY M et TURCO G. (2001). *L'oral dans la classe*. *Discours, métadiscours, interactions verbales et constructions de savoirs à l'école primaire.* INRP.

HAMON C, (2009). Graphismes techniques : tâches, nature et causes des difficultés des apprenants. *ASTER n° 48 p 39- 62.*

HANNOUN KUMMER Pascale : Résolutions graphiques et mécanique : caractérisation en contexte *ASTER 48 p 133-160*

HASNI, A et LEBEAUME, J. (2008). *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique*, Editions du CRP. INRP,

HOUSSAYE J.(1992). *Le triangle pédagogique;* préf. de Daniel Hameline Édition : Berne : P. Lang, 1992.

JOSHUA. S, DUPIN. J-J, (2003). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, PUF, 1° édition 1993, Quadrige Manuels.

JULO J. (1995.) *Représentation des problèmes et réussite en mathématique, un apport de la psychologie cognitive à l'enseignement,* Presses Universitaires de Rennes.

KEDE ONANA M, (2007) *Le droit à l'éducation en Afrique : enjeux et perspectives à l'ère de la mondialisation ;* Edition Paris : le Harmattan.

KOURILSKY F,(dir). (2002) *Ingénierie de l'interdisciplinarité, un nouvel esprit scientifique, Collection Ingénium - Le Harmattan.*

LAHANIER-REUTER, D, (2003) "Différents types de tableaux dans l'enseignement des statistiques » *in SPIRALE Revue de Recherches en Education, n° 32, p 143-153.*

LALARISON G. (1994). *Kajy mampisaina, Kilasy faharoa Ambaratonga Voalohany Torolalana ho an'ny Mpampianatra,* Ministère de l'Enseignement Secondaire et de l'education de Base. UERP (Unité d'Etude et de Recherche Pédagogique).

LARCHER C et GOFFARD M. (2008) *L'expérimental dans la classe, enjeux, références, fonctionnements, contraintes,* (Recherche en association sous la direction de C LARCHER EDS INRP 2008, Didactiques des disciplines.

LAVIGNE G, (2012). *Langues et mathématiques à l'école dans les cultures océaniennes. Etude exploratoire d'une pédagogie interculturelle en Nouvelle –Calédonie. Approches anthropologiques et Ethnomathématique.* (Thèse de doctorat, tome 2, Université de la Nouvelle-Calédonie).

LE BOTERF, G, (1998) *L'ingénierie des compétences*, Paris : Editions des Organisations.

LE MOIGNE, J-L, (2002), *Le constructivisme, Tome II, épistémologie de l'interdisciplinarité,* Collection INGENIUM, Le HARMATTAN.

LEROUGE A. (2000) Notion de cadre de rationalité à propos de la droite au collège. *Recherche en didactiques des mathématiques* Vol 20 n°2

MAGNERO, N et MUNIER, V (2008). *Mesure et instrumentation dans l'enseignement scientifique, (*numéro coordonné par MAGNERON N, MUNIER V, ASTER 2008/47), Recherches en didactiques des sciences expérimentales INRP.

MAINGAIN A, DUFOUR B ; (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. Collection Perspectives en Education et Formation. De Boeck Université.

MALAFOSSE D, (2002). Pertinence des notions de cadre de rationalité et de registre sémiotique en didactique de la physique. *Recherches en didactique des mathématique Vol 22 n°1 p 32-75.*

MALAFOSSE D, LEROUGE A et DUSSEAU J-M. (2001). Etude en inter-didactique des mathématiques et de la physique de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : changement de cadre de rationalité .*Didaskalia n° 18 –2001- pages 6 1à 98.*

MANCOVSKY, V, (2006), *L'évaluation informelle dans l'interaction de la classe,* Savoir et Formation, Le HARMATTAN.

MARTINAND, J.-L. (1981). Pratiques sociales de référence et compétences techniques. A propos d'un projet d'initiation aux techniques de fabrication mécanique en classe de quatrième, in A. GIORDAN (coord.). *Diffusion et appropriation du savoir scientifique : enseignement et vulgarisation*. Actes des Troisièmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique. (pp. 149-154) Paris : Université Paris 7

MEIRIEU P, DEVELAY M , DURAND C et MARIANI Y (dir.) (1996) *Le transfert de connaissances en formation initiale et en formation continue* Lyon, CRDP, 1996Documents, actes et rapports pour l'éducation, 1996, ISSN 1159-6538 Lyon : Centre régional de documentation pédagogique de l'Académie de Lyon 1996.

MEIRIEU P., (2000), *Outils pour apprendre en groupe*. *Apprendre en groupe* Chronique sociale.

MESQUITA, *A L, (2003), « Remarques sur le fonctionnement et l'utilisation des tableaux de proportionnalité » in SPIRALE Revue de recherches en Education, n° 32 p 154-170.*

MOLET, L, *La conception malgache du monde, du surnaturel et de l'homme en Imerina,* (1979) Paris le Harmattan, Tome i 437 pages, Tome II

MORO, C et RICKENMANN, R. (2004). *Situations éducatives et significations*. Raisons éducatives, ISSN 1375-4459 Bruxelles : De Boeck DL

MORO, C, SCHNEUWLY, B et BROSSARD, M (dir) (1997), *Outils et signes .Perspectives actuelles de la théorie de Vygotsky.* Exploration, Peter Lang.

PAQUAY, L, ALTET, M, CHARLIER, E et PERRENOUD, P, (2001). *Former des enseignants professionnels, Quelles stratégies ? Quelles compétences ?*Bruxelles, de Boeck, 1996, 3e éd. 2001.

PAQUAY, L, CRAHAY, M et DE KETELE, J-M, (2006*), L'analyse qualitative en éducation. Des pratiques de recherches aux critères de qualité*. Collection Pédagogie en développement. De Boeck.

PAUL, P et PINEAU, G. (2005). *Transdisciplinarité et formation,* Collection interfaces et transdisciplinarités, Le HARMATTAN.

PEGHINI, M et SERIEYE J-C, *L'âme malgache « Ny Fanahy no olona ».*

PEKAREK DOEHLER S, (2000) .Approches interactionnistes de l'acquisition des langues étrangères concepts, recherches, perspectives. *in Acquisition et interaction en langue* *étrangère* 12 (2000) avril 2011, consulté le 31 janvier 2013. URL : http://aile.revues.org/934

PENLOUP, M C. (dir). (2007).Les connaissances ignorées. Approche pluridisciplinaire de ce que savent les élèves. Didactiques, Apprentissages, Enseignements,INRP.

PERRENOUD, P, (1998), *Construire des compétences dès l'école*, Paris, ESF

PERRET-CLERMONT A-N, et NICOLET M, (2001), *Interagir et connaître* Enjeux *et régulation sociales dans le développement cognitif*, (dir) L'Harmattan

PERRET-CLERMONT, A-N, (1979), *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*, Collection Exploration Recherches en Sciences de l'Education. Peter Lang

POSTIC M et DE KETELE J-M, (1994), *Observer les situations éducatives*, Pédagogie aujourd'hui. PUF 2° édition.

PRIOLET M, (2008*) Enseignement et apprentissage de la résolution de problèmes mathématiques. Le cas des problèmes numériques au cycle 3 de l'école primaire française. Approches didactique et ergonomique (*thèse de doctorat, Université Lumière Lyon2) Récupéré du site de l'Université Lumière Lyon 2.

PRZESMYCKI H ; (2004). *La pédagogie différenciée.* Édition : Paris : Hachette Education, DL 2004 — 27-Évreux : Impr. Hérissey.

QUIVYQ R, et VAN CAMPENHOUGT, L, (2000) *Manuel de recherche en sciences sociales* PSYCHO SUP, DUNOD 2ème édition.

RAINANDRIAMAMPANDRY.(1971), *Tantara sy fomban-drazana*, *Tahiry* «Tantara sy Sivilizasiona", MADAGASCAR PRINT & PRESS COMPANY ,TANANARIVE.

RANDRIAMIADANARIVO ;(1975), *Isa ny amontana*, Ministeran'ny tanora, Edisiona Salohy 1975

RANDRIAMIADANARIVO, 1980, *Ny sekolin'ny Ntaolo*, Edisiona Antso.

RANDRIANARISOA P, (1981); *L'enfant et son éducation dans la civilisation traditionnelle malgache*, Edition [Fandriana, Madagascar], 144 pages. Collection sur les croyances et les coutumes malgaches.

RASTIER François, (2010), *Sémantiques et recherches cognitives*, PUF, Formes sémiotiques.

REGIS RAJEMISA Raolison, (1972) *Fomba amam-pahendrena malagasy*, Kilasy faha -6 sy faha-5; LIBRAIRIE MIXTE.

REGIS RAJEMISA Raolison, (1972)*Fomba amam-pahendrena malagasy* , Kilasy faha -4 sy faha-3; LIBRAIRIE MIXTE.

REGIS RAJEMISA Raolison,(1995). *Rakibolana Malagasy*, 1995: Ambozontany Fianarantsoa.

RESWEBER, J-P. (2000). *Le pari de la transdisciplinarité : vers l'intégration des savoirs,* L'Ouverture philosophique (Paris), 2000, ISSN 1269-8970 Paris : Montréal (Québec) L'Harmattan DL 2000

RICHARD J-F, (2005) *Les activités mentales, comprendre et raisonner, trouver des solutions,* Paris. Armand Colin,

ROBARDET, G et GUILLAUD J-C, (1997), *Eléments de didactique des sciences physiques*. Pédagogie aujourd'hui. PUF.

ROEGIERS, X, (2003) *Des situations pour intégrer les acquis scolaires,* Pédagogie en développement, De Boeck.

ROEGIERS, X, (2004) *Une pédagogie de l'intégration : compétences et intégration des acquis dans l'enseignement*. Collection Pédagogies en développement DeBoeck Université,

RUDAT Richard , MAURY Sylvette : Compréhension d'un graphique à double implantation par les élèves de 9 à 10 ans *ASTER 48 p 187-208*

RUFFENACH M et COURTILLOT D, (2009), *Enseigner les Sciences Physiques*. *L'enseignement par compétences*. Paris Bordas

SALLABERRY J-C (2004) .*Dynamiques des représentations et construction des concepts scientifiques*. Perspectives pour la didactique des Sciences Physiques. Collection Cognition et formation. L'HARMATTAN.

SAMURCAY R et PASTRE P (2004) *Recherche en didactique professionnelle*. Collection formation. OCTARES Editions.

SARRAZY B (1995) Le contrat didactique. Université Victor Segalen Bordeaux 2 *Revue Française de Pédagogie,* Note de synthèse, 1995, n° 112, p. 85-118.

SENSEVY G et MERCIER A (dir), (2007), *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. PADEIA EDUCATIO SAVOIR SOCIETE. Presses Universitaires de Rennes.

SPECOGNA A (2007) (dir). *Enseigner dans l'interaction*. Collection « langage-cognition-interaction ». Presses Universitaires de Nancy,

TARDIF J. (1999) *Le transfert des apprentissages*. Les éditions LOGIQUES

VECCHI G de, (1994). *Aider les élèves à apprendre,* (série) 1994, série dirigée par J-Pierre OBIN, Inspecteur Général de L'Education Nationale, Pédagogies pour demain, Nouvelles approches, Hachette éducation.

VERGNAUD G, (1991) « La théorie des champs conceptuels », *Recherches en didactique des mathématiques Vol 10 n° 2 p 133 à 169.*

VERGNAUD G, (2001), *Le moniteur de mathématiques, Cycle 3. Résolution de problèmes*, Nathan,

VERGNAUD, G. (1983) *L'enfant, la mathématique et la réalité*. Collection Exploration Recherches en sciences de l'éducation. Peter Lang.

VERMESCH P (2000) L'entretien d'explicitation [Texte imprimé] Édition : Issy-les-Moulineaux (Hauts-de-Seine) : ESF éd., 2000 — 53-Château-Gontier : Impr. de ""L'Indépendant""

VERRET M (1975) Le temps des études Édition : Lille : Atelier Reproduction des thèses, 1975.

VEYRIERES P. de. s.j, MERITENS Guy de s.j, 1967, *Le livre de la sagesse malgache*. Proverbes, Dictons, Sentences, Expressions figurées et curieuses. EDITIONS MARITIMES ET D'OUTRE MER, 17, rue Jacob, PARIS- VI.

VIENNOT L, (1996) *Raisonner en physique*. La part du sens commun. Collections Pratiques Pédagogiques. De Boeck.

WAMINYA R. (2011) *De la conceptualisation implicite du nombre et des figures géométriques dans la culture DREHU à leur conceptualisation explicite dans les mathématiques à l'école.* Etude exploratoire des interactions suscitées par les deux conceptualisations et de leurs effets à partir d'approches pédagogiques, didactique et ethomathématique. Thèse de Doctorat dirigée par J-C REGNIER.

WITTORSKI, Richard (2005), *Formation, travail et professionnalisation,* Action & Savoir, Rencontres, L'HARMATTAN .

SITOGRAPHIE

ASCHER, M et ASCHER, R. (1986). Ethnomathematics. History of science, 24, issue 2, http://www.jiscjournalarchives.ac.uk/browse/proquest/e363_issues/24_1986.html.

BECU-ROBINAULT K. (1997). *Rôle de l'expérience en classe de physique dans l'acquisition des connaissances sur les phénomènes énergétiques*, Thèse présentée le 12 mars 1997 devant l'Université Claude Bernard - Lyon I. http://icar.univ-lyon2.fr/membres/krobinault/pages/6.html.

BÉCU-ROBINAULT, K. (2008). Connaissances mobilisées pour préparer un cours de sciences physiques. *Recherches en didactique des sciences expérimentales*. Professionnalité des enseignants en sciences expérimentales ASTER 45/2008/ pp165-188. http://ife.ens-lyon.fr/publications/catalogue/web/Notice.php?not_id=RA+045. .

BLANCHET P (2005). *L'approche interculturelle en didactique du FLE*. Cours d'UED de Didactique du Français Langue Étrangère de 3e année de Licences. Service Universitaire d'Enseignement à Distance Université Rennes 2 Haute Bretagne. http://eprints.aidenligne-francais-universite.auf.org/40/1/pdf_Blanchet_inter.pdf.

BOURGUIGNON A (2007),De la pluridisciplinarité à la transdisciplinarité. http://ciret-transdisciplinarity.org/transdisciplinarity.php.

BROUSSEAU, G. (1980). L'échec et le contrat. *Recherches, 41* (La politique de l'ignorance. Mathématiques enseignement et société.), 177-182 http://halshs.archives ouvertes.fr/docs/00/48/31/65/PDF/Brousseau_1980_echec_et_contrat.pdf.

CHARAUDEAU P, (1993) le contrat de communication dans la situation classe", in *Inter-Actions*, J.F. Halté, Université de Metz, 1993, consulté le 5 février 2013 sur le site de *Patrick Charaudeau - Livres, articles, publications*. http://www.patrick-charaudeau.com/.

URL: http://www.patrick-charaudeau.com/Le-contrat-de-communication-dans.html

CHEMILLIER, M, JACQUET, D, RANDRIANARY, V et ZABALIA M(2005) La divination *sikidy* à Madagascar http://www.anthropomada.com/bibliotheque/sikidyamadagascar-marcchemilier.pdf

CHEMILLIER, M. (2007) Mathématiques de tradition orale *Math. Sci. hum ~ Mathematics and Social Sciences* (45e année, n° 178, *2007*(2), p. 11-40) http://www.ehess.fr/revue-msh/pdf/N178R1265.pdf.

CHEMILLIER, M. (2008) . Eléments pour une ethnomathématique de l'awélé *Math. Sci. hum / Mathematics and Social Sciences* (46e année, n° 181, *2008*(1), p. 5-33) http://www.ehess.fr/revue-msh/pdf/N181R1247.pdf

D'AMBROSIO. (2001, février). What is ethnomathematics, and how can it help children in schools? Teaching Children Mathematics, Reston 6(7), http://etnomatematica.org/articulos/Ambrosio1.pdf.

D'AMBROSIO. (2007). Peace, social justice and ethomathematics. TMME Monograph1, pp.25-34, The Montana Mathematics Enthusiast, ISSN 1551-3440, Monogrpah 1, pp 25-34 http://www.math.umt.edu/tmme/monograph1/d'ambrosio_final_pp25_34.pdf.

DASEN,P, GAJARDO, A & NGENG, LÉducation informelle, ethnomathématiqueset processus d'apprentissage1 Université de Genève http://www.unige.ch/fapse/publicationsssed/RaisonsEducatives/REenligne/FOREDU/Pages_de_39_FOREDU_INT_Maulini.pdf.

EMERY M, (1975) « La sémiologie graphique. Entretien avec J BERTIN » in Communication et langages n° 28, 1975, pp 33-43. http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/colan_0336-1500_1975_num_28_1_4248.

FOUCHE ,C. (1971) ; La phonétique corrective : recherche d'une progression. *Linguistique et Enseignement, volume 1, 1971 pp:29 – 37* http://madarevues.recherches.gov.mg/?La-Phonetique-corrective-recherche.

GAJARDO1,A et DASEN, P (2006). Des ethnomathématiques à l'école ? Entre enjeux politiques et propositions pédagogiques. FPSE, Université de Genève, Suisse http://www.revuedeshep.ch/pdf/vol-4/2006-2-Gajardo.pdf.

GENTIL V., RABEHANTA A., RAFARALAHY-BEMANANJARA Z., LEMOSSE C THOMAS C. (1972). Le milieu socio-culturelle de l'enfant malgache (enquête auprès d'enfants Betsimisaraka des environs de Tamatave). *Linguistique et Enseignement, volume 2, 1972 pp:37 – 83* http://madarevues.recherches.gov.mg/?Le-Milieu-socio-culturel-de-l

GERON C, STEGEN P et DARO S (2005) *L'enseignement de la proportionnalité Publication destinée aux instituteurs du dernier cycle de l'école primaire et aux professeurs de mathématiques du premier degré de l'enseignement secondaire.* Liaison primaire secondaire. www.enseignement.be/download.php?do_id=2712*….*

IMBE J, (1979) Ny lahateny nentin-drazana malagasy. Famariparitana sy famakafakana

Hiratra, volume 1, 1979, pp. 95-114 http://madarevues.recherches.gov.mg/?Ny-Lahateny-nentin-drazana

JACQUET F ; (2005). Quelques aspects de la proportionnalité dans les problèmes du RMT Actes/ATTI Bourg-en-Bresse 2004-Arco di Trento 2005 http://www.math-armt.org/Ressources/articles/20042005g2.pdf.

KALIFA TRAORÉ et NADINE BEDNARZ (2008) Mathématiques construites en contexte : une analyse du système de numération oral utilisé par les Siamous au Burkina Faso (*Université de Koudougou, Burkina Faso, Université de Koudougou, Burkina Faso) Nordic Journal of African Studies 17(3): 175–197 (2008 http://www.njas.helsinki.fi/pdf-files/vol17num3/traore_bednarz.pdf*

KUMMER. H. P (2009). Résolutions des graphiques et mécanique : caractérisation en contexte » ASTER n° 48 p 133- 160 http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/30264.

KUZNIAK A (2005) La théorie des situations didactiques de Brousseau. *REPERES - IREM. N° 61 - octobre 2005*DIDIREM Paris VIIet IUFM d'Orléans-Tour

L PECQUEUX. (2002) Professeur de mathématique http://mathocollege.free.fr/.

LEVAIN J-P et VERGNAUD G (1994_1995). Proportionnalité simple, proportionnalité multiple *Articles du numéro 56 GRAND N* http://www-irem.ujf-grenoble.fr/revues/revue_n/numero.php?num=.

LEVAIN J-P, VERGNAUD G, « Proportionnalité simple, proportionnalité multiple », Cycle III, « Grand N » n°56 pp.55 à 66, 1994-1995. http://www-irem.ujf-grenoble.fr/revues/revue_n/fic/56/56n5.pdf.

LILLA KREMZAROVA, (2008), La théorie des champs conceptuels : l'exemple de la construction d'une simulation géométrique d'une machine à dessiner. **Acta Didactica Universitatis Comenianae** . Mathematics, Issue 8, 2008. http://www.ddm.fmph.uniba.sk/ADUC/files/Issue8/04Kremzarova.pdf.

MEIRIEU P; (2005) Quelle autorité pour quelle éducation ? Rencontres internationales de Genève Septembre 2005 http://www.meirieu.com/ARTICLES/L'AUTORITE.pdf.

NICOLESCU B, (1996). *La transdisciplinarité manifeste* ÉDITIONS DU ROCHER, Jean-Paul Bertrand Editeur *Collection "Transdisciplinarité" 1996* © Basarab NICOLESCU. http://www.basarab-nicolescu.fr/BOOKS/TDRocher.pdf.

NICOT-GUILLOREL, M, Bilinguisme et apprentissage de la lecture à Madagascar : quelle place pour la phonologie *Revue française de pédagogie p 97-114*. http://rfp.revues.org/3573

ORVOINE C (2006) Enjeux et complexité du transfert des compétences en formation professionnelle paramédicale.Un regard sur la transversalité en institut de formation. Institut de Formation des Cadres de Santé du GREFOPS Rennes Date de soutenance le 28 juin 2006 http://www.jp.guihard.net/IMG/pdf/orvoine.pdf.

PERRENOUD P (1995). Enseigner des savoirs ou développer des compétences : l'€ entre deux paradigmes. Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation Université de Genève http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1995/1995_02.html.

PERRENOUD P (1995). Enseigner des savoirs ou développer des compétences : l'€ entre deux paradigmes. Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation Université de Genève http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1998/1998_34.html.

PERRENOUD P, 2001, *Construire un référentiel de compétences pour guider une formation professionnelle*, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, Université de Genève, site : http://www.unige.ch/fapse/SSE/groups/life

RANAIVOSON, R E-T. Madagascar Diversité linguistique et développement durable. Le malgache et le français du point de vue des bénéficiaires de l'éducation de base à Madagascar Faculté des lettres et des sciences humaines Université d'Antananarivo http://www.francophonie-durable.org/documents/colloque-ouaga-a1-ranaivoson.pdf.

RANDRIAMAROLAZA L.P, (1985)Riba, « civilisation et culture » ; vers une definition de l'objet des etudes de civilisation malgache. *Hiratra, volume 4, 1985, pp. 79-102.* http://madarevues.recherches.gov.mg/?Riba-Civilisation-et-culture-vers

RONDREUX J.L (1972) Plurilinguisme : *Linguistique et Enseignement*, *volume 2, 1972 pp:97 – 107* http://madarevues.recherches.gov.mg/?Plurilinguisme

RUDAT R, MAURY S, (2009). Compréhension d'un graphique à double implantation par des élèves de 9 à 10 ans ASTER n° 48 p 187-208 http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/30426/ASTER2009_48_187.pdf?sequence=1.

SOKONA S-B (1989) Aspects analytiques et aspects analogiques de la proportionnalité dans une situation de formulation. « petit x » n°19 pp.5- 27 http://www-irem.ujf-grenoble.fr/revues/revue_x/numero.php?num=19.

TOURNES,D. (2006) Ethnomathématique dans l’océan Indien : les lambroquins à la Réunion Ce dossier est une version augmentée de l’article paru dans la *Revue historique de l'Océan Indien*, 2 (2006), p. 194-204. Il est publié sur Culture*MATH* avec l’aimable autorisation de l’AHIOI (Association historique internationale de l’océan Indien) IUFM de la Réunion et équipe REHSEIS http://www.math.ens.fr/culturemath/histoire%20des%20maths/htm/tournes/Lambroquins_CultureMATH.pdf.

TOUZIN G, La contribution de l’approche par compétences à l’intégration des apprentissages, source http://www.cegep-chicoutimi.qc.ca/reflets/reflet06.htm#RET3

SITOGRAPHIE REVERIFIE LE 14 AVRIL 2013

Index Graphique

Index Tableaux

Table des matières