Rapport Maths en Jean

Marine Tartaglia

Aix-Marseille Université

Sommaire

Introduction

I. Partie I : Diverses sorties

1. Stage hippocampe sur les maths et la musique

1.1. Les mathématiques de la guitare

1.2. La gamme pythagoricienne

2. Stage hippocampe Polygones, polyèdres, pavages

3. Demi-finale du 28e Championnat international des jeux mathématiques et logiques

4. Souk des sciences

5. Animation à l'école primaire des Lauves

II. Partie II : Congrès Maths en Jean à Lyon

Conclusion

Annexes

Introduction

De nos jours, les mathématiques servent beaucoup pour expliquer différents phénomènes.
Au cours du semestre 6 de la Licence : Mathématiques générales, j'ai choisi l'option maths en jean suite à des échos que j'ai eu de cette matière par des camarades l'ayant prise en L2.

Au cours de ce semestre, j'ai participé à plusieurs sorties variées. Nous avons pu aller voir plusieurs stages hippocampe à l'I.R.E.M. à Luminy, mais nous avons aussi fait des sorties hors de Marseille, comme notre weekend à Lyon et de multiples sorties à Aix en Provence.

Au début du semestre, je ne savais pas que cette option allait m'apporter autant de choses. Nous avons appris à travailler en groupe, à nous aider les uns les autres. Mais aussi nous avons appris à travailler les mathématiques d'une manière différente, avec beaucoup plus de plaisir. Notre devise étant « Ne subissez plus les maths, vivez les » (cf. annexe n°1). Voir les mathématiques sous un autre angle, m'a beaucoup apporté. En effet pour mon avenir professionnel, je prévois de devenir professeur de mathématiques, et cette option m'a donné encore plus envie de travailler dans ce domaine, qui est très riche.

Dans ce rapport, mon étude va se composer des sorties effectuées au cours du semestre pour la première partie, et ensuite ma deuxième partie sera consacrée à mon ressenti suite à la sortie de Lyon qui fut notre première sortie évaluée.

I. Partie I : Diverses sorties

1. Stage hippocampe sur les maths et la musique

La musique et les mathématiques ont une origine commune. C’est ce que nous ont expliqués des élèves de 3ème du lycée Ruissatel de Marseille. Leur évolution s'est faite de manière parallèle. Ces deux notions utilisent le même vocabulaire, mais sont deux domaines différents. Pourtant nous allons voir qu’elles ont beaucoup de points communs, et en les combinant nous pouvons expliquer la musique grâce aux mathématiques. Les deux matières ne font que s'enrichir l'une et l'autre au fil des siècles. Comprendre la musique, c'est connaître les nombres.

Les élèves ont travaillé dans plusieurs domaines de la musique :

- les mathématiques de la guitare
- une quinte qui hurle comme le loup
- la géométrie autour des partitions
- les transpositions

Nous allons nous arrêter sur deux de leurs exposés. Dans un premier temps nous étudierons les mathématiques de la guitare, puis dans en second temps la gamme pythagoricienne.

1.1) Les mathématiques de la guitare

Le but de cet atelier était de comprendre, à l'aide de la manipulation de la guitare, les différents rapports de l'octave, de la quinte et de la tierce ; de comprendre la construction de la gamme majeure avec les différentes altérations.

Les élèves étaient divisés en trois groupes pour ce sujet.

Un groupe a travaillé sur les espacements des barrettes d’une guitare. Un second sur les mathématiques de la guitare, plus précisément sur le lien entre les cordes et les frettes. Et le dernier sur la gamme pythagoricienne.

Concentrons-nous sur les mathématiques de la guitare.

Les professeurs ont suggéré aux élèves de partir d’un monocorde pour introduire les différentes fractions (1,2/3,4/5) (cf. annexe n°3), puis comprendre que le son est inversement proportionnel à la hauteur du son. Les élèves avaient à leur disposition une guitare, un mètre de couturière et une tablure afin de vérifier leurs résultats trouvés. Leur but étant de leur faire trouver sur la guitare les deux cases représentant l'octave, et de leur faire mesurer cet écart à l'aide du mètre. Puis à l'aide d'une calculette les faire calculer et trouver l'emplacement de la quinte, la tierce, la quarte de cette note. Par la suite, de réitérer cette manipulation afin de trouver toutes les notes et les cases de la guitare. Ensuite ils ont donc dessiné un tableau regroupant tous leurs résultats. A l'aide de ce tableau, ils ont essayé de reproduire un air simple avec la guitare. De ce fait, ils ont donc appris à jouer de la guitare en utilisant seulement les mathématiques.

En effet, les différentes fractions découlent du théorème de Fourier, qui dit que tout mouvement périodique de fréquence f se décompose en une somme de mouvements sinusoïdaux de fréquences f, 2f, 3f … Ces sons sont des harmoniques. On dit que le 1er harmonique est le fondamental. Le rapport des fréquences entre les premiers harmoniques détermine les intervalles justes. Le rapport entre le deuxième harmonique 2f et le fondamental f est l'octave. La quinte (3/2) est le rapport entre le troisième et le deuxième harmonique. La quarte (4/3) est le rapport entre le quatrième et le troisième harmonique. La quarte est le renversement de la quinte.

Ils ont fini par remarquer que construire une échelle musicale revenait à subdiviser l'octave à l'aide de sons intermédiaires.

Cet atelier leur a donc appris à jouer de la guitare en utilisant leurs connaissances en mathématiques. Cela met en évidence que les mathématiques sont partout et que l'on peut les utiliser pour le plaisir et les divertissements. (cf. annexe n°2)

1.2) La gamme pythagoricienne

Le but de cet atelier est de nous aider à construire une échelle musicale en n'utilisant que des octaves et des quintes, et de comprendre en dessinant une ronde, que l'on peut faire 11 quintes justes et une dernière fausse, appelée « quinte du loup ».

Les élèves disposaient d'un carillon et d'un décimètre d'élève, afin de mesurer les différentes lames et ainsi de retrouver la quinte du Do. Et ils ont découvert que ce n'était pas possible mathématiquement, de clore une ronde. On parle alors de spirale et la valeur de la quinte du loup est égale au nombre d'octave.

La gamme de Pythagore consiste à partir d'une note de référence et à appliquer, successivement, l'intervalle de quinte à la note précédente. La quinte est un intervalle entre deux notes.

Pour mieux comprendre, prenons un exemple.

Si on part de la note Fa, on obtient, en montant d'une quinte une note : Sol, puis un Ré, puis un La puis un Mi, puis un Si. Avec cinq quintes montantes et une quinte descendante, on obtient 7 notes qui forment ce qu'on appelle la gamme diatonique majeure de Do : les fameuses notes Do, Ré, Mi, Fa, Sol, La, Si. On peut encore monter le Si d'une quinte, et on tombe sur une note plus aiguë qu'un Fa, mais moins qu'un Sol ; par convention on appelle cette note Fa dièse (F#). En continuant on obtient donc les autres notes « # ». En prenant toutes ces notes obtenues, on les représente sur une « spirale des quintes ». En faisant cela, on aperçoit une propriété remarquable de la gamme de Pythagore : c'est à dire quand on applique 12 fois l'intervalle de la quinte à la note Do, on obtient un Si#, qui est très proche d'un Do. C'est pourquoi on peut garder que 12 notes dans la gamme de Pythagore en considérant que certaines notes sont égales. C'est pourquoi nous n'avons que 12 notes dans une octave.

Les Pythagoriciens ont eu l'idée de réitérer la division initiale, en considérant la quinte de la quinte etc. . Quand on arrive à un son qui fait parti de l'octave de départ, on s'y ramène à l'aide d'une multiplication par deux de la longueur du bout de la corde.

On obtient donc des sons correspondant à des longueurs $2^n/3^p$. Or 2^n est pair et 3^p est impair donc ils n'auront jamais $2^n/3^p = 1$ ni $2^n/3^p = 1/2$ sachant que 1 et 1/2 correspondent à une octave. Ce qui montre donc que la fermeture du cycle des quintes est impossible. Et ce cycle est donc une spirale.

Ils ont donc trouvé que l'intervalle des 12 quintes justes représentait une note qui sonnait légèrement plus haut que la note obtenue après 7 octaves. Ils ont appelé cette différence le coma Pythagoricien, ce coma étant d'environ 1,36%. (cf. annexe n°4)

2. Stage hippocampe Polygones, polyèdres, pavages.

Lors de ce stage hippocampe, je me suis concentrée sur un groupe d'élève qui avait un sujet accrocheur : le mélange des cartes.

Il disposait d'un jeu de cartes. Il cherchait avec un nombre 2n de cartes au départ, au bout de combien de tours chaque carte allait retrouver sa place initiale, après un mélange intercalant les cartes. Leur problématique étant « pour ce mélange, au bout de combien de coups nous retombons sur la position initiale ? ». (cf. annexe n°5).

Ils ont tout d'abord testé pour un certain nombre 2n de cartes au départ (cf. annexe n°6).

Après ces différents tests, ils ont généralisé leurs résultats, en considérant le mélange comme une permutation σ (k). Ils ont donc observé une carte en position k de départ, après un mélange cette carte est en position σ(k). On distingue alors 2 cas :

- si $k < n$, $\sigma(k) = 2k-1$ (1)
- si $k > n$, $\sigma(k) = 2(k-n)$ (2)

En ce concentrant sur les permutations et leurs propriétés, ils ont pu découvrir que les permutations se décomposaient en produit de cycles à supports disjoints. A partir de là, ils se sont concentrés sur les cycles.

Au départ donc ils ont un nombre de cartes défini, qu'ils ont placé dans l'ordre. Ils ont séparé les cartes en deux paquets égaux. Ils procèdent au mélange, c'est à dire ils intercalent une carte de chaque paquet. Ils reproduisent ce mélange jusqu'à ce que chaque carte retrouve sa position initiale.

Afin de trouver un cycle, ils prennent la première carte et ils suivent sa position, en utilisant les formules trouvées auparavant (1) et (2) avec 2n le nombre de carte de départ.

Une fois qu'ils ont trouvé les cycles, ils ont cherché le nombre de coup pour trouver la position initiale de la carte. Ils ont découvert que le P.P.C.M. (le plus petit commun multiple) des longueurs des cycles leur permettait de déterminer le nombre de coup. En effet, l'ordre de la permutation σ(k) est égal au PPCM.

Pour trouver le nombre de coup le plus rapidement ils ont donc fait :

P.G.C.D.(a,b)* P.P.C.M.(a,b) = a*b.

Ce sujet leur a donc permis de découvrir des notions de mathématiques pas forcément simples, mais d'une façon ludique et intéressante, et surtout que l'on rencontre dans la vie de tous les jours.

Question d'ouverture : une coupe est elle un mélange ?

3. Demi-finale du 28e Championnat international des jeux mathématiques et logiques

Le samedi 22 mars, au nom de l'association Maths pour tous, nous avons aidé à organiser pour le compte de la F.F.J.M., les demi-finales du 28e Championnat international des jeux mathématiques et logiques à Aix-en-Provence. Lors de cette journée, diverses personnes ou élèves ont pu passer plusieurs épreuves. La journée fut divisée en deux parties :

- le matin, il y avait les qualifications pour les championnats de jeux de grilles logiques et de sodoku,
- et l'après midi, s'est déroulé le championnat F.F.J.M. .

Nous avons donc aidé nos 2 enseignants, qui étaient les dirigeants de cette journée, à mettre en place la salle accueillant les participants. De plus, nous avons eu la possibilité de pouvoir faire les épreuves nous aussi. Pour ma part, j'ai surveillé les épreuves. Mais en surveillant, ma curiosité étant importante, j'ai essayé aussi de faire quelques épreuves, le sodoku étant celle m'ayant le plus intéressée. (cf. annexe).

Cette sortie là, m'a vraiment montré que dans la vie de tous les jours, des personnes de tout âge, et d'intérêt différent sont intéressées par les mathématiques. C'est très motivant je trouve, puisque pour ma part, parmi mes connaissances, pas grand monde est « passionné » par cette matière qui pourtant est très riche et fascinante. Elle est utilisée partout dans la vie courante, mais certain la voit comme inintéressante ou encore « trop compliquée ».

Mais de voir des personnes autant passionnées est très encourageant, sachant que je voudrai devenir professeur de mathématiques.

En effet, voir des élèves venir passer un concours de mathématiques un samedi, montre qu'ils en ont envie, et qu'ils s'y intéressent de prés.

4. Souk des sciences

Le mercredi 26 mars, nous avons participé au souk des sciences au centre commercial Avant Cap à Plan-de-Campagne. Ce fut la première sortie que nous avons animé. De ce fait, nous étions très stressés : savoir si nous allions avoir du monde à notre stand, savoir si nous allions tomber sur plus fort que nous, savoir si nos animations allaient bien marcher et intéresser le public. Pour ma part, j'étais un peu inquiète effectivement. Mais dés que nous avions installé notre stand, et commencé à animer et à attirer des personnes, ce stress a disparu. Je me suis prise au jeu d'expliquer notre sujet, nos animations non seulement à des passants dans la galerie mais aussi à mes camarades de l'U.E. n'étant pas dans mon groupe. Très vite nous nous sommes mis à l'aise, et nous essayions d'interpeler des passants, afin de les amener à notre stand.

Comme nous sommes 7 dans le groupe, nous pouvions expliquer à plusieurs personnes en même temps notre sujet. Mais nous manquions un peu d'animation, à la vue du monde que nous avons eu à certain moment à notre stand. Nous avons discuté au cours de cette journée avec ceux de mon groupe et, pour notre première animation, nous en avons retenu que des points positifs. Mais aussi, on a vu qu'il nous fallait plus d'animations, ou être un peu moins sur le stand afin que personne ne soit inactif au stand. C'est pour cela qu'en milieu d'après midi, nous avons décidé de nous partager en deux groupes : un qui restait au stand pour expliquer, et un qui se déplaçait dans le hall de la galerie marchande avec quelques animations afin d'essayer d'interpeler des personnes qui se promenait dans la galerie. En faisant cela, nous avons rencontré un professeur de notre faculté (Saint Charles). Lui travaillait sur les hologrammes. Discuter avec lui, me fut très enrichissant : en effet voir quelqu'un connaitre très bien notre sujet et nous en apprendre encore plus, c'est passionnant. Nous avons pu le ramener à notre stand afin de lui montrer la totalité de nos animations.

Pour conclure cet après midi là, nous a été profitable, et nous avons pu ressentir le gout d'animer face à un public de tout âge, n'ayant par forcément de connaissances particulières en mathématiques.

5. Animation à l'école primaire des Lauves

Le mardi 15 avril, nous avons animé à l'école primaire des Lauves de Aix en Provence. Nous avons reçu 6 groupes d'élèves de CE2, CM1 et CM2. Pour commencer nous avons décidé d'expliquer aux élèves ce qu'était notre thème et de leur expliquer avec des mots très simples "qu'est ce un effet de moiré". Nous avions disposé nos animations sur deux tables. Pour le premier groupe, nous avons divisé les élèves en deux sous groupes, afin qu'ils puissent manipuler nos animations. Et ensuite pour le second, nous avons décidé d'installer l'ordinateur afin de leur montrer des animations sous forme de fichiers ; du coup nous avons changé notre mode de fonctionnement des animations. Au début, dès que les élèves arrivaient, on leur expliquait en quelques mots ce qu'était le phénomène, puis ensuite nous les divisions en trois groupes. Un groupe allait manipuler les moirages simples, un autre manipulait l'ombro cinéma, et le troisième observait les fichiers à l'ordinateur. Chaque groupe était entouré par deux membres de notre groupe, qui leur expliquaient à chacun, ce à quoi correspondaient les animations. Le premier petit stand montrait les moirages simples, on leur expliquait la définition du moirage et on les faisait manipuler. Le second était consacré à l'ombro cinéma, on essayait de leur faire deviner ce que nous allions obtenir en superposant les deux trames. Et le dernier était sur l'ordinateur, on faisait une présentation des moirages dans la vie de tout les jours, les faisant participer avec notre maquette de moirage avec les rideaux ; ensuite on leur montrait comment nous avions créé les animations à l'aide des logiciels que nous avions trouvés. Avoir ces trois stands nous fut fort pratique, nous avions peu d'enfant à chaque fois ce qui permettait une plus grande participation de chaque élève.

Et j'ai pu remarquer qu'avoir trois stands plaisait bien aux enfants puisqu'il y avait plusieurs activités à faire, et surtout beaucoup d'animations et de manipulations. Les enfants de ce fait ne s'ennuyaient pas.

Cette sortie fut une des meilleures sorties à mon goût. J'ai pris beaucoup de plaisir à expliquer à des enfants un sujet sur lequel ils n'avaient aucunes connaissances. De plus c'est un sujet compliqué aux premiers abords, mais nous avons réussi à le mettre à la portée de tous. Pourtant, quand j'ai appris que nous allions dans une école primaire, je me suis dis : "cela va être plus compliqué de leur expliquer à eux qu'à des collégiens ayant plus de connaissance en mathématiques". Mais pas du tout, les animations nous ont beaucoup aidé pour faire cela, ils étaient peut être même plus intéressés que des collégiens.

II. Partie II : Congrès Maths en Jean à Lyon

Au tout début de l'UE nous étions deux groupes travaillant sur le moirage. Mais au fil des semaines, nous avons remarqué que les deux groupes s'orientaient sur les mêmes recherches, animations etc .. Même avec une aide différente des professeurs, nous trouvions à peu prés les mêmes idées. Après environ un mois et demi de recherches, et avec l'accord de nos professeurs, nous avons décidé de fusionner nos deux groupes en un seul, afin de mettre tout en commun et de décider ensemble comment nous allions avancer. Chacun a travaillé sur une partie, et chaque semaine nous mettions tout en commun.

Nos premières recherches étaient concentrées sur la question « comment créer un moirage ». Mon groupe, au départ, a commencé à faire des recherches sur internet, puis à se renseigner dans notre entourage s'ils connaissaient le sujet. Je suis même allée à la bibliothèque universitaire de la faculté afin de voir s'il y avait des ouvrages sur ce sujet. J'ai emprunté une thèse pensant qu'elle était sur ce sujet, mais les thermes utilisés étaient très complexes. Nous n'avions pas trop compris et elle traitait plus du coté physique. Donc nous nous en sommes pas vraiment servis. Chaque semaine nos professeurs nous guidaient vers certaines recherches, ce qui nous permettait d'avoir des objectifs et de ne pas aller chercher trop loin.

Nous avons même appelé Carrefour et Renault, afin de savoir s'ils avaient toujours des exemples des jeux qu'ils avaient fait, il y a quelques années utilisant le phénomène de moirage. Mais ils ne nous ont pas répondu ou encore ont cru qu'il s'agissait d'une blague. Pour ma part, je me suis renseignée au prés de ma famille et de mes amis afin de savoir s'ils en avaient un exemplaire, mais je n'en ai pas trouvé.

A la suite d'une discussion avec un de nos professeurs, j'ai réalisé une maquette d'un moirage avec le voile d'un rideau. J'ai fait deux petits cadres en carton avec au milieu du voile. Pour le premier cadre, je n'ai mis qu'une épaisseur de voile (cf annexe n°7), et pour le second, j'en ai mis deux (cf annexe n°8), afin de faire apparaitre les effets de moiré. J'ai décidé d'en faire deux afin de montrer la différence entre les deux. Quand j'ai vu que cela fonctionnait très bien, j'ai décidé pour notre première animation en public de faire un cadre plus grand et en bois, afin que ce soit plus joli et que plus d'effet de moirage apparaissent.

Après plusieurs études, nous avons cherché comment faire des moirages, comme nous avions vu sur des vidéos sur plusieurs sites internet. Nous avons mis un moment afin de trouver comment faire. Mais un jour nous avons trouvé un logiciel « animbar », nous permettant de créer des moirages « animés ». Il nous suffisait de trouver des .gif animés sur internet. Après pour créer le moirage, à l'aide du logiciel nous décomposions le .gif en plusieurs images, qui se superposaient et créaient une trame permettant la création finale du moirage. Cette découverte fut très importante pour nos animations. Nous avions enfin trouvé de quoi faire plusieurs animations attirantes.

A l'approche du congrès à Lyon, nous avons mis la priorité sur la partie mathématiques de notre sujet. En effet au début nous avions fait des recherches, mais en vue des sorties, nous nous sommes consacré à l’animation, qui était la plus grosse partie, afin d’attirer les personnes, et ensuite leur expliquer pourquoi nous avions choisi ce sujet, et ou se cachait les mathématiques.

Chacun à choisit un type d’intersection de deux réseaux. Nous avons étudié :

- l’intersection de deux réseaux de droites parallèles ;
- l’intersection de deux cercles de Fresnel ;
- l’intersection de deux cercles concentriques ;
- l’intersection d’un cercle de Fresnel et d’un cercle concentrique ;
- et l’intersection de deux faisceaux de droites concourantes.

Moi j’ai étudié le cas de l’intersection d’un cercle de Fresnel et d’un cercle concentrique.

Au souk des sciences, nous avons vu que nos animations avaient bien marché, mais que nous n’en avions pas assez. C’est pourquoi, pour Lyon nous avons fait plus d’animations, en vue d'en avoir en double pour que deux personnes puissent animer en même temps.

De plus, pour le congrès de Lyon, nous devions faire une conférence sur notre sujet. De ce fait, nous devions réaliser un diaporama afin d’avoir un support. Mais nous étions mal organisés. En effet, certains n’ont pas consulté le groupe et ont fait un diaporama sur leurs recherches. Donc, nous nous sommes retrouvés avec un diaporama pour chaque personne et nous n’avons pas eu le temps de les fusionner. Si nous devions refaire une conférence, il faudrait faire mieux avec une cohésion de groupe plus importante au niveau de la communication de nos recherches. Puis, nous avons déterminé un ordre de passage lors de la conférence afin que le niveau soit progressif. Le principal problème, c’est que certain d’entre nous ont beaucoup trop parlé et que nous étions trop nombreux, donc les personnes dans l’amphithéâtre ont facilement perdu le fil. Il aurait fallu plus condenser et ne faire qu’un résumé de la même taille pour tous.

Pour ce qui concerne l’animation à Lyon, le samedi après midi nous étions en animation dans une salle avec deux autres groupes. Le but était que chacun présente son sujet, montre ses animations et fasse participer les autres groupes. Lors de notre animation, nous avons essayé de faire participer tout le monde, professeurs et élèves. Cette animation fut très intéressante, puisque certains étaient venus sur notre stand dans la journée, et donc avait déjà des connaissances sur notre sujet. Nous avons donc posé des questions afin de voir s’ils avaient bien compris, puis nous avons expliqué aux autres qui n’étaient pas venu sur notre stand. Nous avons donc vu que ceux qui étaient venu à notre stand avait compris beaucoup de choses. Ce qui prouvait que nous avions trouvé les bonnes explications. Je suis bien contente d'avoir participé à cette activité. Cela permet aux personnes présentes de tout manipuler, et d’expliquer à un groupe réduit notre sujet, ce qui augmente l’attention des participants, et au final cela est plus organisé que le stand.

En plus de ces deux activités citées précédemment, nous avions un stand. Sur ce stand nous avions exposé différents posters simples comportant des définitions, des explications etc., introduisant le sujet et sur des tables nous avions exposé nos animations. Elles étaient posées sur des supports, permettant une organisation spatiale du stand et une facilité de manipulation. Nous faisions en sorte qu'il y ait toujours au moins deux membres du groupe à notre stand, permettant aux autres d’aller voir les autres stands.

Lors du weekend à Lyon, nous avons encore beaucoup appris. Le public était encore plus diversifié : des enseignants, des chercheurs, des collégiens, des lycéens et des personnes ne travaillant pas dans le domaine des mathématiques. J’ai même expliqué notre sujet, à mon professeur de mathématiques de 6ème que j’ai rencontré par hasard là bas.

Conclusion

Je ne regrette pas d'avoir choisi cette option. Au contraire, grâce à elle, j'ai appris plus que je ne pensais. J'ai appris à travailler en groupe, à transmettre mes connaissances à autrui en prenant du plaisir, sans avoir de contraintes.

Pour moi cette matière est basée sur la connaissance, mais aussi sur une certaine communication entre les personnes. Expliquer notre sujet à des élèves ou à des professeurs, permet de créer un lien, qui est bien différent du lien professeur- élève que l'on peut connaitre à l'école. En effet, les personnes à qui l'on explique notre sujet ne sont pas là par obligation, mais plutôt par envie, plaisir ou encore curiosité. Cela permet un partage des connaissances d'une autre manière.

De plus, nous avons était confronté à plusieurs niveaux de connaissances en mathématiques. Du niveau primaire au niveau lycée pour les élèves, mais nous avons aussi rencontrés professeurs et chercheurs. Donc nous avons dû nous adapter à différentes situations, permettant une assez grande diversité du vocabulaire engagé.

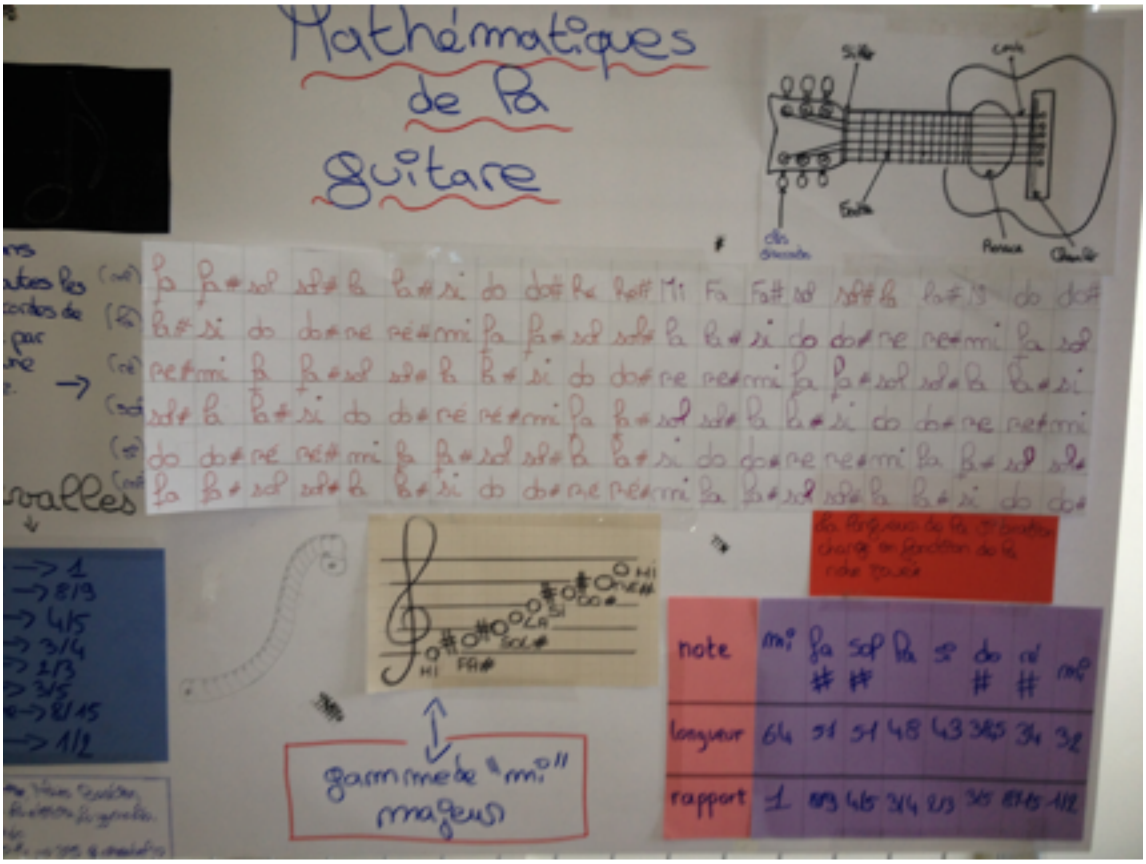
Ce fut une expérience enrichissante à tous les points de vue, et surtout pour mon avenir professionnel.

C'est une matière conciliant le partage, et le travail scientifique.

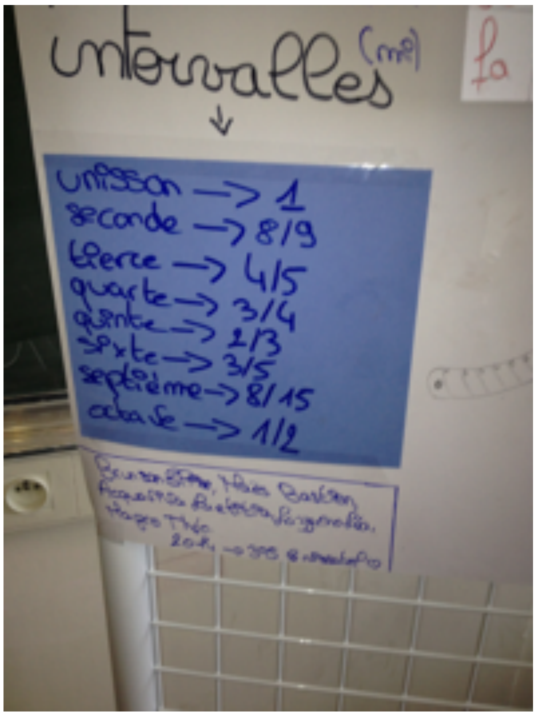
Annexes

Annexe n°1

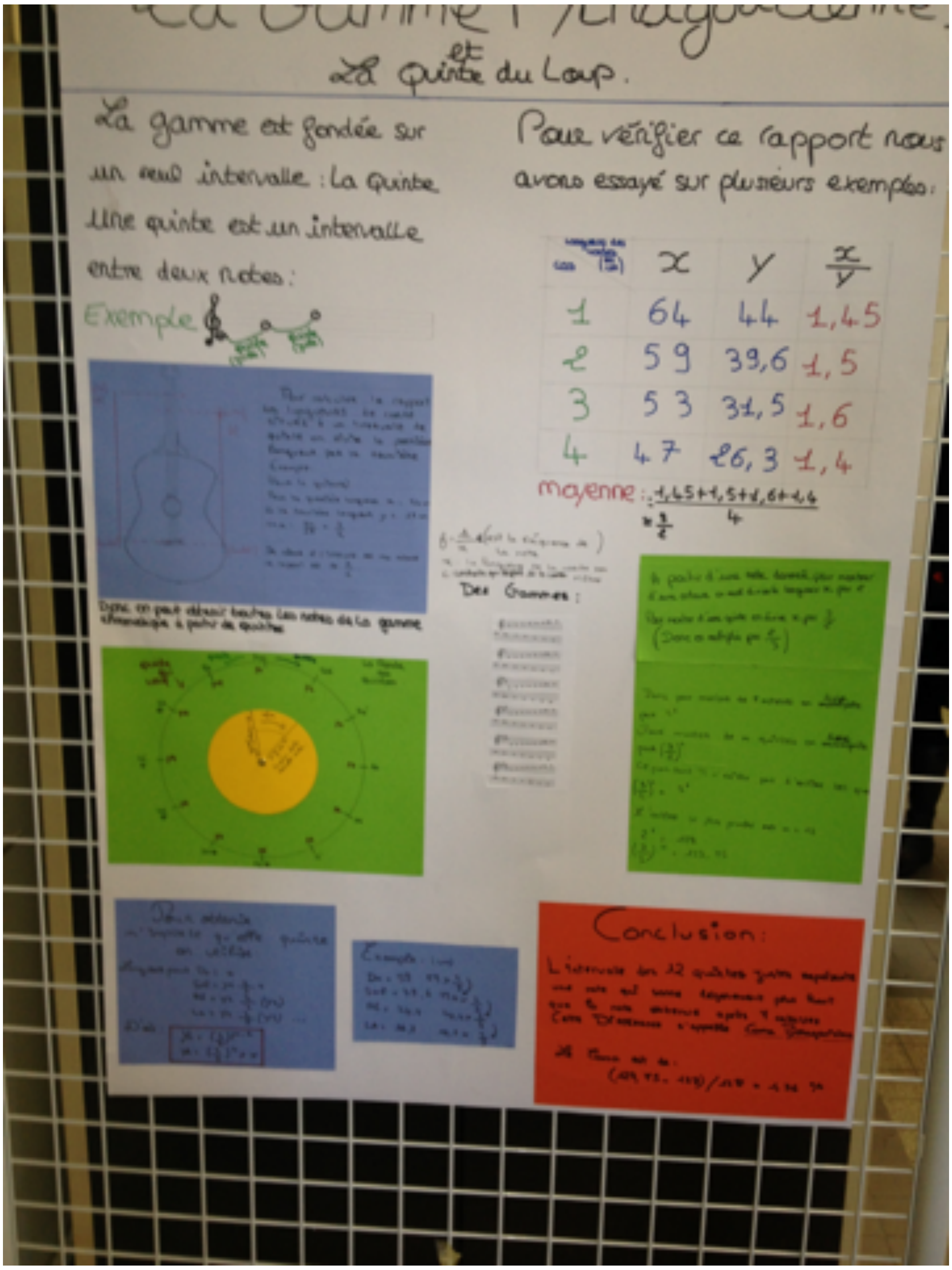
Annexe n°2



Annexe n°3

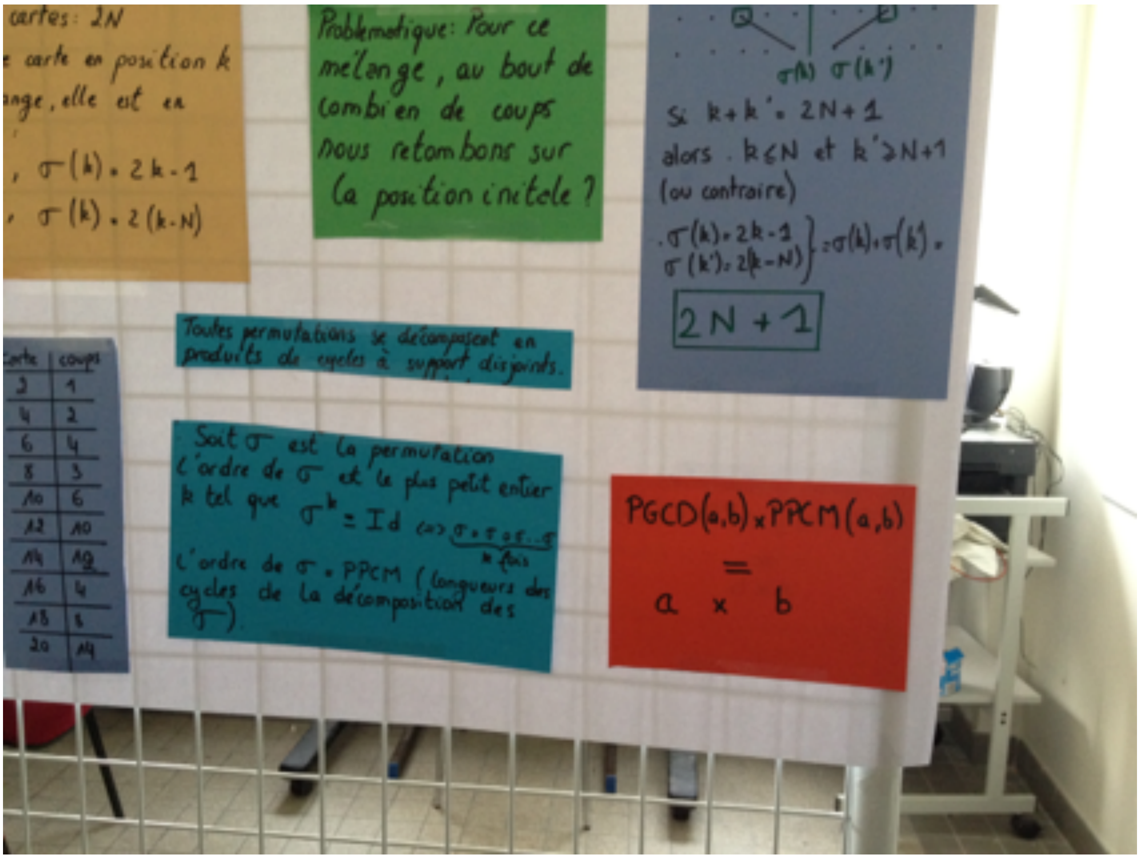


<u>Annexe n°4</u>

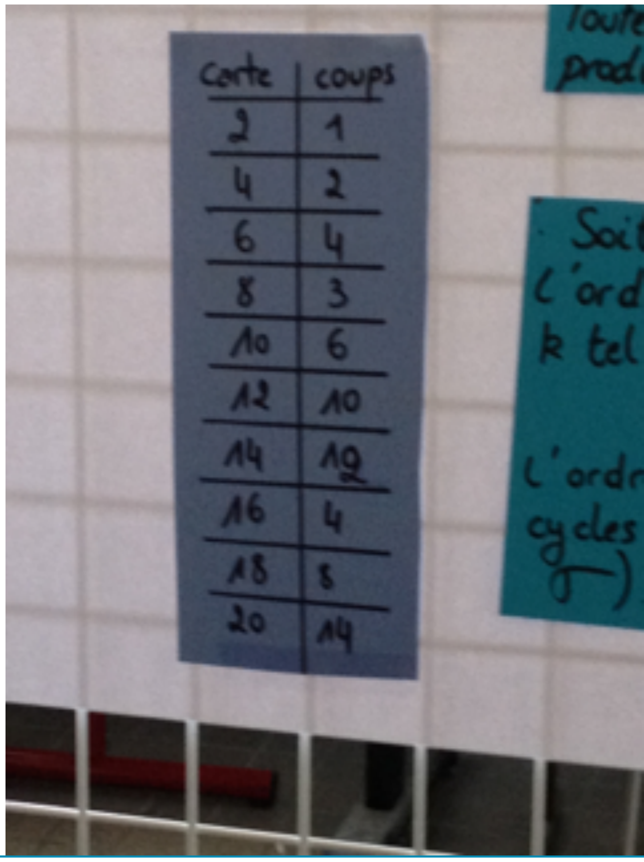


et quinte du Loup.
La gamme est fondée sur un seul intervalle : La Quinte
Une quinte est un intervalle entre deux notes :
Exemple
Pour vérifier ce rapport nous avons essayé sur plusieurs exemples.
x
y
1 64 44 1,45
2 59 39,6 1,5
3 53 31,5 1,6
4 47 26,3 1,4
moyenne : 1,45+1,5+1,6+1,4 / 4
Des Gammes
Conclusion :

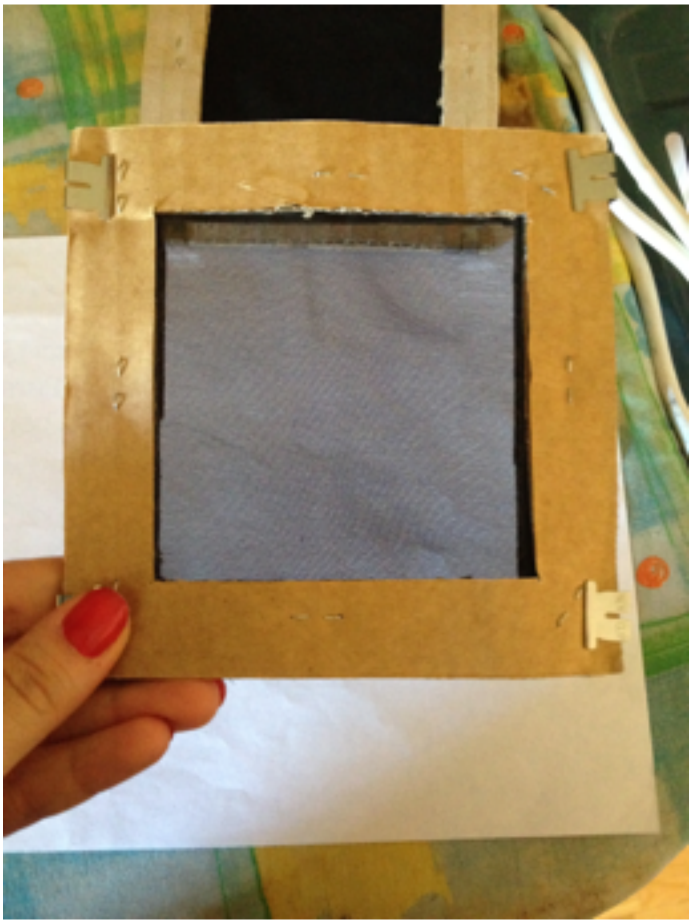
<u>Annexe n°5</u>



<u>Annexe n°6</u>



Annexe n°7



Annexe n°8