

DEMARCHE D'INVESTIGATION ET PLURIDISCIPLINARITE

Une expérience en troisième professionnelle

Isabelle AUBRY¹
Pascale SENECHAUD²

Résumé : Nous présentons ici une expérience en lycée professionnel qui utilise à la fois le concept de démarche d'investigation et celui de pluridisciplinarité : démarche d'investigation puisqu'il s'agit de résoudre une énigme policière et pluridisciplinarité puisque les mathématiques s'y trouvent reliées au français, à la géographie, la physique, la diététique et la vie citoyenne. Le travail présenté ici peut constituer une piste pour des activités interdisciplinaires au collège (E.P.I.)

1. — Introduction

Les élèves de classe de troisième professionnelle, acteurs de cette expérience, sont des « écorchés vifs » du système scolaire. Après des années d'échec et d'exclusion au collège, ils jugent souvent les mathématiques comme inaccessibles car abstraites et déconnectées du quotidien. Ils se trouvent souvent dans une attitude de repli et de dépréciation d'eux-mêmes, comme le montrent Establet et al. (2005). La démarche d'investigation au sens de Matheron (2010) semble un outil efficace pour reconstruire la confiance en soi puisqu'elle implique un travail d'équipe où l'erreur ouvre souvent la voie à de nouvelles perspectives. Elle amène l'élève à être acteur de la construction de son savoir, ce qui lui permet de reprendre pied dans une scolari-

té voulue et non plus subie. C'est dans cette optique que nous proposons aux élèves de résoudre une énigme policière. Dans leur recherche, les élèves utilisent conjointement de l'arithmétique et de la géométrie ce qui peut permettre le décroisement de leurs connaissances. Par ailleurs, il nous a semblé intéressant de dépasser les limites de notre propre discipline. Le cadre s'y prête puisqu'au lycée professionnel le professeur de mathématiques est aussi le professeur de sciences physiques et de chimie. Il apporte par là-même, une vision des mathé-

1 Enseignante PLP, formatrice ESPE - Limoges

2 Maître de conférences- université de Limoges, animatrice Irem

matiques différente de celle utilisée dans les cursus généraux. Par ailleurs il est important de mettre les élèves devant des mathématiques reliées au quotidien.

Dans cet article, nous présentons tout d'abord en quoi consiste notre expérimentation. Puis l'analysons en termes de démarche d'investigation après avoir précisé ce que nous entendons par là. Nous faisons également le lien avec les nouveaux programmes de collège. Une partie est ensuite consacrée à l'articulation avec d'autres disciplines. Enfin nous expliquons en détail le déroulement d'une des situations rencontrées.

2. — Présentation de l'expérimentation

Durant trois années nous avons mené, dans la classe de troisième « préparation professionnelle » du lycée professionnel E. Vaillant à Saint Junien (Haute-Vienne 87), une expérimentation soutenue par la CARDIE³ de l'académie et l'Irem de Limoges.

Nous avons travaillé avec les élèves durant une heure hebdomadaire en classe entière de mi-septembre à mi-décembre. La mise en place a évolué au cours des années : Isabelle Aubry était le professeur de mathématiques de la classe durant la première année et Pascale Sénéchaud était alors, du point de vue des élèves, un intervenant extérieur. Les années suivantes, Isabelle n'avait plus cette classe en charge, l'expérimentation a néanmoins perduré et elles étaient épaulées par le professeur de mathématiques de la classe. Pour la dernière année, le professeur de physique s'est joint à l'expérience en proposant une activité, présentée dans la partie pluridisciplinarité.

³ Cellule académique de recherche, développement, innovation, expérimentation.

Cette expérience menée sous forme d'enquête policière avait trois objectifs principaux :

- Modifier l'attitude de rejet et de dévalorisation des élèves face aux mathématiques en donnant une place prépondérante à l'investissement des élèves pendant les situations posées.
- Développer des aptitudes de recherche, d'autonomie et de collaboration, en permettant à l'élève de découvrir les concepts mathématiques liés à la preuve, au traitement des pistes invalidées (statut de l'erreur) et plus généralement à la pratique de la démarche scientifique et au raisonnement logique.
- Donner du sens aux éléments du programme de mathématiques vus au premier trimestre (divisibilité-PGCD, fractions, Thalès).
- Faire émerger les représentations initiales sur la multiplication, la division et les fractions mais aussi plus largement les conceptions issues du vécu social de l'élève : les « préjugés sociaux » qui sont aussi des carcans, obstacles au développement d'un raisonnement logique mathématique.

Nous avons travaillé avec les élèves sur 10 séances que nous résumons dans les tableaux page 54 et 55. Un vol s'est produit dans une bijouterie et nous devons trouver le coupable : c'est notre fil rouge. Ce fil est maintenu par des séances qui commencent par la synthèse des résultats de la question posée à la séance précédente suivie d'une nouvelle question.

Pour les séances 1, 2, 3, les élèves disposent d'un rapport de gendarmerie (Fig.4) décrivant la situation, des états de la caisse du commerçant avant et après le vol et les billets. Les résultats de l'analyse indépendante de ses trois pièces montrent une concordance qui permet de cibler un suspect parmi les clients.

Pour les séances 3 et 4 et poursuivre l'enquête, il est prévu de rechercher des indices dans Saint Junien. Les élèves forment des patrouilles (Fig.2) pour préparer cette sortie, prévoyant un goûter équilibré (Fig.8).

Pour les séances 4, 5, suite à de nouveaux éléments apportés par la police, les élèves sont amenés à réfléchir à la méthode utilisée par les voleurs pour déjouer le système d'alarme qui aurait dû se déclencher (Fig.11). Cette partie fait l'objet du paragraphe 4.

Les séances 5 et 6 consistent à préparer un parcours dans la ville pour trouver et ramener les indices au lycée. La séance 7 est la sortie et la séance 8 est l'exploitation des indices permettant d'identifier la cliente suspecte, son lieu de naissance avec sa carte vitale partiellement abimée.

Les séances 9 et 10 sont mises à profit pour préparer une exposition présentée à la fois à la journée portes ouvertes du lycée et pendant la semaine des mathématiques. Pour les élèves de seconde qui avaient travaillé sur cette enquête l'année précédente, une extension a été mise en place avec la recherche d'un complice, à partir d'une carte de fidélité Jardiland dont on exploite le code barre.

Dans un premier tableau (ci-après, page 54), nous résumons les situations déclenchantes, les questions, les réponses qui définissent les différentes phases de l'enquête.

Dans un deuxième tableau (page 55), avec le même découpage par séance, nous précisons l'organisation pédagogique : forme de la séance (ateliers tournants ou en parallèle), ressources et supports mis à la disposition des élèves, les boîtes à outils disponibles mais aussi éléments du programme de mathématiques mis en jeu et les liens avec les autres disciplines.

3. — Démarche d'investigation et pluridisciplinarité

A. Notre projet en termes de démarche d'investigation

A1. Définition de démarche d'investigation

La démarche d'investigation avait pour finalité, à son origine, de faire éprouver aux élèves la nécessité d'enquêter pour s'instruire. Né au début du vingtième siècle, le terme « démarche⁴ d'investigation » fut d'abord cantonné aux domaines des sciences expérimentales, ce qui explique le terme premier de « démarche expérimentale ». Par la suite, il s'étend aux mathématiques du fait de la proximité conceptuelle avec « la résolution de problèmes » et plus particulièrement de la notion de « situation » au sens de Brousseau (1998).

Gaston Bachelard (1938) s'attache au sens du problème en mathématiques. Il s'agit, tout d'abord de poser le problème. Ce qui semble correspondre aux attentes d'une démarche scientifique dans l'esprit des nouveaux programmes du collège.

Précisons que les connaissances préalables des élèves ne suffisent pas pour en construire une nouvelle, mais que la démarche d'investigation permet de préparer le terrain à son introduction. Elle sera donc amenée par l'expert-enseignant. La démarche d'investigation pourra aussi permettre le réinvestissement de notions dans un nouveau contexte.

Ainsi grâce à l'émergence du doute et par la mise en évidence de l'inefficacité des anciennes procédures, l'élève acceptera le savoir nouveau apporté par l'enseignant. En effet, pour

⁴ Travaux menés à l'école-laboratoire de l'Université de Chicago, ce concept pédagogique sera appelé pragmatisme.

DEMARCHE D'INVESTIGATION
ET PLURIDISCIPLINARITE...

Structure et chronologie : Un VOL à Saint Junien Fil ROUGE										
Séances	1,2,3	3,4	4,5	5,6	7	8	Semaine des maths			
							9	10		
Enchaînements logiques de l'enquête										
Situation déclenchante	Circonstances du vol dans la bijouterie									
Question(s) des énigmes + tâches à réaliser	Quel est le profil du Voleur ? Comparaison des états de caisse pour déduire le billet à contrôler Vérification du ticket de caisse Etablir la validité du billet de 10 €	Préparation des patrouilles Comment répartir équitablement les patrouilleurs en équipe ? Peut-on leur préparer un gouter équilibré ? Trouver les diviseurs communs (nombre d'équipes) pour les professeurs et pour les élèves. Choisir le plus grand diviseur commun.	Désactivation du système antivol de la vitrine Comment le voleur a-t-il déjoué le système antivol ? Comprendre le fonctionnement du système Relation de réduction des volumes En déduire la masse de la briquette Faire le lien avec la masse de la bague disparue	Préparation du parcours de la patrouille Comment organiser un parcours adapté pour récolter les indices ? Repérer sur les cartes détaillées les points d'exploration Etablir un parcours passant par ces points Repérages des points sur une carte d'ensemble	Sortie en patrouille Guider les équipes sur le parcours et conserver les indices trouvés	Exploitation des indices récoltés Quelle est l'identité du voleur ? Comprendre l'établissement de la Clé d'un numéro INSEE Calculer d'un reste de division par 97 Déduire la fin du numéro d'INSEE	Exposition des travaux de l'enquête Remise au propre des fiches-élèves Utilisation de TICE pour mise en page de l'affichage	Exploitation d'indices sur le complice et sur la bague Quelle est l'identité du complice ? Où se trouve la bague volée ? Recoupement d'informations issues des ressources Comprendre la structure d'un code barre et déduire les informations sur le complice Décryptage d'un message par QI code		Le complice s'appelle Sébastien Aubois et habite Bosmie l'Aiguille (87110) La bague est trouvée près du kiosque au lycée
Réponses et conclusion	Le voleur est la fille aux pertes.	6 équipes de 4 élèves et 2 profs Un goûter salé et un sucré établis	La masse de la briquette est de 62,5 g en remplacement de celle de 65g . L'écart correspond aux 2,5g de la bague	4 lieux d'exploration repérés et placés dans un circuit tracé sur la carte d'ensemble		La voleuse s'appelle Céline Lasnier. Elle est née à Saint Junien. Son complice et petit copain s'appelle Sébastien				

Structure et chronologie : Un VOL à Saint Junien Fil ROUGE									
Séances		1, 2, 3	3, 4	4, 5	5, 6	7	8	Semaine des maths	
								9	10
Organisation pédagogique									
Organisation	3 ateliers parallèles et synthèses collectives	2 ateliers tournants et synthèse collective avec infirmière	2 ateliers tournant l'un sur le bilan de la seconde énigme et l'autre sur la 3 ^{ème}	4 ateliers, un part par lieu puis synthèses en rassemblant sur carte de la Ville	3-4 groupes responsables de l'orientation et du suivi du trajet	Reprises des indices par chaque équipe et synthèse collective	Classe de 3 ^{ème} avec les volontaires au CDI et ateliers tournants dans le Hall	Toutes classes de seconde du LP en demi-groupes, ateliers tournants	
Boîtes à outils	Critère de divisibilité par 9	Critères d'un goûter équilibré	Formule de volume d'un pavé droit	(Règles et équerre)	Passage du plan (carte) à l'espace, orientation	Construction du n° INSEE et de sa clé		Code barres	
Supports et ressources	Rapport de Police Tickets de caisse billets	Listes des patrouilleurs (élèves et professeurs) Tableau double entrées des associations possibles	Rapport de police Notice technique du système antivol	Carte d'ensemble de Saint Junien Cartes détaillées des 4 zones à explorer	La carte d'ensemble avec le circuit	Listes des N° Insee de communes Carte fidélité Jardiland Carte vitale abimée Registre des naissances canton de Saint Junien		Liste des Jardiland avec leur identifiant fidélité	
Eléments du programme de mathématiques - fin de cycle 4	Thème B - Addition, multiplication posées	Thème B- Décomposition en produit de facteurs Proportionnalité Calcul fractionnaire PGCD	Thème B : coefficient de proportionnalité Thème C : visualiser et représenter des volumes Thème D : effet d'une réduction sur un volume	Thème C : Thalès		Thème B : Division euclidienne restes- Pgcd		Mathématiques commerce/vente : (enseignement général lié à la spécialité du Bac Pro) , ici les informations d'un code-barres, sa lecture	
Interdisciplinarité possible (en gras, celles réalisées)	Français : Compréhension de texte	Diététique : SVT, infirmière	Sciences physiques : Conservation d'équilibre d'une balance grâce à une masse adaptée	Géographie : Repérage sur cartes avec différentes échelles	Arts plastiques : JBC Corot et son mouvement artistique	Géographie : Démographie et Découpage administratif en Haute Vienne			

Bachelard, **Apprendre** signifie « faire tomber des obstacles ». Ce n'est pas l'élève qui est au centre, mais le savoir car on ne peut demander à un élève d'aller de son propre mouvement vers ce qu'il ne connaît pas.

Aujourd'hui ce type de préoccupation est présent dans les préambules et les documents d'accompagnement des programmes et surtout dans les compétences du socle (cf par exemple [s1], [s2], [s3]). Nous verrons plus tard les compétences que nous avons privilégiées.

Des initiatives sur ce thème sont menées aujourd'hui en France : citons par exemple les stages hippocampe <http://www.irem-mrs.fr/hippocampe->, en Europe avec des projets comme Fibonacci, Primas, Mascil et Assist-me (<http://www.primas-project.eu>, <http://www.fibonacci-project.eu>, <http://www.mascil-project.eu>, <http://www.scientix.eu>). On retrouve aussi ce thème dans les ressources des Irem [s5].

L'organigramme ci-contre (page 57), correspond au schéma de la démarche d'investigation communément adopté en sciences expérimentales, comme sur le site de la « main à la pâte », [s4]. Il peut être repris en mathématiques. Nous reprenons sa structure en développant l'intérêt pédagogique de chaque étape...

a) Situation (*Point 1 sur le schéma*)

L'enseignant présente une situation relatant un fait ou un phénomène directement lié à l'environnement de l'élève. Cette situation expérimentale ou théorique n'est, en aucun cas, épurée ou simplifiée. Elle se doit de rester énigmatique pour l'élève qui doit ressentir la nécessité de comprendre, de résoudre.

Cette première étape est primordiale car elle suscite l'intérêt de l'élève.

b) Recueil de représentations (*points 1 et 2 sur le schéma*)

Ces deux points ne se déroulent pas forcément de manière chronologique et consistent en un débat où l'enseignant et les élèves formulent le problème à résoudre sous forme de questions. La formulation de la question est ici capitale. En aucun cas, l'enseignant ne doit avoir recours à des questions contenant en elles-mêmes la réponse ou encore à des questions fermées. Seules des questions ouvertes ou des questions d'incitation permettent de créer des situations pédagogiques favorisant la prise de conscience de l'existence de contradictions (conflits cognitifs), la possibilité de confrontation des différentes conceptions (conflits sociocognitifs), et l'incitation à la recherche et à l'action.

Le problème posé ne révèle souvent pas d'aspect mathématique identifiable par les élèves. Les champs disciplinaires nécessaires à la résolution du problème (mathématiques, sciences physiques, technologie,...) ne sont pas visibles afin que les élèves vivent aussi une démarche de projet (définition des phases de résolution, leur organisation, définition des outils nécessaires à la résolution, ...) et exercent leur aptitudes d'organisation.

c) Hypothèses⁵ (*point 2 sur schéma*)

L'élève va chercher à résoudre le problème en formulant des hypothèses. L'enseignant après avoir recueilli l'ensemble de ces hypothèses, les communique à l'ensemble de la classe. Un débat s'instaure pour de savoir lesquelles sont à privilégier. L'hypothèse investiguée par l'élève sera notée dans un « cahier d'expérience »

5 Ici le terme **Hypothèse** est à comprendre du point de vue du raisonnement hypothético déductif en sciences expérimentales. Ce mot revêt nombre d'ambiguïtés en français. Voir Activités scientifiques et technologiques, « La démarche expérimentale », ministères de l'EN et de la justice 2002, page 6



 DEMARCHE D'INVESTIGATION
 ET PLURIDISCIPLINARITE...

communément utilisé pour ce type de démarche (voir [s8]) (voir aussi le « support-élève » Fig.3).

d) Activités de recherche
(point 2 sur schéma)

En ce qui concerne les protocoles de recherche, les élèves après consultation de l'enseignant proposent une organisation de résolution permettant de vérifier ou d'infirmier les hypothèses retenues après le débat.

L'enseignant doit faire preuve d'une grande vigilance à ce stade de la démarche. Il ne doit, en aucun cas, imposer une méthode, mais plutôt inciter les élèves à en choisir une et à justifier leur choix. Lors de l'activité, les élèves suivent le protocole choisi, et font souvent beaucoup d'essais au brouillon, qu'ils expliquent à leur professeur. Ce n'est souvent qu'une fois certains d'avoir abouti qu'ils reprennent leurs notes pour rédiger leur réponse dans leur « cahier d'expérience ».

Cette étape se déroule bien souvent en groupes, plutôt hétérogènes selon les aptitudes et personnalités des élèves. L'enseignant est en retrait par rapport à la gestion de la résolution. Il est là pour questionner, soulever les incohérences de raisonnement, souligner des éléments non pris en compte, encourager (voir étayages). Le contexte familier des situations est basé sur un environnement réel et appréhendable qui permet les vérifications tout en renforçant le principe de réalité et la cohérence des solutions. Les élèves peuvent ainsi se confronter entre eux et modifier leur recherche.

e) Résultats, interprétations et validation ou non de l'hypothèse *(points 4 et 5 sur schéma)*

Les différentes démarches adoptées dans les différents groupes d'élèves ainsi que leurs

conclusions sont présentées à la classe. Un nouveau débat scientifique animé par l'enseignant s'installe afin de décider si l'une des hypothèses retenues précédemment est validée.

On discute ainsi de l'efficacité des recherches menées afin de retenir celles qui répondent au problème. Cette étape favorise la poursuite de l'évolution des conceptions. L'élève peut déjà, ici, par lui-même, décider d'écarter ses propres hypothèses car elles ne rejoignent pas celles du groupe ou car elles sont invalidées par les recherches.

f) Conclusion *(points 5 et 6 sur schéma)*

Cette étape permet de positionner une connaissance par rapport au problème posé mais aussi par rapport aux notions anciennes ou à venir.

La démarche d'investigation sera suivie de séances formalisant les techniques, les propriétés relatives à la notion découverte ainsi que de séances d'entraînements (d'abord d'applications avec des tâches simples et progressivement plus complexes) *(point 7 sur schéma)*.

A2. *L'investigation dans notre projet*

L'enquête policière est notre fil conducteur (fil rouge). Entre la description de la situation et l'établissement de l'identité du voleur on y trouve les phases de la démarche d'investigation définie en sciences ci-dessus. Ces phases sont aussi présentes au niveau des résolutions d'énigmes qui émaillent l'enquête. Dans le tableau de la structure et de la chronologie de l'enquête (page 3) on retrouve bien les situations déclenchantes, les questions formalisant un problème et les protocoles de recherche comme, par exemple dans la première énigme, comparaison des états de caisse, vérification des tic-

kets de caisse, contrôle des billets. Les conclusions peuvent permettre d'introduire de nouvelles notions en cours de mathématiques (diviseurs communs et pgcd) ou un réinvestissement d'une notion dans un autre contexte (opérations sur les fractions, Thalès). On pourra remarquer qu'il ne s'agit pas là de mise en place d'un raisonnement mathématique pour répondre à un problème mais d'une structuration de démarche scientifique organisant de manière déductive les phases de l'investigation.

Évidemment, la mise en place d'une telle démarche modifie la position du professeur et celle de l'élève. La difficulté se situe bien là, car une fois le programme des séances établi, leur déroulement n'est pas totalement prévisible. À chaque séance, nous nous retrouvons au milieu de petits groupes d'élèves qui travaillent. Notre position change à l'intérieur de la classe et nous devons être à l'écoute de chacun et nous devons faire avancer le débat sans intervenir dans le choix des élèves. Il s'agit ici de prendre en considération les conceptions des élèves au travers des phases d'échanges et de n'intervenir que pour faire évoluer ces conceptions ou débloquer la recherche par étayage. Par ailleurs, dans chaque séance le travail est réparti de telle sorte que celui des uns soit utile aux autres. Chaque groupe a un rôle dédié qui le rend indispensable dans la résolution du problème global. Ainsi nous espérons bien développer l'implication de l'élève.

L'enseignant définit la tâche sans détails afin que seul l'élève soit décideur. L'enseignant tient essentiellement un rôle d'étayage. Garder en ligne de mire l'objectif, sans se perdre dans les méandres de l'enquête, a été un grand défi pour les élèves et une réelle préoccupation pour les enseignants. Nous proposons dans le paragraphe suivant une description de notre expérience au travers les supports qui nous ont servis.

A3. Des supports-clé

a) Les boîtes à outils, ressources

Il s'agit pour l'élève de repérer des éléments utiles à la résolution (liste d'aliments et apport énergétique, répertoire des Naissances, Listing des cartes de fidélités Jardiland, ...), dans des documents-ressources.

Les boîtes à outils, données sous forme de fiche, ont pour fonction de définir les objets du quotidien rencontrés dans l'enquête et d'exposer leurs propriétés mathématiques comme par exemple N° d'INSEE ; Codes-barres ; formule de volume d'un pavé droit –Fig. 8. Elles ont l'avantage d'amener des aides, tout en laissant le libre arbitre de leurs utilisations à l'élève. Cela permet de laisser l'organisation du travail à l'élève.

b) Outils de gestion des tâches complexes : les supports-élèves

On entend par tâche complexe, une résolution nécessitant plusieurs étapes à mettre en œuvre et à articuler afin de conclure. La gestion des tâches complexes est accompagnée par une proposition de supports de travail qui permettent à l'élève d'organiser et de hiérarchiser les étapes de la résolution.

Au vu de la difficulté des élèves à structurer leurs recherches, nous avons proposé dès la deuxième année ces supports, utilisés après une recherche sur papier libre. Ils permettent principalement aux élèves de rendre compte de leur démarche de manière analogue à un cahier d'expérience (Fig. 3).

Dans la situation présentée en figure 1 (page 60), il s'agit de répartir des élèves et des professeurs en groupes. Le support (Fig. 2) permet une organisation par disjonction de cas

DEMARCHE D'INVESTIGATION
ET PLURIDISCIPLINARITE...

grâce à un tableau à double entrée des combinaisons possibles pour former les équipes profs-élèves.

Ici, les élèves ont ressenti le besoin de présenter chaque total d'élèves ou d'accompagnateurs sous forme d'addition itérée afin de souligner la différence entre nombre d'équipes (qui représente un « nombre de part » dans les situations de partages définies par Vergnaud) et le nombre de personnes par équipe (qui représente la « valeur de la part »). Ils se sont aperçus que la seule présentation sous forme de produit ne donnait pas assez d'information.

De même dans l'énigme 3, développée dans le paragraphe 4, le support proposé en figure 3 permet un raisonnement hypothético-déductif :

- En émettant des hypothèses, des réponses possibles de fonctionnement du système de sécurité,
- En définissant le paramètre utile à la compréhension : ici la masse et le volume de la brique, et
- En proposant une modélisation « experte » à l'aide du formalisme littéral pour aboutir à la relation algébrique entre les volumes,
- En déduisant la masse à partir de la relation des volumes,
- En revenant au fonctionnement du système Antivol avec l'écart de masse qui leur le système.

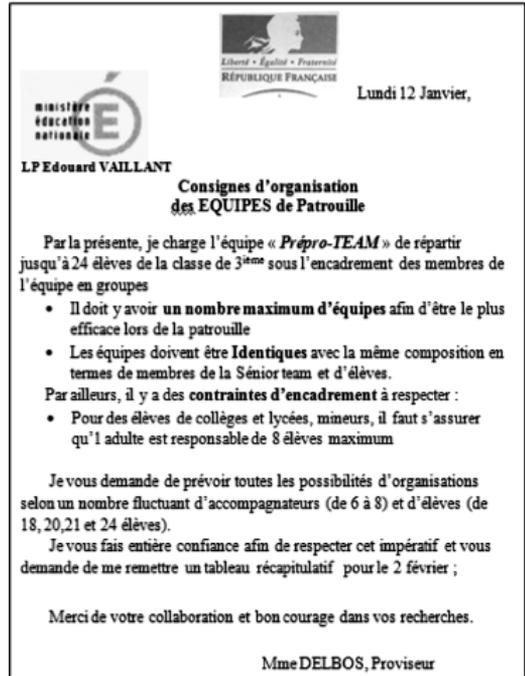


Fig. 1

VOLA LA BIJOUTERIE « BEL OR » DE SAINT JUNIEN

Des éléments nouveaux... Il faut s'organiser en EQUIPES !

GROUPEMENTS	18	20	21	24
Elèves	5+6+6 = 3 équipes 2+2+2+3 = 4 équipes	10+10 = 2 équipes 3+3 = 2 équipes 4+4+4+4+4 = 5 équipes	7+7+7 = 3 équipes 2+2+2 = 3 équipes	8+8+8 = 3 équipes 2+2+2 = 3 équipes
Accompagnateurs	3+3 = 2 équipes	5+5+5 = 3 équipes	3+3+3 = 3 équipes	4+4+4 = 3 équipes
6	6+6+6 = 3 équipes 2+2+2 = 3 équipes 6 = 1 équipe	10+10 = 2 équipes et des accompagnateurs	7+7+7 = 3 équipes 3+3+3+3+3 = 5 équipes	8+8+8 = 3 équipes 4+4+4+4+4 = 5 équipes et des accompagnateurs?
7	7 = 1 équipe 6+6+6 = 3 équipes 3+3+3+3+3 = 5 équipes	10 = 1 équipe	7+7+7 = 3 équipes 3+3+3+3+3 = 5 équipes	8 = 1 équipe
8	3+3 = 2 équipes 4+4 = 2 équipes 6+6+6 = 3 équipes 5+3+3+3+3 = 4 équipes	10+10 = 2 équipes 5+5+5 = 3 équipes 4+4+4+4 = 4 équipes	7+7+7 = 3 équipes	8+8+8 = 3 équipes

Fig. 2

DEMARCHE D'INVESTIGATION
ET PLURIDISCIPLINARITE...

La première année le rapport de police ci-dessus a été distribué seul (la partie de droite de la figure 4) et la saisie des informations a bien été effectuée par les élèves mais les catégorisations n'ont pas abouti pour la grande majorité. Ceci, n'a pas permis de mener les déductions visées : une seule élève avait réussi. Aussi pour faciliter la saisie et l'organisation des informations du rapport de police, une grille de lecture, en figure 4, est proposée aux élèves à partir de la deuxième année.

c) Les étayages

Le rôle de l'enseignant est essentiel pour mener à bien les différentes phases de l'investigation. L'enseignant est un facilitateur, il tient un rôle d'« étayage » ce qui caractérise « les interactions de soutien mises en œuvre par un adulte (ou un pair) afin d'épauler un sujet dans la

résolution d'un problème qu'il ne pourrait résoudre seul » selon Bruner, cité dans Mathéron (2010). Bruner (1966) distingue les six fonctions suivantes de l'étayage :

- l'enrôlement : pour encourager l'adhésion et susciter l'intérêt de l'élève à l'activité,
- l'orientation : pour remettre l'élève sur la bonne voie en cas de perte de vue du but à atteindre,
- la réduction des degrés de liberté : pour faciliter l'organisation du travail et simplifier la tâche selon les aptitudes individuelles des élèves plus ou moins expérimentés,
- la mise en évidence des caractéristiques critiques de la tâche : pour souligner les points clés de résolution,
- le contrôle de la frustration : pour éviter qu'une difficulté se transforme en échec,

VOLA LA BIJOUTERIE « BEL OR » DE SAINT JUNIEN

Epluchons le rapport de gendarmerie !

le 14 novembre 2013



**Procès verbal de l'entretien
avec Mme GRAND
sur la journée du 13 novembre**

Avant l'ouverture à 9 h, Mme Grand a sorti les bijoux du coffre et les a installés dans les vitrines. Elle a fermé à 12 h et a de nouveau mis les bijoux au coffre. De même avant 15 h, elle a ressorti les bijoux du coffre et les a réinstallés dans les vitrines. Mme Grand certifie qu'à 15h tous les bijoux étaient présents. Dans l'après midi, elle n'a vu que 5 clients :

- Une vieille dame qui cherchait une médaille de baptême pour son petit-fils
- Un jeune couple venu choisir des alliances pour leur mariage
- Un homme d'une quarantaine d'année cherchant une bague pour l'anniversaire de sa femme
- Une jeune fille venu acheter des perles Swarovski et un coffret de rangement
- Un jeune homme d'une vingtaine d'année ayant acheté une montre

En examinant la caisse, mercredi vers 20 h, il s'avérait que les paiements de l'après midi consistaient en 2 chèques de Mme Maillot (la vieille dame) et de M. Berland (44 ans) ; d'une carte bleue de M. Flottes (20 ans) et un paiement en espèce pour l'achat des perles. Mme grand précise que le jeune couple n'a fait que choisir et commander les alliances (pas d'achat).

La caisse avait été contrôlé le midi au moment de la fermeture (1 billet de 100 €, 1 de 50 € pas de billet de 20 €, 3 billets de 10 € et 2 de 5 €. Pour les pièces : 1 rouleaux de 1 € à 20 € ; 1 rouleaux de 50 centimes à 10 € et fond de caisse de 37,65 €). Le soir, la caisse est composée d'1 billet de 100 €, 1 de 50 €, d'1 billet de 20 €, 4 billets de 10 € et 1 de 5 €. Pour les pièces : 1 rouleaux de 1 € à 20 € ; 1 rouleaux de 50 centimes à 10 € et fond de caisse de 37,45 €. En examinant le billet de 20 € (nouveau dans la caisse), nous avons repéré qu'il était faux.

Dès lors nous avons mis les billets comme pièces à conviction ainsi que le ticket de caisse du paiement en espèce de l'après midi.

Certifié exact
Mme Grand Bernadetti

fait par l'adjoint chef PERRIN

Repérer le seul paiement qui influe sur le montant de la caisse :

le []

Quel est le montant de la caisse à midi ? []

Billets : []
Rouleaux : []
Fond de caisse : []

Quel est le montant de la caisse le soir ? []

Billets : []
Rouleaux : []
Fond de caisse : € []

Quelle est la différence de caisse entre le midi et le soir ? []

[] - [] = []

Quel est donc le montant de l'achat de perles ? [] puisque []

Quelle différence de billets y a-t-il entre le midi et le soir ?

Billets : [] et [] en plus
Billets : [] en moins

Peut-on en déduire quels billets ont été donné pour payer les perles ?

Ceux en PLUS sont ceux du paiement des perles : []

Quel billet est déjà testé comme faux ? []

Quels billets faut-il donc aussi vérifier ? []

Fig. 5

- la présentation de « modèle » qui aide à structurer la tâche.

Ce travail d'étayage est particulièrement important lors des phases de recherche des différentes énigmes de l'enquête. Ainsi, les moments de débats et d'échanges entre l'élève ou le groupe d'élèves et l'enseignant doivent être fréquents pour faciliter cet étayage. Nous présentons dans la suite des exemples d'étayages utilisés.

Surlignement du rapport de police : Ici (Fig.5) l'utilisation de différentes couleurs met en évidence les éléments déterminants qui permettent de saisir et d'organiser les informations utiles du rapport. Cet étayage (fonction n°4) a été mis en place la seconde année, au vu des difficultés rencontrées par certains élèves. L'enseignant propose une fiche déjà surlignée aux élèves pour les aider dans leur recherche.

Schématisation de la réduction de la brique (fonction d'étayage n°6) : un dessin fait au tableau permet, lors d'un débat, la formalisation des longueurs réduites dans les 3 dimensions qui conduit à la relation entre les volumes. L'outil **Géogebra** peut permettre aussi de conjecturer la réduction de volume.

Figures 6 et 7 : Schéma de la brique «standard» avec $AC = H = 4$ cm puis celui de celle réduite avec $AC = H' = 1$ cm

Chaînage logique du fonctionnement de la balance du système antivol : (fonction d'étayage n°2) : Le cheminement est développé oralement par un questionnement avec les élèves, de la manière suivante :

- État d'équilibre du système avant le vol : avec la bague et la masse de référence.
- État d'équilibre du système après le vol : sans la bague et avec la briquette substituée.

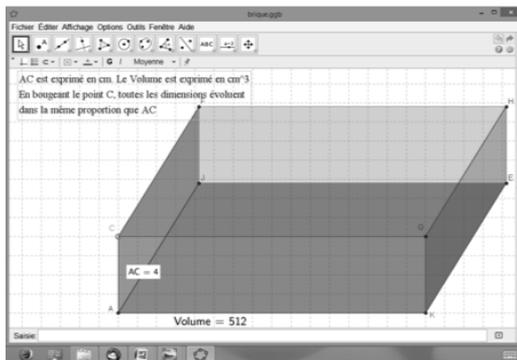
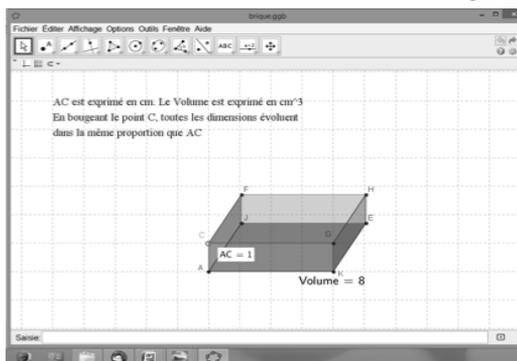


Fig. 6

Fig. 7



- Discussion sur l'évolution de la masse du plateau (voir partie 4.)

B. Relation avec la nouvelle socle de compétences

Nous pouvons décliner les compétences du socle commun des compétences les plus importantes mises en jeu, organisées selon les domaines des nouveaux programmes 2016 du collège, voir [s3]. Ces compétences figurent dans le volet 2 qui s'intitule « Contributions essentielles des différents enseignements et champs éducatifs au socle commun » et ne concernent pas seulement les mathématiques, mais l'ensemble

 DEMARCHE D'INVESTIGATION
 ET PLURIDISCIPLINARITE...

des disciplines. Ci-dessous figure en italique la compétence, puis un exemple d'utilisation de cette compétence dans notre enquête.

Du domaine 1 [Les langages pour penser et communiquer] :

Lire et comprendre des documents scientifiques et techniques variés : exemple dans la lecture des rapports de police.

Produire différents types d'écrits scientifiques et techniques : remplissage des documents distribués pour faire la synthèse d'une séance de travail, des comptes-rendus de recherche.

Passer d'une forme de langage courant à un langage spécialisé : transmission au travers l'exposition de la semaine des mathématiques.

Du domaine 2 [Les méthodes et outils pour apprendre] :

Construire une tâche complexe : la réponse à la question « Comment le voleur déjoue le système d'alarme » nécessite le réinvestissement de plusieurs notions et d'un raisonnement comme nous l'expliquons dans la partie 4) « l'énigme 3 ».

Développer son raisonnement en utilisant ses erreurs et ses essais, ainsi que ceux des autres : surtout mises en œuvre à l'oral lors des confrontations d'idées et de raisonnements entre élèves ou entre élèves et professeurs.

Identifier un problème, s'engager dans une démarche de résolution, mobiliser les connaissances nécessaires, analyser et exploiter les erreurs, mettre à l'essai plusieurs solutions : L'identification de chaque problème est déclenchée par une question. Ces compétences correspondent à celles d'une démarche d'investigation, elles sont développées tout au long de l'enquête.

Du domaine 3 [La formation de la personne et du citoyen] :

Vérifier la validité d'une information d'une information et distinguer ce qui est objectif et ce qui est subjectif : dans la recherche des faux billets par exemple, les diverses informations issues du compte rendu de police, ont été mises à l'épreuve par trois vérifications différentes pour aboutir à une même conclusion. Cet aboutissement permet de valider la concordance des informations. Les conceptions très subjectives des élèves (le voleur ne pouvait pas être une vieille dame) ont pu évoluées vers plus d'objectivité.

Justifier ses choix et confronter ses propres jugements avec ceux des autres. Savoir remettre en cause ses jugements initiaux après un débat argumenté. Distinguer son intérêt particulier de l'intérêt général : Tout au long des débats. À chaque affirmation d'élève, l'enseignant demande une argumentation, une justification et il y a confrontation de différentes hypothèses.

Du domaine 4 [Les systèmes naturels et les systèmes techniques] :

S'exercer au raisonnement inductif et déductif par la résolution de problèmes, les démarches d'essais-erreurs, de conjecture et de validation : la sollicitation régulière d'argumentaires, de raisonnements ou de justifications de réponses proposées permet de développer des démarches variées de résolutions de problèmes.

C. Notre projet en termes de pluridisciplinarité

Nous allons tout d'abord préciser ce que l'on entend par pluridisciplinarité et quelle nuance il nous semble y avoir avec l'interdisciplinarité. La pluridisciplinarité se situe dans une situation qui nécessite l'intervention de plusieurs disciplines pour être résolue.

L'interdisciplinarité s'entend plus en termes de travail de personnes de disciplines différentes pour concevoir, analyser et échanger sur des situations à résoudre ensemble. On peut considérer que l'interdisciplinarité fait aussi partie de notre expérience du fait de la bivalence des professeurs de mathématiques et sciences physiques et chimiques intervenants, particulièrement Isabelle.

Nous pouvons considérer que cette expérience met principalement en œuvre de la pluridisciplinarité, car l'enquête nécessite pour sa résolution l'intervention de plusieurs disciplines :

- l'établissement de goûter équilibré avec les mathématiques (proportionnalité- %) et SVT (apports des aliments)
- Le système de sécurité (énigme 3) permet l'intervention des mathématiques (relation d'agrandissement de volume d'un pavé droit) et des sciences physiques (principe d'équilibre des forces sur une balance)
- Organisation du parcours à partir de cartes (énigme 4) permet l'intervention des mathématiques (constructions en configuration de Thalès, calcul de distances avec une échelle) et de géographie (codages des cartes, décryptages d'informations sur les cartes)

Pour autant, des énigmes sont menées dans un seul champ disciplinaire en mathématiques (énigmes 1, 2, 5 et 6) ou en sciences physiques (énigme ajoutée, basée sur l'identification des ions) ou en arts plastiques (sous forme de complément, travail sur JBC Corot et son œuvre, utile pour l'exposition car le site COROT était un lieu de récolte d'indices).

Nous présentons dans ce qui suit de telles situations :

- la première année la professeure de biologie est intervenue pour la réalisation d'un goûter équilibré. Les années suivantes,

l'infirmière du LP a suivi ce travail. Il s'agit de proposer un goûter respectant l'apport énergétique nécessaire à un adolescent et contenant au moins un produit laitier, un fruit et un produit céréalier. Ce travail fait appel aux 4 opérations et aux pourcentages. C'est l'infirmière qui a pris en charge les fiches des élèves. Voici – voir la figure 8 page 66 – les annotations qu'elle a apportées à leurs propositions.

- La deuxième et troisième année, les professeures de sciences physiques et d'arts plastiques sont intervenues. En sciences physiques, la collègue a fait le choix de garder la même présentation que pour toutes les énigmes de l'enquête. Il s'agissait d'une énigme à part entière permettant de trouver le lieu de travail du voleur : voir figure 9 page suivante.

La recherche sous forme d'investigation met en œuvre des tests d'identification des ions. *Compétences mises en jeu* : A.1.2 - Quelques tests de reconnaissance d'ions / capacité : «Suivre un protocole expérimental afin de reconnaître la présence de certains ions dans une solution aqueuse»(Programme 2008). En solubilisant la tâche du tissu, les élèves font des tests pour déterminer les ions présents du tissu. Ils en déduisent l'entreprise où la fille suspecte a taché ses vêtements (figure 10).

4. – L'énigme 3

La troisième énigme consiste à savoir comment les voleurs ont déjoué le système de sécurité et se déroule sur deux séances.

A. Présentation et analyse du problème :

Madame Grand (la bijoutière) a appelé la gendarmerie car elle a trouvé une « briquette » sur l'étagère sous la vitrine ayant

DEMARCHE D'INVESTIGATION
ET PLURIDISCIPLINARITE...

FICHE GOÛTER

Objectif : proposer un goûter respectant les consignes nutritionnelles

- GOUTER PROPOSE**
 20 Placat... pêche (10) / 5 Compote de pomme
 20 Pauc... compote de pomme / 5 Eau à la fraise (10)
 20 Baguette (70)

Apport énergétique maximum d'un goûter d'adolescent : kcal
 (Faire apparaître les simplifications de fraction)

Calcul : $2500 \times 3 : 20 = 375$

Apport énergétique du goûter proposé : 375 kcal

Calcul : $60 + 60 + 80 + 100 + 55 + 10 + 70 = 435$
 ↳ Il faut retirer un fruit

→ Les consignes du goûter proposé sont
 car
 1 produit céréalier
 - 1 fruit
 - 1 produit laitier
 - Eau

Fig. 8

FICHE GOÛTER

Objectif : proposer un goûter respectant les consignes nutritionnelles

- GOUTER PROPOSE**
 2 tranche de biscuits
 4 carrés de chocolat
 1 yaourt
 1 biscuit Petit
 Eau

Apport énergétique maximum d'un goûter d'adolescent : kcal
 (Faire apparaître les simplifications de fraction)

Calcul : $\frac{2500 \times 3}{20} = 375 \text{ Kcal}$

Apport énergétique du goûter proposé : 375 kcal

Calcul : $160 + 80 + 15 + 60 + 0 = 315$

→ Les consignes du goûter proposé sont respectées
 car il comprend mais
 1 produit laitier + 1 produit céréalier +
 1 fruit + eau

Fig. 9

VOL À LA BIJOUTERIE « BEL OR » DE SAINT JUNIEN

Une découverte ... devant la bijouterie

L'équipe doit : L'équipe « Pré pro-TEAM » s'apprête à suivre la piste de la « jeune fille aux perles »...
 Mais une découverte inattendue les pousse à s'interroger !
 Lors de l'examen de la bijouterie, un inspecteur remarque une pièce de tissu déchiré avec une tâche dessus.
 Il soupçonne que cela puisse indiquer des informations sur le lieu où travaille la jeune fille.
 L'équipe « Pré pro-TEAM » dispose des tests caractéristiques des ions et du morceau de tissu et de tout le matériel du laboratoire. L'équipe a la liste des entreprises proches avec les principaux composés chimiques utilisés.

L'équipe doit :

- Extraire la tâche du tissu,
- Trouver la composition du liquide pour cela, il faut les schémas légendés des expériences faites avec les observations et la conclusion,
- Emettre une hypothèse sur le lieu de travail.

Fig. 10

Tests caractéristiques de quelques ions		
Forme et formule des ions caractérisés	Couleur du précipité obtenu avec la soude	
Ion cuivre Cu^{2+}	Bleu	
Ion Fer II Fe^{2+}	Vert	
Ion Fer III Fe^{3+}	Rouille	
		Nom et formule des ions caractérisés
		Couleur obtenu avec du nitrate d'argent
		Ion chlorure Cl^-
		Blanc qui noircit à la lumière
Liste des entreprises		
Entreprises Proches	Domaine d'activité	Composés Chimiques utilisés
Pharmaland	Pharmacie	Sulfate de fer 3 : $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
Super Jard	Traitement culture	Sulfate de cuivre : CuSO_4
Bois Dérot	Traitement du bois	Sulfate de fer 2 : FeSO_4
Magic Night	Pyrotechnie	Chlorure de cuivre 2 : CuCl_2
Aqua Blue	Traitement des eaux	Chlorure de fer 2 : FeCl_2
Pur Aqua	Traitements des eaux usées	Chlorure de fer 3 : FeCl_3

contenu la bague en diamant volée. Elle pense que cette briquette a permis de déjouer le système de sécurité de la vitrine. Les policiers soupçonnent les voleurs d'avoir remplacé un ou plusieurs masses de référence par la brique. Les élèves disposent d'une description du système de sécurité et une description des caractéristiques de la brique, qui sont les deux documents en figure 11 (voir page 68).

La compétence mise en œuvre par les élèves est ici essentiellement celle du domaine 1 « Lire et comprendre des documents scientifiques et techniques variés » et les liens avec les sciences physiques sont clairs.

Coté démarche d'investigation la question qui se pose ici est : Comment les voleurs ont-ils fait pour déjouer le système de sécurité ?

Des hypothèses sont émises : aux élèves de les valider. Il s'agit pour cela de modéliser le problème et d'essayer de le résoudre. Les gendarmes ont relevé les dimensions de la bri-

quette et nous disposons d'une notice explicative du système d'alarme. Ce sont les supports qui représentent la situation.

Le système ne s'est pas déclenché ce qui signifie que l'équilibre sur la balance n'a pas été rompu plus de 3 minutes et qu'au moment où la bague a été retirée les masses qui faisaient l'équilibre ont varié de la même quantité.

Dans la phase de recherche les élèves ont besoin de la masse de la bague (2,5g) et de la masse de la briquette. Le calcul de la masse de la briquette nécessite une réduction de volume (programme du cycle 4). Sa masse est de 62,5g. La conservation de l'équilibre de la balance se modélise sous forme d'une équation. La masse qui a été remplacée par les voleurs grâce à la brique est de $62,5 + 2,5 = 65$ g.

Au fil des années nous rencontrons trois difficultés : la gestion du calcul de la masse de la briquette, la conservation de l'équilibre, et enfin la gestion globale du problème. Le fait que

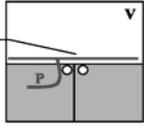
DEMARCHE D'INVESTIGATION
ET PLURIDISCIPLINARITE...

SECURPLUS

NOTICE TECHNIQUE du système PLUS-SUR
Réf. : PS 1400

Ce système de sécurité fonctionne en se basant sur un équilibre des masses dans la vitrine V, et sur le plateau de référence P (voir schéma)

Espace de dépôt des objets sécurisés



La masse mise sur le plateau P doit correspondre au dixième de gramme près au total des masses de la vitrine.

Plusieurs masses de références en acier existent :
50 g – 55g – 60g – 65g – 70 g – 75g – 80g – 85g – 90g – 95g – 100g

- Avant toute mise en place d'objets dans la vitrine, il faut s'assurer que leurs masses finales correspondent bien à une des masses de référence.
- Alors on positionne cette masse sur le plateau avant d'installer les objets
- On dispose de 3 min de délai pour effectuer cet équilibrage avant la mise en fonction du système d'alarme.

le 16 décembre 2013



**Caractéristiques dimensionnelles
de la pièce à conviction n° 3,
intitulée « BRIQUE »**

Il a été procédé à un examen minutieux de cette brique.

On remarque des marques de sciage qui font penser que celle-ci a été obtenue à partir d'une brique standard

Celle-ci est faite d'argile rouge et a été comparée à une brique de référence du même matériau.

On a constaté que toutes les dimensions de celle-ci valaient un quart des dimensions de la brique de référence

Pour rappel, la brique de référence pèse 4 kg (données constructeur).

Certifié exact fait par l'adjudant-chef PERRIN

BOITE A OUTIL DU DETECTIVE ...

Volume d'un parallélépipède rectangle : $V = L \times \ell \times H$

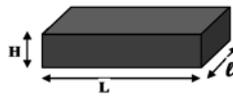


Fig. 11

le volume s'obtient en divisant par 4 chaque longueur n'est pas clair pour tous et l'articulation de l'ensemble des éléments (masse de la bague, masse de la briquette, équilibre) non plus, aussi nous proposons le document présenté figure 3 (et figure 12) qui motive l'organisation des informations.

B. Mise en place effective en classe

Un débat scientifique permet aux élèves de comprendre que le système se déclenche lorsque l'équilibre entre les masses sur le plateau P et celles des objets qui se trouvent dans la vitrine est rompu. Ils demandent alors le « poids de la bague » (qui est connu depuis l'introduction de la 1ère énigme : 2,5g), comprenant que la

variation des masses de la vitrine doit être compensée par une variation des masses sur le plateau P. Ils réalisent alors la nécessité de connaître la masse de la bague et celle de la brique pour aller plus loin. Dans cette phase, l'étayage consiste à rappeler comment fonctionne une balance et à parler de l'évolution de la masse des objets de la vitrine avant et après le vol. Ces étayages ne sont pas nécessaires : suivant les groupes d'élèves nous les avons mis en place ou non. La curiosité joue son rôle et les élèves veulent vraiment en savoir plus. Le protocole de recherche se met peu à peu en place.

Lorsque l'enseignant demande d'écrire en quelques lignes la description du système de sécurité (Domaine 1 : *Produire différents types*

Fig. 12

FICHES A COMPLETER

Quel est le lien entre la BRIQUE et le SYSTEME DE SECURITE ???

- Expliquer en quelques phrases comment le volume a substitué la bague sans déclencher le système d'alarme.
le poids ou volume de la bague est le remplacé par la brique
- Que doit-on donc chercher ?
le poids de la brique
- Connaissant la masse de la brique retrouvée en P, pouvez-vous dire, quelle masse de référence en acier a été substituée par cette brique ?
on se calcule

CALCULS

POSONS $V = L \times \ell \times H$ le volume d'une BRIQUE « standard »

Exprimer les dimensions de la BRIQUE TROUVEE en fonction de celles de la brique standard

Longueur $L' = \frac{L}{4}$
 Largeur $\ell' = \frac{\ell}{4}$
 Hauteur $H' = \frac{H}{4}$

le volume de la brique TROUVEE $V' = \frac{L' \times \ell' \times H'}{4}$

$V' = \dots = \dots \times V$

Comparaison des VOLUMES de la BRIQUE TROUVEE et la STANDARD
elle est 1/64 fois plus petite

Calcul de la masse de la BRIQUE TROUVEE :

La masse de la brique trouvée est *60* fois plus petite que celle de référence
 Masse brique standard = $4 \text{ kg} = 4000 \text{ g}$
 Simplifier la fraction utile pour trouver la masse de la brique trouvée

Calcul : $\dots = \dots = \dots = 625 \text{ g}$

Masse brique trouvée = 625 g

« Il a remplacé le poids du plateau moins la bague en le remplaçant par la brique »

« le poids de la brique »

oui, on y arrive grâce au calcul

d'écrits scientifiques et techniques), les élèves sont réticents et la dernière année, ne voyant pas la nécessité d'expliquer cette phase par écrit et ayant sans doute peur de se tromper, ils n'écrivent rien. La deuxième année dans la partie de gauche de la figure 12, en réponse à la première question, les élèves ne sont pas suffisamment précis dès le premier point expliquant la situation. [Ci-dessus, en italique une transcription de ce que l'élève a écrit...]

Ainsi un récapitulatif de l'équilibre avant et après le vol est nécessaire pour répondre à la troisième question. Ils reviendront sur cette phase et rédigeront leurs explications lors de l'exposition du mois de mars (voir partie 5).

Pour le calcul de la masse de la brique : le passage par les volumes, a été une réelle difficulté : la gestion simultanée des 3 dimensions de la brique est complexe ainsi que la représentation dans l'espace. L'enseignante dessine au tableau une brique dont elle retire les $\frac{3}{4}$

dans les 3 dimensions. On passe alors à une représentation graphique de la réduction de la brique qui étaye le discours et permet la mise en place d'une image sur laquelle les élèves peuvent alors s'appuyer (voir 3. A.3 c)).

On établit le coefficient de réduction des volumes sous forme $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$, en revanche la forme $\frac{1}{64}$ n'a pas été obtenue en raison de difficultés sur le produit. Ils admettent ainsi facilement, que si on connaît le rapport de réduction du volume de la brique on pourra calculer sa masse. Le formalisme des fractions est dépourvu de sens pour eux et prendre le quart ce n'est pas forcément diviser par 4 et prendre à 3 reprises le quart d'une quantité devient alors difficile.

La relation de proportionnalité entre le volume et la masse est passée sous silence. Elle a été implicite aux yeux des élèves.

DEMARCHE D'INVESTIGATION
ET PLURIDISCIPLINARITE...

Nous revenons sur la multiplication des fractions et leur simplification. Nous précisons que prendre à trois reprises, successivement le quart de 4000 g revient à diviser à 3 reprises par 4. Les élèves ne donnent pas de sens à la fraction $4000/64$, en revanche ils utilisent la procédure arithmétique suivante : En divisant 4000 par 4 on trouve 1000, puis 1000 par 4 donne 250 puis ils (nos 3 élèves) ne savent pas diviser mentalement 250 par 4.

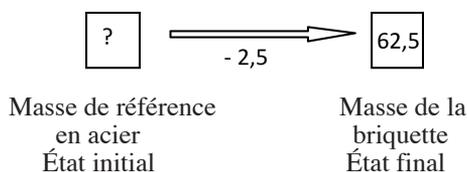
Nous détaillons ensemble une procédure de calcul réfléchi en utilisant les relations $250 = 200 + 50 = 2(100 + 25) = 2(120 + 5) = 2(2(60 + 2,5)) = 4(62,5)$. Nous arrivons au résultat : la masse de la briquette est de 62,5 g.

Évidemment remplir la fiche-élève correspondante en ayant suivi la procédure ci-dessus n'est pas facile car nous avons séparé masse et volume sur la fiche avec un calcul littéral sur les volumes et numérique sur les masses. Le fait de le faire plus tard pour l'exposition a permis aux élèves de revenir sur l'ensemble de ce calcul et le fait qu'ils réussissent à remplir la fiche plusieurs semaines plus tard nous a conforté dans l'idée qu'ils avaient fait un lien entre fraction et division.

Pour finaliser le raisonnement, un élève comprend et explique à ses camarades que si il n'y a plus la bague et qu'elle pèse 2,5 g il faut aussi enlever 2,5 g sur le plateau P.

Mais les élèves hésitent : « faut-il faire $62,5 - 2,5$ ou $62,5 + 2,5$? ». Le signe '-' est utilisé dans la relation : masse finale = masse initiale - 2,5. Ceci induit l'erreur de l'emploi de la soustraction sur la masse finale connue : $62,5 - 2,5$. La démarche d'essais-erreur permet ici d'éclairer nos élèves à condition d'aller au bout des raisonnements. Faire une hypothèse et travailler avec fait partie des discussions [compétences du domaine 2 et du domaine 4].

Nous faisons le point : Avant le vol : il y a la bague et un certain nombre de masses d'acier en équilibre. Après le vol : La bague a disparu (- 2,5 g) La briquette de 62,5 g remplace une des masses sur le plateau P. Nous aboutissons à la schématisation suivante selon la catégorie de Vergnaud : état initial-transformation-état final. (L'état final étant connu, il faut trouver l'état initial)



Ce type de situation est connu depuis le cycle 2 mais celle où l'état initial est inconnu est plus difficile à se représenter mentalement et une schématisation est donc bien utile. La briquette pèse donc 2,5 g de moins que la masse d'acier disparue. Autrement dit la masse d'acier devait peser 65 g ce qui est bien la masse d'une des masses de référence. On peut alors expliquer clairement comment les voleurs s'y sont pris.

5. — L'exposition

Le projet s'est clôturé par l'exposition des travaux des élèves et leur résolution de l'enquête lors de la semaine des mathématiques. Les élèves ont choisi parmi leurs travaux ceux qu'ils exposeraient. Ils les ont repris afin qu'ils soient, à leurs yeux présentables : bien écrits, avec de la couleur, des photos, des titres accrocheurs, ... Nous avons donc repris certains écrits pour les retravailler cela nous a permis de revoir avec eux l'énigme 3 par exemple : En général les mécanismes étaient compris et les rédiger proprement a permis de clarifier certains points.

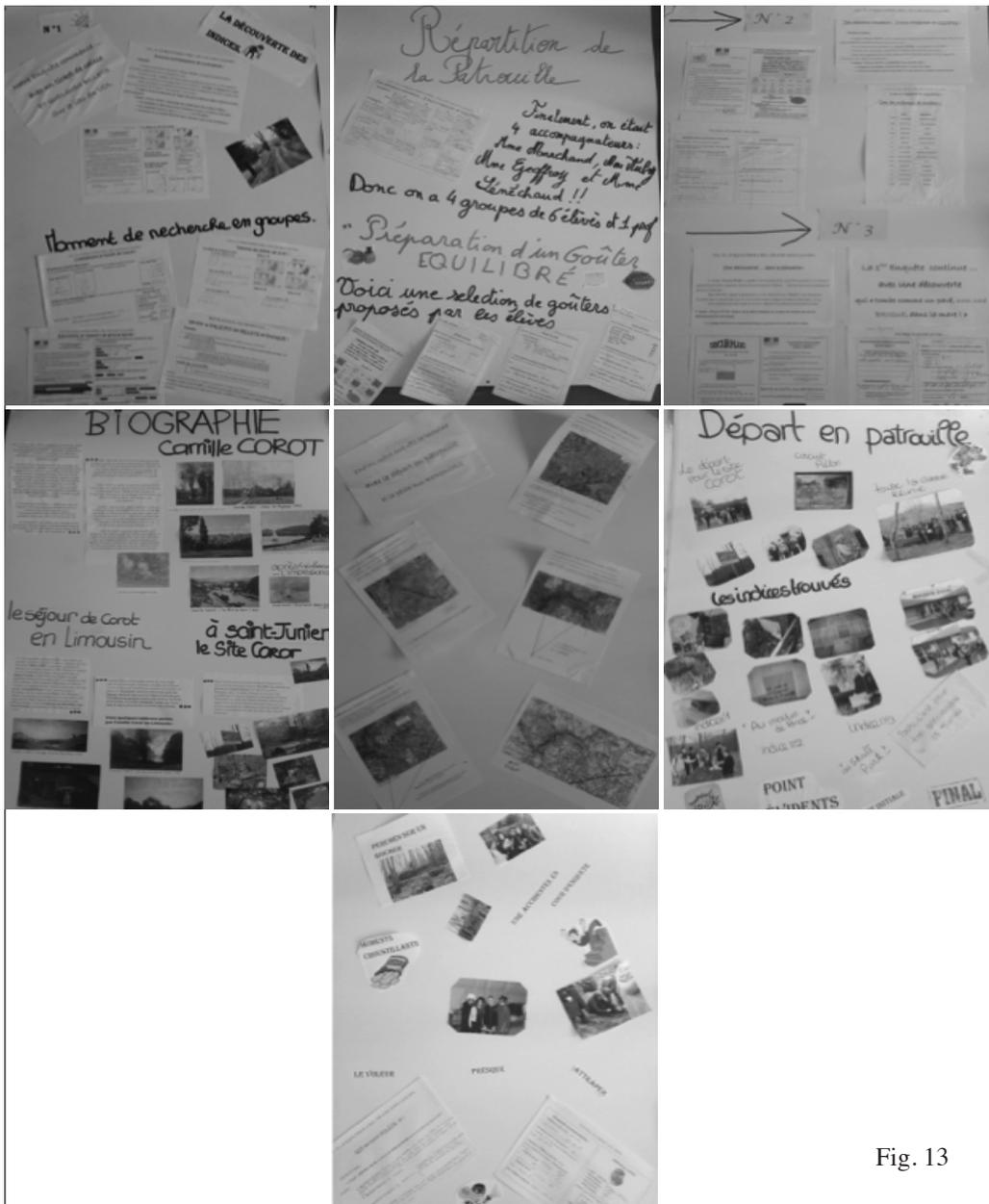


Fig. 13

DEMARCHE D'INVESTIGATION
ET PLURIDISCIPLINARITE...

Ainsi, leurs écrits initiaux, au crayon papier, parfois sans rédaction et avec des réponses sans justifications sont devenus lisibles et rigoureux comme le montre le panneau ci-dessous :

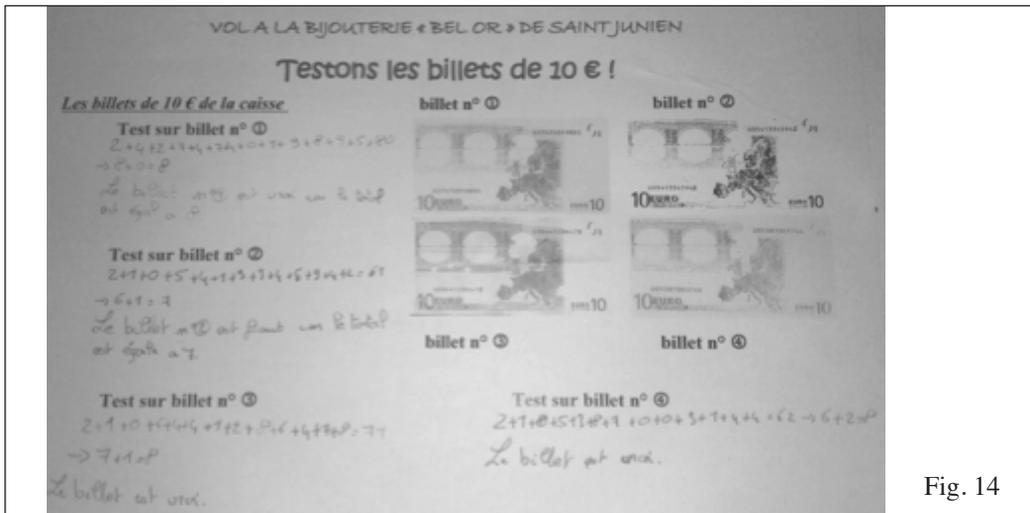
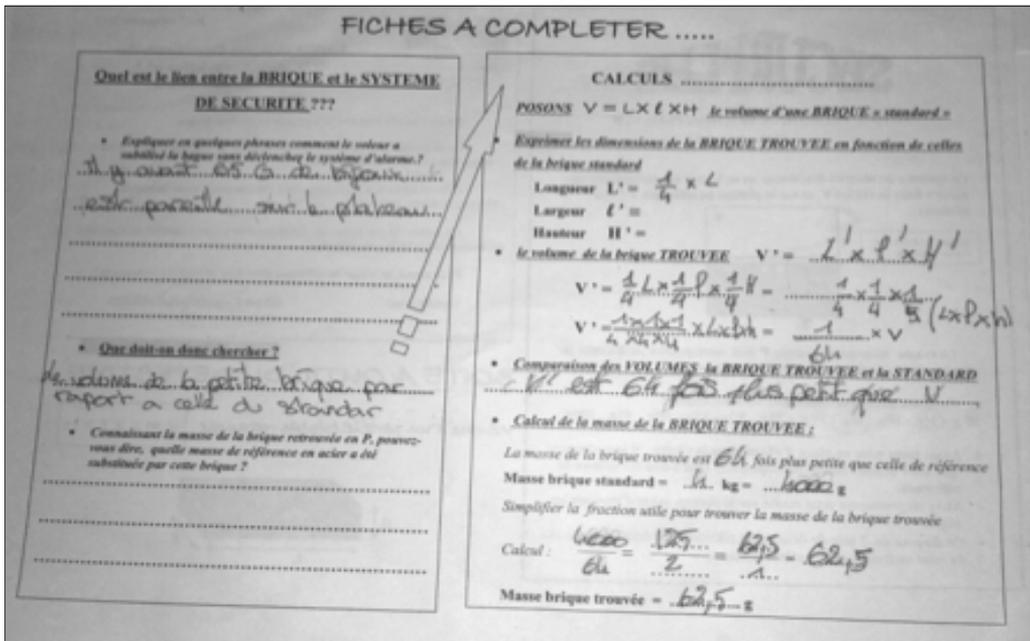


Fig. 14



6. — Conclusion

Pour analyser l'articulation des différentes phases de notre expérimentation, nous avons été amenées à nous documenter sur des concepts didactiques. Ces concepts nous ont permis de structurer notre projet autour de notre discipline, mais aussi d'apprendre à gérer les élèves et à rendre leur travail efficace. Tout le monde y a gagné : L'équipe enseignante qui s'en est trouvée resserrée et les élèves dont le point de vue a changé.

L'implication du service de la vie scolaire et du chef d'établissement mais également de l'infirmière a permis de situer le projet non seulement au sein de la classe mais aussi au sein de l'établissement. Les élèves sont sensibles à l'attention que l'on peut leur porter et l'impact de l'intervention d'autres acteurs que le corps enseignant à ce projet a été positif pour la motivation des élèves.

La réalisation de l'exposition a modifié les enjeux d'origine : un effort particulier de la part des élèves dans le rendu d'un travail écrit propre et soigné est à souligner. L'intervention de l'infirmière dans la réalisation d'un goûter équilibré a rendu crédible la recherche du nombre de calories dans les aliments. Cette cohésion entre les acteurs a fourni aux élèves un exemple concret de travail en équipe. Ce projet est un projet de terrain, qui s'est mis en place grâce à une volonté locale et au soutien du rectorat. Sans la conviction des acteurs de terrain cette expérimentation n'aurait pas duré trois années. En témoigne le retour des élèves les années suivantes : 2 jeunes filles de seconde, très investies lors de l'atelier ont voulu en faire la promotion auprès des nouveaux élèves

de troisième. Lors du goûter en clôture de la journée de patrouille de 2015, elles ont tenu à participer en présentant leur expérience et ressenti de l'année précédente. Par ailleurs, en mars 2015, pour la semaine des maths, des énigmes complémentaires à l'enquête ont été mises en place pour toutes les classes de seconde. Les élèves ayant vécu l'expérience en 2014, se sont tout de suite investis dans la recherche et ont même joué un rôle d'étayage auprès de leurs camarades (encouragement, explicitation du contexte, aiguillage vers les ressources disponibles, ...).

D'autres implications sont possibles notamment en français en travaillant sur le genre policier, le polar. Dans notre région limousine, il est possible pour les classes de collège et lycée de participer à la rédaction d'une nouvelle policière qui pourrait être sélectionnée pour le «prix du Polar à Aubusson». Ces projets se clôturent par le Festival des « Nuits Noires ». Cette expérience permettant de travailler la sagacité et la curiosité scientifique au travers de démarches d'investigation a été reprise auprès de seniors inscrits au CNAM. En effet, nous avons mené cette enquête policière dans un dispositif sénior, ayant pour objectif de conserver une acuité cognitive par la mise en œuvre de raisonnements logiques et d'activités mathématiques. Le travail d'équipe leur a permis de retrouver confiance en eux et en leurs capacités intellectuelles. Ce qui a été entre autres bénéfique pour une personne se remettant d'un AVC.

Ceci peut montrer la proximité des besoins de la société avec la démarche d'investigation que l'on construit avec nos élèves. Ainsi on peut espérer que ce travail pourra profiter aux collègues de collège pour la mise en œuvre des E.P.I.

Références bibliographiques et sitographie

- AUBRY I. : « En quoi des situations mathématiques menées sous forme d'enquête policière favorisent les apprentissages et l'implication des élèves », mémoire de Master MÉFÉ-ÉSPÉ. Limoges, 2014.
- BACHELARD G. « *La formation de l'esprit scientifique* », Librairie philosophique J. Vrin, 14^e édition, Paris, 1938.
- BROUSSEAU G. « *Théorie des situations didactiques* », La Pensée Sauvage Éditions. Grenoble, 1998.
- ESTABLET R. et al. « **Radiographie du peuple lycéen, pour changer le lycée** », ESF éditeur, Paris, 2005.
- FABRE M. (1997) « *Pensée pédagogiques et modèle philosophique : le cas de la situation-problème* », Revue Française de Pédagogie n° 120, E.N.S. Éditions, Lyon, juillet-août-septembre 1997.
- FABRE M. « *Philosophie et pédagogie du problème* ». Librairie philosophique J. Vrin, Edition Vrins, Paris, 2009.
- MATHERON Y « *Démarche d'investigation et Parcours d'Étude et de Recherche en mathématiques : entre injonctions institutionnelles et étude raisonnée des conditions et contraintes de viabilité au sein du système* », Acte du colloque CORFEM, Caen, 2010. Disponible à l'adresse http://www.univ-irem.fr/exemple/corfem/Actes_2010_02.pdf visité le 21-09-2016.
- LENOIR Y. « *Quelques visages du constructivisme en éducation : Perspectives épistémologiques* », Acte du 14^{ième} colloque de l'association mondiale de l'éducation, Santiago, 2004. Disponible à l'adresse http://www.crie.ca/Communications/Documents_disponibles/AMSEConstructivistes.pdf, visité le 21-09-2016

Sitographie

Sur le site « Eduscol » visité le 21-09-2016 :

[s1]« *Expérimentation et démarches d'investigation en mathématiques* », compte-rendu de l'université d'été de Saint Flour du 20 au 24 août 2007. .

[s2]« Classe relais » :« *La démarche expérimentale* », <http://eduscol.education.fr/cid47913/activites-scientifiques-et-technologiques.html#experimental>

Sur le site « Education.gouv », consulté le 21-09-2016 :

[s3]http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=94717

Sur le site « La main à la pâte », consulté le 21-09-2016 :

[s4]http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/astep/PDF/guideenseignant_fr.pdf

Sur le site « portail des Irem et la revue repère », consulté le 21-09-2016 :

[s5] http://www.univ-irem.fr/exemple/reperes/articles/96_article_641.pdf

Sur le site « université Lyon 2 », consulté le 21-09-2016 :

[s6]<http://www.univ-lyon2.fr/membres/krobinault/coursDDM/définitions4.pdf>

Sur le site « maths à modeler », consulté le 14/09/2016 :

[s7] <http://mathsamodeler.ujf-grenoble.fr/theme5.html>

Sur le site « La main à la pâte », consulté le 21-09-2016 :

[s8]<http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11743/3-r-flexion-sur-le-cahier-d-experiences-map-monde-n-24-septembre-2003>