

UNIVERSITE DE LA REUNION

**MEMOIRE DE MASTER 2
METIERS DE L'ENSEIGNEMENT
"MATHEMATIQUES"**

**Comment et pourquoi mettre en place un
apprentissage de la démarche scientifique dans
l'enseignement d'exploration Méthodes et
Pratiques Scientifiques ?**

**Chantal TUFFERY-ROCHDI
sous la direction du Professeur Dominique TOURNÈS**

Juin 2011

MEMOIRE DE MASTER 2 : METIERS DE L'ENSEIGNEMENT "MATHEMATIQUES"

SUJET : Méthodes et Pratiques Scientifiques (MPS)

PROBLEMATIQUE : Comment et pourquoi mettre en place un apprentissage de la démarche scientifique dans l'enseignement d'exploration Méthodes et Pratiques Scientifiques ?

Remerciements

Je tiens à remercier Dominique TOURNÈS pour son encadrement, ses conseils, ses orientations et son aide lors de la rédaction ainsi que Jean-Marc BRESLAW et Yves MARTIN pour leurs remarques constructives.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
1. ENSEIGNEMENTS PLURIDISCIPLINAIRES AU LYCEE GENERAL	8
1.1 Les Travaux Pratiques Encadrés	8
1.2 L'option sciences en seconde	9
1.3 L'enseignement d'exploration Méthodes et Pratiques Scientifiques	10
1.4 Conclusion : spécificités et convergences	12
2. DEMARCHE SCIENTIFIQUE : APPROCHE HISTORIQUE ET EPISTEMOLOGIQUE	13
2.1 Une approche historique et épistémologique	14
2.2 Spécificités disciplinaires de la démarche scientifique	27
2.3 La démarche scientifique en classe : la démarche d'investigation	32
3. APPROCHE DIDACTIQUE DE LA DEMARCHE D'INVESTIGATION	36
3.1 Les modèles d'apprentissages :	
Transmissif, Behavioriste, Constructiviste, Socio-constructiviste	37
3.2 Approche didactique de la démarche d'investigation	
Théorie des Situations Didactiques de Brousseau	40
4. COMMENT ET POURQUOI INITIER LES ELEVES A UNE DEMARCHE SCIENTIFIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT D'EXPLORATION MPS ?	44
4.1 Une pédagogie de projet	44
4.2 Enseigner des compétences plutôt que des savoirs	45
4.3 Rôle et difficultés de l'enseignant	47
4.4 Travail de l'élève	49
4.5 Conclusions	49
5. L'ENSEIGNEMENT D'EXPLORATION MPS AU LYCEE DE BRAS-FUSIL À SAINT BENOÎT	51
5.1 Présentation du lycée	52
5.2 Présentation du premier thème : Sciences et investigation policière	52
5.3 Partie mathématique du premier thème : Cryptologie	56
5.4 Présentation du second thème : Sciences et vision du monde	63
5.5 Analyse du questionnaire rempli par les élèves	65
6. CONCLUSIONS	71
BIBLIOGRAPHIE	73
ANNEXE	78

INTRODUCTION

Le savoir scientifique qui nous est transmis par les livres se présente sous sa forme la plus achevée et la plus parfaite. En Mathématiques, depuis la géométrie grecque, on rédige sous une forme axiomatique-déductive qui semble couler de source. Or la construction du savoir n'a pas été linéaire mais remplie d'erreurs, de fausses pistes et de tentatives infructueuses. De plus, on expose rarement les questions qui ont précédé ces savoirs, que ce soit des questions de la vie courante ou des demandes provenant d'autres domaines scientifiques.

De la même façon, les savoirs à enseigner, présentés suite à la transposition didactique sous forme de programmes scolaires sont souvent décontextualisés.

Au lycée, l'enseignement des sciences est le plus souvent bien éloigné de la démarche scientifique (se poser une question, émettre des hypothèses, expérimenter, démontrer...). Tous les programmes disciplinaires préconisent la mise en place de démarches d'investigation, mais des contraintes telles que le manque de temps, le programme à terminer, les effectifs trop chargés, la nécessité d'une évaluation font que l'enseignant aborde souvent les choses comme dans un livre. Par exemple, en Mathématiques, il donne les définitions et les axiomes puis les théorèmes démontrés par des chaînes de déductions à partir des axiomes ou des propriétés déjà démontrées. Après les exercices d'applications directes qui se résument bien souvent à l'application de quelques recettes, il peut proposer des problèmes plus conséquents qui se présentent pour la plupart comme un ensemble de données et de conclusions. L'élève doit alors chercher dans la théorie mise en place l'axiome ou la propriété qui lui permettra de démontrer les conclusions en tenant compte des données.

Dans le même temps, on remarque que, dans leur grande majorité, les élèves ont perdu la curiosité mathématique, le plaisir de résoudre des problèmes, de faire de jolies démonstrations. Il en est de même pour les autres disciplines telles que les Sciences de la Vie et de la Terre ou la Physique-Chimie. Depuis plusieurs années, est soulignée la désaffection des filières scientifiques ou une orientation dans ces filières pour des raisons bien éloignées de l'intérêt pour les sciences.

Par ailleurs, beaucoup d'élèves ne voient souvent aucun lien entre les cours de Sciences de la Vie et de la Terre, de Physique-Chimie et de Mathématiques. Enfin, l'erreur est ressentie de façon négative et ils préfèrent ne rien faire ou ne rien dire plutôt que de se tromper.

La réforme du lycée, mise en place en 2010, propose l'enseignement d'exploration "Méthodes et Pratiques Scientifiques" en seconde qui semble se donner comme objectif de remédier à ces différents problèmes et en particulier de redonner le goût des sciences aux élèves en les initiant à une démarche scientifique.

Si l'enseignement d'exploration "Méthodes et Pratiques Scientifiques", est nouveau, il s'inscrit dans une évolution globale de l'enseignement et de l'évaluation des sciences mise en place depuis plusieurs années.

Par exemple, la pluridisciplinarité est présente dans les programmes dès le collège. On peut citer les Itinéraires De Découvertes (IDD) apparus dans les programmes de 2002, et plus récemment l'expérimentation des Enseignement Intégré de Sciences et de Technologie (EIST), depuis 2006. Les enseignements pluridisciplinaires sont aussi présents au lycée depuis les années 2000 avec les Travaux Pratiques Encadrés (TPE) en première puis l'option sciences en seconde ouverte dans quelques établissements depuis 2004.

De façon plus générale, l'enseignement suit l'évolution actuelle de la recherche qui, après une trop grande spécialisation, reconnaît l'efficacité d'une démarche pluridisciplinaire.

L'initiation à une démarche scientifique, souvent appelée démarche d'investigation, s'inscrit dans les programmes disciplinaires de chaque enseignement scientifique, dès le collège depuis 2005. On la préconise même au primaire.

Enfin, l'évaluation par compétences rappelle celle mise en place avec le livret de compétences du socle commun à valider au primaire et au collège mais aussi la validation des items du Brevet Informatique et Internet (B2I), ou la notation mise en place lors de l'évaluation des Travaux Pratiques Encadrés en première ou pour les épreuves expérimentales en terminale scientifique.

L'enseignement d'exploration "Méthodes et Pratiques Scientifiques", bien que nouveau, n'a donc rien de très original mais on connaît les difficultés qui ont accompagné la mise en place de chacune des actions citées précédemment dues à un manque de formation des enseignants ou à des réticences de la part de certains pour cette approche différente de la façon d'enseigner et d'évaluer. L'objet de ce mémoire est une réflexion sur ce nouvel enseignement et plus particulièrement sur l'initiation à la démarche scientifique.

Nous allons, dans un premier temps, présenter rapidement les trois enseignements pluridisciplinaires des programmes du lycée, à partir des textes officiels pour mettre en évidence leurs spécificités et leurs convergences.

Nous aurons ensuite une approche épistémologique et historique de la démarche scientifique afin d'essayer de comprendre comment cette démarche s'est formalisée à travers les siècles et si les difficultés rencontrées par les élèves croisent celles des scientifiques qui les ont précédés.

Par une approche didactique, nous essayerons de comprendre l'intérêt de cette initiation à la démarche d'investigation dans le cadre d'un projet, sa mise en œuvre et les difficultés que peuvent rencontrer les enseignants et les élèves.

Enfin, nous donnerons, à titre d'exemple, les choix faits au lycée de Bras Fusil à Saint-Benoît concernant cet enseignement d'exploration et nous essayerons d'analyser quelques séquences à partir de l'éclairage apporté dans les deux premières parties. Nous détaillerons aussi les réponses à un questionnaire rempli par les élèves lors de la dernière séance.

Dans la suite de ce mémoire nous nous limiterons aux programmes du lycée général et aux trois disciplines suivantes, les Mathématiques, les Sciences de la Vie et de la Terre et la Physique-Chimie et nous développerons davantage la partie mathématique.

1. ENSEIGNEMENTS PLURIDISCIPLINAIRES AU LYCEE GENERAL

Depuis quelques années, des enseignements pluridisciplinaires dans le domaine des sciences sont apparus dans les programmes officiels du lycée général. Dans l'ordre chronologique, ce sont d'abord les Travaux Pratiques Encadrés (TPE), puis l'option sciences et enfin l'enseignement d'exploration Méthodes et Pratiques Scientifiques (MPS). Dans un premier temps, nous allons présenter ces trois enseignements à partir des programmes officiels et de documents du site EduSCOL pour mettre en évidence leurs convergences et leurs différences.

1.1 LES TRAVAUX PRATIQUES ENCADRES (TPE)

Différentes étapes ont jalonné la mise en place des TPE.

En **1999-2000** : Expérimentation des TPE en classe de première (quelques classes par série dans chaque académie).

En **2000-2001** : Généralisation des TPE en classe de première (janvier 2001).

En **2001-2002** : Introduction des TPE en classe terminale à titre facultatif (épreuve facultative au baccalauréat selon des modalités provisoires d'évaluation).

En **2002-2003** : Généralisation des TPE en classe terminale.

Les TPE restent une épreuve facultative au baccalauréat, mais mieux valorisée (coefficient 2)

En **2005-2006** : Suppression des TPE en classe terminale mais les TPE restent obligatoires en classe de première et sont évalués au baccalauréat sous forme d'épreuve obligatoire anticipée à partir de 2006.

Depuis 2006 : Les TPE constituent un enseignement obligatoire en classe de première de 2 heures hebdomadaires, sur 18 semaines maximum, encadrées par (au moins) deux professeurs. En sciences, ce sont principalement les professeurs de Mathématiques, Physique-Chimie ou Sciences de la Vie et de la Terre qui encadrent les TPE.

À partir de thèmes définis nationalement, les élèves par groupes de deux ou trois, choisissent leur sujet associant plusieurs disciplines et *en lien avec les programmes*. Les professeurs doivent veiller à ce que *les connaissances et compétences disciplinaires mises en œuvre soient ancrées dans les programmes*.

Tout au long de la phase de préparation du TPE (choix du sujet, définition de la problématique, recherches documentaires, mise en place d'expériences, d'enquêtes statistiques, réalisation de la production, préparation de la présentation orale...) les élèves bénéficient de l'assistance et du conseil des professeurs. *La démarche doit impérativement comporter une recherche documentaire* qui permet d'affiner la problématique. Les élèves doivent apprendre à faire des recherches en dehors de la classe, à partir d'autres sources

que l'enseignant ou les livres scolaires. Le TPE conduit à une production qui peut prendre diverses formes et s'achève par un exposé oral.

La production est commune au groupe mais l'évaluation est individuelle et tient compte de l'implication et de la qualité du travail fourni tout au long des séances, de la production et de la présentation orale. Chaque élève doit tenir un carnet de bord qui retrace son travail, ses recherches et garde des traces du dialogue avec les enseignants. La note obtenue est prise en compte pour le bac, avec un coefficient 2 pour les points au dessus de la moyenne.

Objectifs des TPE :

- diversifier les modes d'appropriation des contenus des programmes en prenant appui sur une démarche interdisciplinaire. Mobiliser les savoirs des élèves dans une production, découvrir les liens qui existent entre les différentes disciplines et percevoir la cohérence des savoirs scolaires.
- développer chez les élèves les capacités d'autonomie et d'initiative dans la recherche et l'exploitation de documents en vue de la réalisation d'une production qui fait l'objet d'une synthèse écrite et orale.
- Solliciter leur curiosité intellectuelle dans une situation d'apprentissage actif, former leur esprit critique, les motiver par un travail dont ils définissent eux-mêmes le sujet.
- Se confronter à l'erreur et la surmonter.
- Développer de nouvelles capacités et compétences, utiles pour la poursuite d'études, la vie sociale et professionnelle : autonomie, travail en groupe, recherche documentaire, argumentation, maîtrise de l'outil informatique et d'Internet, expression orale ...
- Acquérir des méthodes de travail : élaboration progressive puis choix stabilisé d'une problématique, choix d'un support adapté de réalisation, présentation synthétique, respect d'un échéancier...

[EduSCOL 6], [EduSCOL 7]

1.2 L'OPTION SCIENCES EN SECONDE (OU DEMARCHES ET CULTURES SCIENTIFIQUES)

En **2002-2003**, l'Inspection Générale de Mathématiques a proposé à quelques établissements de monter des laboratoires de Mathématiques sur projet. Cette demande faisait suite au rapport d'étape de la Commission de Réflexion sur l'Enseignement des Mathématiques (CREM) présidée par Jean-Pierre Kahane. Certains enseignants, dont Jean-Pierre Richeton ancien président de l'APMEP, ont alors sollicité l'appui de l'Inspection Générale pour la création d'options sciences en seconde.

C'est ainsi que l'académie de Montpellier a créé à titre expérimental, pour la rentrée **2004**, l'option sciences dans neuf établissements. C'était une option de détermination de seconde, de trois heures hebdomadaires, comme les options SES ou MPI.

L'objectif principal était de donner le goût des sciences de manière pluridisciplinaire aux élèves pour lutter contre la désaffection des filières scientifiques, former à la démarche scientifique, développer des qualités telles que l'organisation, l'autonomie, l'initiative et l'imagination.

A la rentrée **2005**, l'expérimentation s'étendait à une trentaine de classes de l'académie de Montpellier.

Ensuite l'expérimentation a été généralisée, tout lycée souhaitant mettre en place l'option science pouvait en faire la demande au rectorat.

[NOGUES 2006]

1.3 L'ENSEIGNEMENT D'EXPLORATION METHODES ET PRATIQUES SCIENTIFIQUES (MPS)

En 2010, dans le cadre de la réforme du lycée et la mise en place de la nouvelle seconde, en plus des enseignements communs, les élèves doivent choisir deux enseignements d'exploration d'une heure trente hebdomadaire chacun. Le choix d'un enseignement d'exploration ne conditionnant pas l'orientation pour la classe de première.

L'enseignement d'exploration MPS concerne deux ou trois des quatre matières suivantes : Sciences et Vie de la Terre, Physique-Chimie, Mathématiques et Sciences de l'Ingénieur.

Le programme est paru au Bulletin Officiel spécial n°4 du 29 avril 2010.

Une liste de six thèmes nationaux est proposée chaque année, elle est susceptible d'être renouvelée périodiquement. Un thème libre peut y être ajouté par l'équipe des professeurs. Pour chaque thème, le programme propose différentes approches possibles.

Les enseignants doivent choisir au moins deux thèmes par an qui feront l'objet de l'enseignement et des activités des élèves.

En dehors de la présentation des six thèmes, le programme tient en une page.

Il précise les objectifs :

- Découvrir différents domaines des quatre sciences : Mathématiques, Sciences Physiques, Sciences de la Vie et de la Terre et Sciences de l'ingénieur.
- Montrer comment ces disciplines répondent aux questions scientifiques que se posent les hommes depuis l'antiquité jusqu'à aujourd'hui.
- Découvrir des métiers et des formations dans le champ des sciences, en lien avec le Parcours Découverte des Métiers et des Formations (PDMF).
- Initier les élèves à une démarche scientifique dans le cadre d'un projet.

Les compétences à développer :

- Savoir utiliser et compléter ses connaissances.
- S'informer, rechercher, extraire et organiser l'information utile (écrite, orale, observable, numérique).
- Raisonnement, argumenter, pratiquer une démarche scientifique, démontrer.
- Communiquer à l'aide d'un langage et d'outils adaptés.

L'enseignement de MPS permet aussi de développer le travail d'équipe, l'autonomie, l'initiative, l'implication dans un projet.

Les élèves travaillent seuls ou en groupes mais il faut prévoir des séances en classe entière pour définir de façon claire les connaissances et compétences acquises ou à acquérir.

A la fin de chaque thème, une production est demandée au élèves (expérience, modélisation, enquête statistique, maquette...) et on doit aboutir à une forme de communication scientifique (exposition d'affiches, diaporama, compte rendu de recherche...).

L'évaluation peut prendre des formes variées mais ne se limite pas à la production finale et concerne toutes les phases du projet. Elle doit valoriser l'acquisition de compétences (mise en œuvre d'une démarche scientifique, compétences expérimentales...) et de qualités (autonomie, initiative, travail d'équipe...).

Des documents « ressources » sont parus sur éduscol dans les semaines suivantes apportant des précisions.

Concernant les connaissances, il est ajouté que :

« Il n'est pas nécessaire que les connaissances utiles à la rédaction du projet soient inscrites dans les programmes disciplinaires de la classe de seconde. La motivation de l'introduction d'autres connaissances, dans une limite raisonnable fixée par la durée du projet et la maturité d'un élève de seconde, trouvera sa justification dans les problèmes concrets à résoudre. Ces connaissances ne seront pas développées à partir d'un cadre théorique général. »

On y insiste sur la démarche de projet qui doit permettre l'initiation à des démarches d'investigation. Ce projet pluridisciplinaire ne doit pas se limiter à une simple juxtaposition des trois enseignements mais il doit montrer que ce sont des apports croisés qui permettent la réalisation du projet.

Pour l'évaluation, on conseille la mise en place de fiches d'auto-évaluation et la tenue par les élèves d'un cahier de recherches qui serve d'outil de travail et de communication et qui permette une évaluation plus personnelle.

[EduSCOL 4], [EduSCOL 5]

1.4 CONCLUSION : SPECIFICITES ET CONVERGENCES

Chronologiquement, les TPE sont apparus les premiers et se présentent de façon différente par rapport à l'option sciences et à l'enseignement d'exploration MPS. Ce sont les élèves, par groupes de deux ou trois, qui choisissent leur sujet et leur problématique. Les connaissances et les compétences mises en jeu doivent rester en lien avec les programmes et la démarche doit comporter une recherche documentaire qui permet d'affiner la problématique. Le travail s'étale sur 18 semaines c'est-à-dire sur la moitié de l'année. Les enseignants encadrent et accompagnent mais apportent surtout une aide méthodologique. Le TPE aboutit à une production et à une présentation orale évaluées et comptant pour le bac.

L'option sciences semble beaucoup plus proche de l'enseignement d'exploration MPS dans sa démarche. C'est l'équipe enseignante qui choisit le thème et construit, puis propose un projet pluridisciplinaire collectif. Le travail de chaque élève s'inscrit dans la réalisation de ce projet commun, il peut être individuel, en groupe ou en classe entière selon les moments. Deux ou trois thèmes différents sont abordés sur l'année scolaire et les élèves ne travaillent pas toujours avec le même groupe. Les compétences ou connaissances nécessaires à la réalisation du projet peuvent déborder des programmes disciplinaires de la classe de seconde. Enfin, à la fin de chaque thème on aboutit à une production et à une communication scientifique mais bien qu'une évaluation ait lieu, elle n'intervient pas dans la moyenne.

Néanmoins si la forme est différente, ces trois enseignements ont plusieurs points communs.

Le premier est l'approche pluridisciplinaire. Comme on l'a dit dans l'introduction, la pluridisciplinarité est présente dans les programmes de collège mais aussi de lycée depuis le début des années 2000. L'objectif est de décloisonner les trois enseignements et de montrer les liens qui existent entre les trois disciplines. Il est aussi de permettre aux élèves de mieux aborder les questions actuelles de plus en plus complexes et de renforcer les savoirs disciplinaires en leur donnant davantage de sens.

Le second objectif commun est l'initiation à la démarche scientifique, souvent appelée démarche d'investigation, qui, elle aussi, s'inscrit dans les programmes disciplinaires de chaque science dès le collège voire même au primaire. Ici encore, la pluridisciplinarité

permet de mettre en évidence, les différentes méthodologies des trois matières (observation, expérimentation, abstraction, démonstration, modélisation, etc.) et la convergence des objectifs (expliquer, généraliser, prédire, etc.). Certains outils, comme les mathématiques, peuvent être communs aux trois disciplines mais la rigueur mathématique est parfois modulée dans les sciences appliquées.

De même, leur méthode d'évaluation qui s'inscrit dans une évolution générale est identique. On tient compte de toutes les étapes du projet et pas seulement de la production finale. On n'évalue pas seulement l'acquisition de connaissances mais aussi celle de compétences. Enfin on valorise l'implication de l'élève, la prise d'initiative et l'autonomie.

Enfin, à travers ces trois enseignements et par cette initiation à une démarche scientifique, on espère développer le goût des sciences pour lutter contre la désaffection des filières scientifiques en particulier pour les jeunes filles.

2. DEMARCHE SCIENTIFIQUE : APPROCHE HISTORIQUE ET EPISTEMOLOGIQUE

Un des objectifs de l'option MPS est ***d'initier les élèves à une démarche scientifique dans le cadre d'un projet.***

Il convient donc de réfléchir à ce que l'on appelle une démarche scientifique.

Pour le plus grand nombre, il existe « une » démarche scientifique très rigoureuse, constituée d'étapes bien déterminées qui se déroulent dans un ordre précis. Cette démarche aurait pour but de découvrir, comprendre et expliquer le monde réel tel qu'il est de manière objective.

Or dans la pratique, chaque scientifique procède à sa manière, en ne respectant pas toujours toutes les étapes ou leur ordre. De plus, le mathématicien, le biologiste et le physicien ont souvent des exigences différentes.

Nous allons dans un premier temps, regarder comment ce modèle de démarche s'est mis en place dans l'histoire puis nous nous intéresserons aux spécificités des trois matières. Enfin, nous regarderons comment on peut initier les élèves à cette démarche scientifique dans le cadre du travail scolaire.

2.1 UNE APPROCHE HISTORIQUE ET EPISTEMOLOGIQUE

Civilisations anciennes

On peut considérer que les hommes préhistoriques disposaient déjà de connaissances scientifiques. Par exemple, en géologie, pour fabriquer des armes à partir de roches, il faut savoir les reconnaître, les choisir, les tailler, les polir. L'utilisation de plantes, pour s'alimenter et se soigner, montre aussi des connaissances en botanique et en pharmacologie. La réalisation de fresques murales à partir de peintures d'origines minérales ou végétales pose les premières applications de la chimie. Même s'il s'agit davantage de techniques que de connaissances scientifiques, il paraît donc impossible de dater la naissance de la physique et de la chimie.

Le hasard est certainement intervenu dans l'acquisition de ces connaissances mais il a du être accompagné d'observations, d'essais répétés et de réflexions qui sont une première ébauche de la démarche scientifique.

Au cinquième millénaire avant J.-C., les hommes se sédentarisent dans la vallée du Nil et en Mésopotamie en mettant en place l'élevage et l'agriculture. Des échanges commerciaux apparaissent. Ces différents facteurs vont conduire au développement de l'astronomie et des mathématiques. Par l'observation du ciel, sont établis les premiers calendriers nécessaires pour l'agriculture. Les Mésopotamiens inventent même des appareils de mesure tels que le gnomon, le polos ou la clepsydre pour étudier le ciel. En mathématiques, les échanges commerciaux et la répartition des héritages conduisent à améliorer le calcul. Les problèmes d'arpentages sont, eux, résolus par la géométrie.

On pourrait aussi citer l'apparition de la métallurgie du cuivre puis de celle du bronze en Egypte vers 2700 ans avant J.-C.

Certains de ces travaux mathématiques nous sont parvenus sur des tablettes d'argiles cuites mésopotamiennes, et des papyrus égyptiens, datant du deuxième millénaire avant J.-C.

Ces premières connaissances apparaissent donc en réponses à des questions concrètes posées par la vie quotidienne. Mais les documents retrouvés, présentent le plus souvent une liste, non exhaustive, de problèmes résolus, sans tentative de généralisation.

La période grecque

Tout d'abord, il faut noter, qu'on connaît peu de choses des connaissances scientifiques grecques car on ne dispose pas de manuscrits originaux mais seulement de copies plus anciennes ou de commentaires rédigés plusieurs siècles après.

Au huitième siècle avant J.-C., s'installe en Grèce une période calme, propice au développement des sciences. Les Grecs commencent d'abord, par assimiler les connaissances des Egyptiens et des Babyloniens.

La place privilégiée donnée à la discussion et au débat public dans la société grecque permet le développement de l'argumentation qui doit être fondée sur des raisonnements rigoureux pour persuader et convaincre. Cela va permettre l'essor des mathématiques et de la philosophie.

Thales et Pythagore sont les premiers à tenir un discours rationnel sur la nature, ils cherchent à expliquer les phénomènes naturels par des causes naturelles et non divines. Cette attitude est appelée le rationalisme : la connaissance vient de la raison.

Pour Thales, la substance primordiale est l'eau alors que pour Pythagore « tout est nombre ».

Une place essentielle est donnée aux mathématiques et c'est dans ce domaine que l'apport sera le plus considérable. Tout d'abord, les mathématiques vont cesser de n'être qu'un outil permettant de résoudre les problèmes quotidiens pour devenir une discipline théorique et abstraite avec des énoncés généraux. Les Grecs sont avant tout des géomètres.

Ensuite, les premières démonstrations vont apparaître avec Thales et Pythagore au cinquième siècle avant J.-C.

Mais, l'œuvre majeure reste *Les Eléments* d'Euclide qui aurait vécu au troisième siècle avant J.-C. En effet, dans cet ouvrage en plusieurs volumes, Euclide met en place la démarche axiomatique-déductive. Dans son premier livre, il énonce des définitions, des postulats et des axiomes, admis sans démonstration, à partir desquels il va démontrer un grand nombre de propositions de plus en plus compliquées en respectant à chaque fois les mêmes étapes : énoncé de la proposition, exposition, construction puis démonstration et enfin conclusion.

Les Grecs ne se contentent pas de résoudre des problèmes de plus en plus complexes, ils réfléchissent également sur la nature et la structure des mathématiques et développent la philosophie.

Platon (427-347 avant J.-C.), est le premier à avoir énoncé le caractère abstrait des mathématiques. Il distingue deux mondes : le monde réel et le monde des idées. Il développe la première grande philosophie idéaliste. Les mathématiques font partie du monde des idées. Le cercle formé dans l'eau par le jet d'un caillou n'est qu'une représentation imparfaite et fugitive du cercle idéal, parfait et permanent. C'est le cercle idéal que l'on cherche à étudier, toute expérience est donc inutile, seule la contemplation et des raisonnements déductifs permettent la connaissance. Platon est déductiviste.

Aristote (384-322 avant J.-C.), qui a été l'élève de Platon, s'oppose à l'idéalisme de son maître, il est réaliste. Pour lui, il n'y a pas un monde des idées séparé du monde réel. On ne peut connaître le monde réel que par l'expérience, l'observation et la réflexion. La science doit chercher à décrire et à expliquer le monde tel qu'il est à partir de ce qui nous apparaît puis elle doit essayer d'abstraire et de généraliser. Connaître, c'est pouvoir expliquer par des raisonnements qui respectent certaines règles. Aristote est considéré comme le fondateur de la logique. Il est également à l'origine de la séparation des sciences en disciplines distinctes.

Aristote fait des observations qualitatives de la nature mais il accorde aussi de la valeur au témoignage humain. Ces observations ayant été effectuées ou admises, il essaie de les relier entre elles et d'établir une théorie générale. Il procède donc par induction. Cette théorie ne sera, ensuite, plus remise en cause ou confrontée à de nouvelles observations. Par ailleurs, il compare les phénomènes et essaie de leur appliquer des théories existantes, il procède par analogie.

Pendant des siècles, la pensée d'Aristote va influencer la philosophie et la science.

Les Grecs observent beaucoup mais n'expérimentent pas, c'est-à-dire, n'essaient pas ou peu de reproduire une observation. Dans la société grecque, il y a une séparation nette entre les travaux purement intellectuels et ceux manuels et cela ne favorise pas l'expérimentation.

La période arabe

Après la mort de Mahomet, en 632 après J.-C., les armées arabes partent à la conquête du monde. Un siècle après, les califes ont conquis d'immenses territoires qui s'étendent de l'Inde à l'Espagne, en passant par l'Afrique du Nord. Pendant plusieurs siècles ce sont les Arabes qui vont faire progresser la science. On appelle science arabe, la science écrite dans cette langue mais elle peut être produite par des personnes qui ne sont pas arabes ou pas musulmanes.

Dans le Coran plusieurs versets sont favorables à la science et incitent à la recherche :

« Dieu placera sur des degrés élevés ceux d'entre vous qui croient et ceux qui auront reçu la science »

« Seigneur accorde moi plus de science »

Plusieurs propos attribués au prophète incitent aussi au développement de la science :

« Cherchez la science, même en Chine »

« La quête de la science est un devoir pour tout musulman »

[DJEGBAR, page 64]

Par ailleurs, les demandes concrètes, l'arpentage, la répartition des héritages, les transactions commerciales, la recherche de la direction de La Mecque ou l'élaboration de calendriers pour les prières incitent les scientifiques à poursuivre les recherches mises en place par les civilisations antérieures.

Les maisons de la sagesse sont fondées, lieux de traductions et de rencontres elles permettent d'abord l'assimilation des connaissances antérieures (grecques, égyptiennes, indiennes, persanes, syriaques, babyloniennes...) aussi bien scientifiques que philosophiques. Puis à partir du neuvième siècle apparaissent les premières contributions arabes.

En astronomie, les demandes sont importantes. Elles sont d'abord pratiques, prévision des saisons, calendriers, elles sont ensuite d'ordre religieux, heures des prières, direction de la Mecque, elles répondent enfin à l'envie de connaître l'avenir avec l'astrologie. Par les traductions, les Arabes ont assimilé les connaissances antérieures mais l'influence grecque semble dominer. *L'Almageste* de Ptolémée a été traduit dès le 8^{ème} siècle. Les progrès en astronomie s'appuient d'abord sur l'accumulation des observations pour vérifier et préciser les phénomènes connus, les astronomes arabo-musulmans se seraient peu intéressés aux phénomènes occasionnels comme les comètes. Les avancées se font ensuite grâce à la construction d'observatoires et d'instruments d'observations et de mesures de plus en plus performants, l'astrolabe, la sphère armillaire, etc. L'astronomie profite aussi des avancées mathématiques en calcul et en particulier en trigonométrie.

En mathématiques aussi les demandes concrètes sont importantes, répartition des héritages, échanges commerciaux, calculs pour l'astronomie ... Les connaissances indiennes et grecques sont le fondement des mathématiques arabo-musulmanes. On retiendra le livre d'Al-Khwarizmi, *Abrégé du calcul par la restauration et la comparaison*, qui fait de l'algèbre une discipline autonome, indépendante de l'arithmétique et de la géométrie, et qui permet de résoudre des problèmes pratiques mais aussi purement théoriques. Le symbolisme algébrique commence à se mettre en place.

Les Arabes poursuivent les réflexions grecques sur les instruments et les objets mathématiques. Elles aboutissent à des débats philosophiques débordant le cadre mathématique, comme sur la notion d'infini mais permettent aussi une réflexion sur la démonstration et une classification des problèmes mathématiques.

La physique arabe étudie la statique (équilibre des corps solides ou liquides), la dynamique et l'optique mais aussi une mécanique utilitaire (engins de levage ...) et la technologie militaire. La physique théorique ne s'appuie que sur des travaux antérieurs grecs.

Dans son livre, *Une histoire de la science arabe*, Ahmed Djebbar décrit ainsi la méthodologie de la science grecque : « Le physicien (grec) observe mais sans multiplier les observations.

Une seule constatation peut lui suffire. Par ailleurs, le témoignage constitue pour lui une preuve scientifique valable. Il peut lui arriver de pratiquer une expérience, mais ce n'est pas systématique. En général, il ne mesure pas. Sa physique est essentiellement qualitative. Les formulations scientifiques ne sont pas mathématiques : pas de formules, pas d'équations chez Aristote. Cela change partiellement à partir d'Archimède ». [DJEJBAR, page 244]

La science arabe est plus quantitative, la pratique de l'expérience et de la mesure étant beaucoup plus systématique et un point important de la méthodologie. On note aussi l'utilisation, en physique, du langage mathématique et la volonté de donner des mesures exactes dans les nombreuses tables astronomiques.

Les sciences de la vie et de la terre englobent la géologie, la biologie mais aussi l'agriculture, l'agronomie et la médecine. Elles répondent donc au départ aux besoins vitaux des hommes. Les scientifiques disposent de savoir-faire populaires et de nombreux ouvrages des civilisations antérieures. En botanique, en zoologie ou en géologie il y a un gros travail d'observation, de description et de classification. Il faut aussi donner un nom à chaque entité.

La chimie, dont le mot lui-même serait d'origine arabe regroupe la chimie et l'alchimie. La première partie aurait des origines pratiques : céramique, métallurgie, produits d'hygiène et de beauté, médicaments, explosifs, etc. L'alchimie qui tente de transformer des métaux en or a aussi une dimension mystique et ésotérique et a le goût du secret. Néanmoins les recherches dans ce domaine ont permis des progrès importants. Ici encore, les Arabes s'appuient sur des connaissances antérieures grecques mais aussi égyptiennes et sur des savoir-faire transmis oralement et obtenus empiriquement ainsi que sur des ouvrages dans lesquels la composante ésotérique est très développée. Cette science est surtout empirique. Les chimistes disposent de matériels et d'instruments spécifiques, et même si les démarches expérimentales ne sont pas encore celles de la science moderne, elles sont fondées sur l'expérimentation répétée qui aboutit à une analyse ou à une classification.

En philosophie, les Arabes ont traduit de nombreux ouvrages dont ceux de Platon et Aristote. Mais c'est surtout Aristote qui les a intéressés et qui a influencé la philosophie arabe par la suite. Al Kindi (né en 801) est surtout connu en tant que philosophe, il aurait introduit la pensée grecque et il privilégiait l'observation comme compréhension du monde. Cette philosophie était aussi influencée par la religion. La philosophie arabo-musulmane est donc un savant mélange de la pensée d'Aristote et de la théologie.

En Europe

En 395, l'Empire Romain se partage entre Orient et Occident. Les Romains lisant le grec font peu de traductions et ils se contentent de mathématiques élémentaires et pratiques.

L'Europe se coupe ainsi des avancées grecques. Par ailleurs, après la chute de Rome, en 476, l'Europe sombre dans un période de récession économique et de désordre politique peu propice à une recherche scientifique. L'église est toute puissante, et les textes sacrés sont la seule pensée tolérée, l'observation et l'expérience n'y ont pas leurs places.

Au 10^{ème} siècle, Gerbert (940 - 993) aurait introduit les chiffres arabes en Europe suite à un voyage en Espagne pendant lequel il aurait découvert le système de numération indo-arabe.

Au 11^{ème} siècle et au 12^{ème} siècle, l'Europe retrouve une période d'accalmie et va s'appropriier les sciences gréco-arabes par des traductions d'ouvrages arabes. La ville de Tolède, en Espagne, qui vient d'être reconquise par les chrétiens devient un centre de traduction. Gérard de Crémone (1114 – 1187) est un des traducteurs les plus fécond. Les esprits commencent à s'ouvrir et on redécouvre la pensée d'Aristote, on cherche des explications naturelles aux phénomènes jusqu'alors expliqués par la doctrine et le mysticisme.

L'Italie, par la Sicile, est en contact avec la civilisation arabe. A partir du 13^{ème} siècle, on ne se contente plus de traduire, on enrichit les connaissances. Léonard de Pise, ou Fibonacci (1170 – 1250) écrit le *Liber abaci*, une véritable encyclopédie qui réunit les connaissances grecques et arabes.

En Europe, on assiste à la création des premières universités : Paris, Bologne, Cambridge...

La scolastique

Depuis sa traduction en latin, l'œuvre d'Aristote s'est diffusée et prend de l'importance, on redécouvre la philosophie antique fondée sur la raison. Or cette pensée païenne est en contradiction sur plusieurs points avec le christianisme.

Au 13^{ème} siècle, Thomas d'Aquin (1255-1274) affirme que la philosophie ne s'oppose pas à la foi et il entreprend de concilier la science d'Aristote aux thèses de l'église chrétienne. L'homme étant imparfait, la raison humaine ne lui permet pas de tout comprendre.

Cette synthèse, la scolastique, devient la position officielle de l'église et l'inquisition se charge de la faire respecter. C'est cet enseignement qui sera dispensé dans les écoles monastiques, les universités et la majorité des écoles pendant le Moyen Âge.

La scolastique impose une vision du monde qui conforte nos sens et notre morale. Par exemple, comme on le voit tous les jours, le soleil tourne autour de la terre et les étoiles sont fixes dans le ciel, accrochées au dôme céleste. Ceci conforte deux passages de la Bible,

- le psaume 93 « tu as fixé la terre ferme et immobile »
- Josué 10,12-14 dans lequel Josué arrête la course du soleil et de la lune.

[HAGEGE 02-2007, page 6]

Après la chute de l'Empire romain d'Orient, l'Europe bénéficie de l'arrivée de savants byzantins possédant des versions grecques des textes anciens.

Par ailleurs, un mouvement réclame une réforme des méthodes scientifiques. Nicolas de Cues (1405 – 1464), homme d'église allemand, souhaite fonder la connaissance sur la mesure. Léonard de Vinci (1452 – 1519) privilégie l'observation et une approche expérimentale. Les artisans, les ingénieurs et les artistes, confrontés à des problèmes techniques accumulent un savoir empirique. Mais les universités qui restent maîtres de l'enseignement sont fidèles à la scolastique et freinent la propagation de ces idées novatrices. De plus les savants communiquent peu entre eux sur leurs progrès respectifs.

La réforme de l'astronomie

Le modèle du système solaire adopté par les universités est le modèle géocentrique grec de Ptolémée et d'Aristote, modifié et enrichi par les Arabes et adapté aux exigences théologiques par la scolastique.

Nicolas Copernic (1473-1543) défend l'idée révolutionnaire que le soleil est au centre de l'univers et que les planètes se déplacent autour de lui selon une trajectoire circulaire. Il publie sa théorie héliocentrique le jour de sa mort en la présentant comme une hypothèse accommodante pour ses calculs.

L'église catholique et l'inquisition condamnent cette version. Par ailleurs, pour la plupart des gens, elle s'oppose à l'observation naturelle du soleil qui tourne autour de la terre.

Johann Kepler (1571 – 1630), protestant réfugié à la cour de Prague, s'appuie sur ses propres observations pour proposer un modèle héliocentrique, sous forme de lois mathématiques simples, avec un déplacement elliptique des planètes.

Mais c'est Galilée qui va révolutionner l'astronomie mais aussi la démarche scientifique. Tout d'abord, il va appuyer ses recherches sur l'instrumentation, créant ou faisant créer de nouveaux outils de mesure et d'observation. Par exemple, jusqu'alors, les observations du système solaire ne concernaient que ce qui était visible à l'œil nu. Galilée va fabriquer plusieurs lunettes astronomiques qui vont lui permettre d'effectuer de nouvelles observations du ciel. A partir de cette période, l'évolution de la science sera directement liée à l'évolution des instruments de mesure et d'observation.

Il va ensuite remplacer des observations qualitatives par des mesures quantitatives de grandeurs physiques telles que les positions ou les vitesses. Il prône alors une utilisation consciente et systématique des mathématiques dans l'étude de ces mesures chiffrées et met en place de véritables démonstrations mathématiques.

Enfin, il ne se contente pas d'une seule observation mais les renouvelle ou expérimente puis il confronte ses résultats au raisonnement.

En prenant position pour l'héliocentrisme de Copernic, Galilée surmonte un obstacle épistémologique et s'attire les foudres de l'inquisition.

Pour la première fois, des savants réfutent une théorie confortée par l'observation immédiate, acceptée depuis l'antiquité et reconnue par la religion.

La révolution scientifique

Au 17^{ème} siècle, les changements consécutifs aux travaux de Galilée sont appelés la révolution scientifique.

La démarche scientifique s'appuie dorénavant sur des observations, des expériences et une description quantitative obtenue par des instruments inventés dans ce but. Les données obtenues doivent être cohérentes avec les théories existantes et doivent être validées mathématiquement. Les mathématiques connaissent un développement rapide et on essaie d'appliquer aux autres sciences une démarche mathématique axiomatique-déductive.

Francis Bacon (1561-1621) est un philosophe anglais. Il rejette la scolastique et met en doute les savoirs antérieurs transmis par les livres. Pour décrire le monde tel qu'il est, il conseille de s'appuyer sur les observations et les expériences et de ne pas énoncer trop vite de théories, celles-ci devant pouvoir être remises en cause à tout moment. Il est considéré comme le fondateur de la méthode expérimentale. Il est donc réaliste, empiriste et inductiviste.

René Descartes (1596 -1650), scientifique et philosophe français, cherche à définir une méthode permettant d'acquérir une science juste et exacte, fondée sur le doute et le "cogito". Même s'il effectue des expériences, il est avant tout déductiviste.

Il écrit dans son livre *Règles pour la direction de l'esprit* en 1628 : « Ces longues chaînes de raisons, toutes simples et faciles, dont les géomètres ont coutume de se servir, pour parvenir à leurs plus difficiles démonstrations, m'avaient donné occasion de m'imaginer que toutes les choses qui peuvent tomber sous la connaissance des hommes s'entre-suivent en même façon ... ».

En 1637, dans le *Discours de la méthode*, il énonce les quatre règles de la méthode cartésienne :

« Le premier était de ne recevoir jamais aucune chose pour vraie, que je ne la connusse évidemment être telle : c'est-à-dire, d'éviter soigneusement la précipitation et la prévention ; et de ne comprendre rien de plus en mes jugements, que ce qui se présenterait si clairement et si distinctement à mon esprit, que je n'eusse aucune occasion de le mettre en doute.

Le second, de diviser chacune des difficultés que j'examinerais, en autant de parcelles qu'il se pourrait, et qu'il serait requis pour les mieux résoudre.

Le troisième, de conduire par ordre mes pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu, comme par degrés, jusques à la connaissance des plus composés ; et supposant même de l'ordre entre ceux qui ne se précèdent point naturellement les uns les autres.

Et le dernier, de faire partout des dénombrements si entiers, et des revues si générales, que je fusse assuré de ne rien omettre. » [DESCARTES, page 14]

Le scientifique le plus important de cette époque est Isaac Newton qui, avec Leibniz, invente le calcul différentiel et intégral. Newton est inductiviste.

Par ailleurs, même si les échanges entre scientifiques restent modestes, les premières sociétés scientifiques se créent, comme la Royal Society de Londres en 1660 et l'Académie des Sciences française en 1666, et facilitent la divulgation des travaux. Ces échanges rendent nécessaire l'utilisation de notations communes et d'un vocabulaire précis propre à chaque science.

Enfin, les états commencent à financer les recherches et se substituent aux mécènes.

Le 18^{ème} siècle

Au 18^{ème} siècle, les sciences de la vie et de la terre connaissent un grand développement suite aux expéditions scientifiques en Afrique et dans le Pacifique pendant lesquelles on découvre, observe, classifie et nomme les végétaux et les animaux.

George Louis Leclerc, comte de Buffon (1707 – 1788) écrit : « Je place au centre de ma réflexion la pratique expérimentale, sans cesse je travaille à la classification des êtres vivants, à l'étude de la physiologie animale et végétale, à la recherche de l'origine de l'homme. Contre la Bible qui accorde à la terre un âge de six mille ans, j'affirme et prouve qu'elle a plus de cent mille ans. [...] Mon grand œuvre encyclopédique, *Histoire naturelle* en 36 volumes, est dédié à tous les naturalistes de ce siècle ».

[BUFFON]

C'est aussi une période d'inventaire des connaissances avec *l'Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, œuvre majeure de Denis Diderot et Jean D'Alembert publiée entre 1751 et 1772.

Les travaux d'Antoine Lavoisier, afin de comprendre la notion d'éléments chimiques, marquent la rupture entre alchimie et chimie et la naissance de la Chimie.

Le 19^{ème} siècle

La biologie connaît de grands progrès au 19^{ème} siècle avec la naissance de la génétique et de la physiologie. La parution de *L'origine des espèces*, de Charles Darwin en 1859 marque la rupture définitive entre sciences et religion.

Après plusieurs siècles pendant lesquels les méthodes inductives et déductives se sont opposées, apparaît la méthode hypothético – déductive.

D'après Yves Cariou, c'est Diderot (1713 – 1784) qui, avant Claude Bernard, l'aurait présentée dans les *Pensées sur l'interprétation de la nature* (1753) : « l'observation recueille les faits, la réflexion les combine, l'expérience vérifie les résultats de la combinaison »

[CARIOU, page 11]

Claude Bernard (1813 – 1878), médecin et physiologiste français, est néanmoins considéré comme le fondateur de la médecine expérimentale, la médecine de l'époque étant surtout descriptive. Il énonce la méthode médicale dans son *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (1865) fondée sur le doute sur les théories anciennes, la liberté d'esprit et d'initiative et l'importance des faits basés sur l'observation et l'expérimentation.

Il écrit :

« Le savant s'instruit chaque jour par l'expérience; par elle il corrige incessamment ses idées scientifiques, ses théories, les rectifie pour les mettre en harmonie avec un nombre de faits de plus en plus grands, et pour approcher ainsi de plus en plus de la vérité.»

[BERNARD, page 20]

« La théorie est l'hypothèse vérifiée après qu'elle a été soumise au contrôle du raisonnement et de la critique. Une théorie, pour rester bonne, doit toujours se modifier avec le progrès de la science et demeurer constamment soumise à la vérification et la critique des faits nouveaux qui apparaissent. Si l'on considérait une théorie comme parfaite, et si on cessait de la vérifier par l'expérience scientifique, elle deviendrait une doctrine »

[BERNARD, page 200]

Il formalise la démarche expérimentale en biologie en six étapes : OHERIC (Observation, Hypothèse, Expérience, Résultat, Interprétation, Conclusion).

Il considère que chaque phénomène trouve son origine dans un nombre fini de causes et qu'en isolant chaque cause on peut expliquer le phénomène.

Le philosophe français, Auguste Comte, (1798– 1857) développe le mouvement appelé positivisme. Il n'est pas d'accord avec Claude Bernard sur le dernier point. Il soutient qu'il faut rechercher des lois, des relations existant entre ces faits, et non des causes. C'est-à-dire qu'il faut répondre au comment et pas au pourquoi. Il préconise une méthode inductive, qui

part des observations et pas des théories antérieures et qui s'appuie sur des mesures quantitatives et non qualitatives.

La méthode OHERIC a longtemps été la méthode de référence à enseigner, surtout en SVT, même si on reconnaissait que cette représentation idéalisée ne correspondait pas totalement à la démarche suivie par les chercheurs dans les laboratoires. Elle sera remise en cause dans les années 1970.

Le 20^{ème} siècle

Au 20^{ème} siècle plusieurs philosophes des sciences ont fait évoluer la démarche scientifique par leurs réflexions.

Gaston Bachelard (1884-1962) est un philosophe français des sciences et de la poésie. Dans son livre *La formation de l'esprit scientifique* (1938), il réfute l'idée que le cerveau de l'élève puisse être "vide". Il écrit : « Quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit n'est jamais jeune ». [BACHELARD, page 5]

De plus, les connaissances antérieures s'opposent souvent aux savoirs à acquérir. Bachelard définit la notion d'obstacle épistémologique que constitue la croyance. « On connaît contre une connaissance antérieure, en détruisant des connaissances mal faites... ». [BACHELARD, page 4]

Il base l'acquisition de connaissances sur la résolution de problèmes. « Pour un esprit scientifique, toute connaissance est réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut pas y avoir de connaissances scientifiques. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit. » [BACHELARD, page 5]

Karl Popper (1902 – 1994), philosophe des sciences, écrit *Logique de la découverte scientifique* en 1934. Il soutient que la méthode inductive n'est pas heuristique (qui sert à la découverte). Une loi étant une construction intellectuelle ne peut pas être objective et on ne peut pas démontrer qu'elle est vraie, on peut juste essayer de démontrer qu'elle est fausse. Il énonce le critère de réfutabilité. Ce critère permet de différencier ce qui est scientifique de ce qui ne l'est pas. Une assertion non réfutable expérimentalement ne peut pas être scientifique. Pour Popper, une vérité scientifique est une loi qui, bien qu'empiriquement réfutable, ne l'a pas encore été. La science progresserait donc en éliminant les modèles et les théories réfutés.

Thomas Khun (1922 – 1996) est un philosophe des sciences américain. Dans son ouvrage *structure des révolutions scientifiques*, paru en 1962, il développe la thèse que la science n'évolue pas de façon continue par accumulation mais par des ruptures appelées révolutions scientifiques. Il considère que la force du paradigme ne permet pas l'existence d'un point de

vue objectif. Il s'oppose à Popper sur l'idée que les théories sont rejetées dès qu'elles sont réfutées mais plutôt quand elles ont pu être remplacées. Lorsqu'un paradigme est accepté par la communauté scientifique, on entre dans une période de science dite "normale" où toutes les recherches sont cadrées par ce paradigme. Les expériences qui vont à l'encontre sont soit rejetées, soit on adapte la théorie à ces cas particuliers. Il faut une accumulation d'incohérences pour que la théorie soit remise en question et conduise à un nouveau paradigme. Ce qui constitue une révolution scientifique.

Imre Lakatos (1922 – 1974), philosophe des sciences et logicien hongrois, pense qu'il n'existe pas d'expérience cruciale qui réfuterait une théorie. Chaque théorie reposerait sur un noyau dur d'hypothèses de base non modifiables et comporterait une ceinture protectrice d'hypothèses secondaires qui seules sont soumises à réfutation et peuvent être modifiées pour rester cohérentes avec les observations. Chaque programme de recherche a sa propre heuristique positive, ce qu'il faut chercher et à l'aide de quelle méthode, et une heuristique négative, les domaines dans lesquels il ne faut pas chercher et les méthodes qu'il ne faut pas employer.

Des programmes de recherche concurrents peuvent donc coexister simultanément. Certains programmes seront progressifs et permettront d'expliquer et de prédire de nouveaux phénomènes, d'autres seront dégénérescents, se contentant de modifier leur ceinture protectrice pour coller aux observations et seront alors amenés à disparaître.

Paul Feyerabend (1924 – 1994), philosophe des sciences d'origine autrichienne naturalisé américain, a une vision anarchiste de la science et nie l'existence de règles méthodologiques universelles, les découvertes scientifiques n'obéissant à aucune loi. De plus si ces règles méthodologiques existaient, leurs applications empêcheraient toute révolution scientifique. Il réfute aussi le critère de compatibilité avec les théories anciennes comme critère de validation d'une nouvelle hypothèse, ainsi que la cohérence avec les phénomènes observés. Cela donne un avantage considérable et infondé aux théories anciennes et les observations faites sont trop influencées par les théories en cours.

Conclusion

L'évolution de la connaissance scientifique, depuis trois mille ans, s'est faite de façon assez progressive. Même si les avancées ont été plus importantes à certaines périodes, chaque civilisation a permis des progrès significatifs.

La recherche scientifique est fortement influencée par une vision du monde propre à chaque société et en particulier par la religion. Elle répond à des demandes concrètes et pratiques qui la font évoluer et elle s'appuie sur l'évolution d'instruments d'observation ou

de mesure. Dans le même temps, ce sont les demandes des chercheurs qui induisent l'amélioration des instruments.

De la même façon, les avancées des différentes sciences ne sont pas indépendantes, les progrès ou les questions posées dans un domaine permettent des avancées dans un autre. Elles évoluent ensemble dans une interaction mutuelle.

Pour progresser il y a la nécessité, pour chaque science, de disposer d'un langage propre qui s'étoffe au cours du temps et que les scientifiques doivent acquérir.

Les scientifiques commencent toujours par l'assimilation de connaissances antérieures. Ce qui peut parfois retarder les progrès quand celles-ci sont, en partie, fausses. Les scientifiques doivent alors convaincre la société que ce paradigme conduit à des erreurs et ceci est d'autant plus difficile lorsque la vérité va à l'encontre du sens commun, on parle alors d'obstacle épistémologique.

En ce qui concerne la démarche scientifique, on peut différencier les mathématiques et les autres sciences.

En mathématiques, le souci de démonstration et la démarche axiomatique-déductive s'est imposée dès la période grecque. Néanmoins, cette démarche axiomatique-déductive n'est pas celle mise en place dans les phases de recherche et de découverte, elle n'intervient que lors de la rédaction des résultats.

Pour les autres sciences, la démarche scientifique, plus expérimentale, a mis plusieurs siècles pour se formaliser. Depuis Platon et Aristote, deux méthodes s'opposent, la méthode déductive, à partir de théories générales on essaie d'expliquer les phénomènes observés et la méthode inductive, la multiplication des observations conduit à énoncer des lois générales. C'est au 19^{ème} siècle qu'apparaît la méthode hypothético-déductive, l'observation conduit après réflexion à émettre des hypothèses que l'on confronte à l'expérimentation.

Par ailleurs, pendant longtemps, on a du tenir compte des croyances religieuses dans l'interprétation de phénomènes naturels, ce qui a souvent faussé les conclusions. Il a fallu attendre le 17^{ème} siècle et la révolution scientifique suite aux travaux de Galilée, voire même le 19^{ème} siècle et Charles Darwin pour se libérer de cette emprise religieuse.

Par ailleurs on a vu que la démarche scientifique est encore loin de faire l'unanimité parmi les philosophes des sciences et continue d'être discutée.

La mise en place d'une démarche scientifique ne va donc pas de soi et l'initiation des élèves à cette démarche semble nécessaire. Les difficultés rencontrées et les erreurs faites par les élèves font écho à celles de scientifiques bien plus célèbres : généralisation à partir d'un seul

exemple, manque de cohérence entre le résultat annoncé et la figure obtenue, nécessité d'une démonstration rigoureuse en mathématiques, utilisation des instruments de mesure et analyse critique sur leurs précisions, difficulté à dépasser des conceptions erronées induites par nos sens, etc.

2.2 SPECIFICITES DISCIPLINAIRES DE LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE

A l'époque grecque ou arabe, les savants excellaient dans plusieurs domaines, y compris en philosophie. Les sciences continuent d'évoluer ensemble mais très rapidement on a mis en place une classification en plusieurs disciplines, elles même décomposées en plusieurs domaines, chaque domaine étant défini par les objets qu'il étudie.

Il est donc légitime de se demander si on peut parler d'une démarche scientifique ou si chaque science en a sa propre définition.

Les Mathématiques

Depuis le départ les mathématiques permettent de résoudre des problèmes concrets posés par la vie courante. Mais en cherchant à généraliser, cette science est vite devenue théorique et abstraite. Les objets étudiés peuvent ne pas avoir d'existence réelle et même dans le cas contraire ce que l'on étudie ce n'est pas l'objet lui-même mais une forme parfaite, idéalisée. Enfin, les mathématiques peuvent avoir des applications concrètes mais ce n'est pas leur préoccupation première.

La démarche mathématique est influencée par le caractère abstrait des objets étudiés.

Il faut d'abord préciser qu'en mathématiques on ne démontre pas tout, les définitions et les axiomes qui servent à fonder la théorie sont admis. Cette base axiomatique doit être minimale, aucun axiome ne doit pouvoir se déduire d'un autre.

Avant de démontrer, il faut trouver : « que démontrer ? ». En Mathématiques on parle de conjecture. Une conjecture est un énoncé que l'on pense vrai mais qui n'est pas démontré. En Physique-Chimie ou en Sciences de la Vie et de la Terre on parle plutôt d'hypothèses, mais alors qu'une hypothèse peut être validée ou infirmée par une expérience, une conjecture appelle une démonstration rigoureuse.

Comment peut naître cette conjecture ? On a peu de sources historiques dans ce domaine. Les ouvrages qui nous sont parvenus n'étaient pas les brouillons des savants mais une forme achevée avec l'énoncé de la proposition et sa démonstration. On a ainsi perdu l'histoire de la construction de ces savoirs, les questions auxquelles ils tentaient de répondre, les difficultés rencontrées, les fausses pistes. Le savoir qui nous est parvenu est décontextualisé.

On peut penser que tout doit partir d'une simple observation puis la répétition des cas, la recherche d'exemples et de contre-exemples, entraînent un besoin de généraliser. Quand à l'intuition, elle est difficile à définir ou à quantifier. Mais on doit d'abord être dans une démarche inductive.

Pendant longtemps, les outils utilisés en mathématiques étaient assez restreints par rapport à ceux des autres sciences. C'était surtout des outils de constructions géométriques assez perfectionnés. Actuellement les calculatrices puis les ordinateurs, de plus en plus puissants, rendent les mathématiques plus expérimentales. On peut modéliser, simuler, expérimenter, émettre des conjectures, les vérifier sur un grand nombre de cas ... L'utilisation des ordinateurs modifie la démarche mathématique et induit d'autres types de démarches comme en statistiques.

Les démonstrations des conjectures doivent être extrêmement rigoureuses. Elles se présentent comme une chaîne de déductions à partir des définitions, des axiomes et des propriétés déjà démontrées. Elles s'appuient sur la logique qui est devenue une branche à part entière des mathématiques, elle-même axiomatisée. Plusieurs types de démonstrations sont utilisés, par l'absurde, par récurrence ... Une fois démontrée, une conjecture devient une propriété ou un théorème qui ne sera pas remis en cause par la suite.

L'ensemble formé par les définitions, les axiomes et les propriétés démontrées forme une théorie mathématique, c'est-à-dire un ensemble fini ou infini d'énoncés vrais. Il s'agit d'une démarche axiomatique-déductive.

La base axiomatique sert à construire un modèle cohérent mais on peut accepter d'autres axiomes de départ et obtenir un autre modèle cohérent. C'est ce qui s'est passé avec le cinquième axiome d'Euclide, en essayant de le démontrer à partir des précédents, on s'est rendu compte qu'en l'admettant on obtenait la géométrie euclidienne et en le refusant on engendrait les géométries non euclidiennes.

Pour décrire les propriétés des objets mathématiques, il faut les nommer. On a donc introduit un vocabulaire spécifique. Il arrive aussi parfois que l'on utilise des mots du langage courant dans un autre sens. Avec le temps, on a introduit de plus en plus de symboles et de notations. Néanmoins, on ne peut pas parler d'un langage purement mathématique, on utilise en même temps le langage usuel. Un énoncé mathématique reste une phrase qui doit être correctement construite et intelligible.

La physique, la chimie et la biologie

La physique étudie les phénomènes naturels non vivants. Les divisions anciennes comme la mécanique, l'optique, l'électricité, le magnétisme, sont complétées par des domaines plus récents comme la physique moléculaire, la relativité ou le nucléaire.

D'après François Henn, la chimie regroupe trois types d'activités : « Construire » de nouvelles molécules ou de nouveaux systèmes moléculaires, « Analyser » leur composition et leur structure et « Comprendre » les mécanismes cachés derrière les deux premières activités. [HENN]

La biologie étudie les phénomènes naturels vivants. Elle regroupe plusieurs domaines tels que la botanique, la zoologie, la géologie, l'anatomie, la physiologie, la biologie cellulaire et la biologie moléculaire.

Les listes précédentes ne sont pas exhaustives.

La diversité des domaines, plus ou moins récents, fait que l'on ne peut pas parler d'une démarche scientifique unique. Mais on trouve des méthodes communes à plusieurs domaines, telles que l'observation et l'expérimentation.

Tout travail scientifique commence par l'observation, souvent fortuite, de phénomènes qui peuvent être surprenants ou très banals mais qui vont amener à se poser des questions. L'exemple le plus souvent cité restant la pomme de Newton. On va alors prévoir des observations volontaires du même phénomène.

L'observation est l'action de suivi attentif d'un phénomène sans volonté de le modifier, c'est-à-dire sans interférer. Elle doit être la plus objective et la plus précise possible. Elle s'effectue à l'aide d'instruments de mesure et d'observation qui évoluent avec les progrès techniques. Cette observation est souvent quantitative.

L'expérimentation est une observation d'un phénomène souvent provoqué et pour lequel on a optimisé les conditions d'observation. Elle s'effectue dans des laboratoires spécifiques à chaque domaine avec un matériel particulier qui évolue avec le temps. Alors qu'une expérience peut être fortuite ou naturelle, l'expérimentation est construite, mise en place après le choix d'un protocole dans le but précis de vérifier ou d'infirmer certaines hypothèses. Le protocole d'expérimentation est la description précise des conditions, du matériel, de la démarche suivie pendant l'expérience. Il doit permettre la reproduction de l'expérience à l'identique et doit faire l'objet d'une analyse critique portant par exemple sur les imprécisions des appareils de mesure en physique, ou encore sur la multitude de paramètres difficiles à isoler en biologie.

En général, ce n'est pas le scientifique qui choisit entre expérimentation ou observation mais le domaine étudié qui impose le choix. En astronomie ou en biologie, on multiplie les observations, en physique et en chimie, c'est souvent l'expérimentation qui est privilégiée.

La démarche utilisée est la suivante :

A partir d'observations ou d'expérimentations antérieures ou de discussions entre scientifiques, on formule une hypothèse, c'est-à-dire une tentative d'explication pour un phénomène donné. On essaie ensuite de vérifier ou d'infirmer cette hypothèse, soit par des observations, soit par des expérimentations soumises à un protocole précis. On vérifie alors la cohérence des résultats obtenus avec les connaissances antérieures qui sont sous forme de modèles, de lois ou de théories selon le domaine d'étude. Il peut arriver que l'expérimentation conduise à remettre en cause des connaissances antérieures et parfois même des théories existantes. C'est la répétition des observations ou des expérimentations par différents chercheurs qui va conduire à un consensus de validation ou pas, par la communauté scientifique, de l'hypothèse de départ. C'est une démarche hypothético-déductive.

Certains phénomènes naturels sont trop compliqués, trop dangereux, trop coûteux ou impossibles à reproduire. On peut alors être amené à faire une simulation, c'est-à-dire reproduire artificiellement un phénomène à l'aide d'un modèle, comme une maquette pour un tsunami, une souris pour les expérimentations en médecine, ou un modèle numérique sur ordinateur pour les évolutions de populations. Dans ce cas, se pose aussi la validité du modèle.

Les physiciens observent, mesurent et modélisent les phénomènes de façon à faire émerger des lois générales quantitatives, c'est-à-dire des relations invariables entre certaines grandeurs mesurées. Une théorie, ou un modèle, est un ensemble de lois formalisées mathématiquement dans lesquelles des paramètres, exprimés sous forme de variables et mesurés avec des unités appropriées, sont reliés par des équations. Ces relations permettant de décrire, expliquer et prédire de façon quantitative le résultat d'expériences.

L'histoire de la physique semble montrer qu'il est illusoire de penser que l'on peut trouver "une" théorie générale. Par exemple, la théorie newtonienne est valide dans des conditions où les vitesses sont petites et les masses mises en jeu sont faibles, mais lorsque les vitesses approchent la vitesse de la lumière ou que les masses deviennent importantes, elle doit céder la place à la relativité générale.

En biologie, certains modèles ont fait l'objet d'un consensus et servent désormais de références appelées 'lois'. Beaucoup n'ont pas satisfait le critère de réfutabilité de Popper. Ils peuvent être quantitatifs comme en physique, c'est-à-dire que les relations entre les paramètres, qui sont des grandeurs quantifiables, sont des opérations mathématiques. Ces modèles s'appliquent en particulier à la dynamique des phénomènes comme en physiologie

expérimentale ou en biologie des populations et des écosystèmes. On y utilise aussi de nombreuses simulations informatiques puis l'utilisation des statistiques pour estimer, interpréter et analyser les résultats. D'autres modèles sont qualitatifs, ils n'utilisent pas le langage mathématique et s'énoncent sous forme de lois dans le langage courant ou sous forme de schémas. On les trouve en biologie moléculaire et cellulaire ou en sciences de l'évolution. Les modèles qui ne sont pas passés au stade de 'loi' sont des modèles de travail, toujours considérés comme hypothèses et sont confrontés à l'expérimentation qui doit conduire à les modifier, les valider ou les invalider.

Conclusion

La différence entre la démarche mathématique et celles plus expérimentales des autres sciences est surtout due à la nature des objets étudiés, abstraits en mathématiques et naturels en physique et en biologie.

Même si elles restent différentes, les progrès concernant les instruments de mesure et d'observation ainsi que ceux faits en informatique sont en train de modifier les démarches scientifiques des différents domaines et en particulier en mathématiques. Ils ont aussi élargi les champs d'étude comme par exemple l'étude de l'infiniment petit et de l'infiniment grand et conduisent à une mathématisation des sciences expérimentales. Dans les nouveaux domaines de physique tels que la mécanique des fluides ou des solides ou les études de populations en biologie, on assiste à une mathématisation de la démarche tandis que la démarche mathématique se trouve modifiée par les progrès en informatique et devient plus expérimentale. Néanmoins, il faut noter que si les mathématiques servent d'outils pour les autres sciences, il y a peu ou pas de réciproque.

En mathématiques, une fois la base axiomatique posée, toute conjecture doit être démontrée de façon rigoureuse en cohérence avec les axiomes de départ et les propositions déjà démontrées. C'est une démarche axiomatico-déductive. Une fois démontré, un résultat n'est pas remis en cause.

Dans les sciences expérimentales, les hypothèses sont soumises à l'expérimentation et confrontées aux modèles existants. C'est la communauté scientifique qui régule le savoir en construction et valide les modèles ou les théories. C'est une démarche hypothético-déductive. A tout moment, une théorie peut être remise en cause par des expériences contradictoires.

Pour pouvoir évoluer et communiquer sur ses avancées, chaque science a dû se donner un vocabulaire propre qui ne cesse de s'enrichir et que chaque nouveau scientifique doit acquérir.

Enfin, contrairement à la croyance populaire, le but de la démarche scientifique, commun aux différentes sciences, n'est pas de décrire le monde tel qu'il est, c'est-à-dire de donner une représentation exacte du monde réel, mais de proposer des modèles. Il n'y a pas de modèle meilleur ou plus vrai qu'un autre, il y a juste des modèles plus ou moins adaptés à une situation particulière. La preuve d'un modèle c'est sa cohérence, son utilité et son efficacité pratique à décrire, expliquer et prédire des résultats.

Les élèves doivent donc acquérir les différentes méthodologies relatives à chaque science. Certains mots de vocabulaire n'ont pas la même signification. Par exemple, en mathématiques, les hypothèses sont les données de l'énoncé dont on peut être sûr, alors qu'en sciences, les hypothèses émises ne sont que des tentatives d'explication qu'il faudra valider par la suite.

En mathématiques, une conjecture doit être démontrée de façon rigoureuse. Ainsi, lors de l'épreuve expérimentale préparée par les élèves de terminales scientifiques ces dernières années, après avoir émis une conjecture, les élèves étaient invités à essayer de la vérifier à l'aide des outils de test ou des possibilités du logiciel utilisé. Néanmoins, la dernière partie de l'épreuve consistait ensuite en une démonstration rigoureuse, à partir des connaissances disciplinaires, et en utilisant différents types de démonstrations tels que la récurrence ou la démonstration par l'absurde. Par contre, en sciences, on peut accepter une validation expérimentale. Par exemple, en reproduisant plusieurs fois une même expérience qui respecte le protocole de départ et en obtenant le même résultat. De même, en physique, les approximations lors des prises de mesures peuvent conduire à la validation de résultats que la rigueur mathématique ne permettrait pas. Par exemple, si tous les élèves d'une classe ont obtenu des mesures d'angles comprises entre 87° et 93° sans que personne n'est mesuré 90° , on peut malgré tout en déduire que l'angle est droit. Pour les élèves, il s'agit donc d'une véritable gymnastique intellectuelle et l'on comprend que certains d'entre eux ne voient pas de lien entre les différentes sciences et préfèrent "tout oublier", consciemment ou pas, en passant d'un cours à l'autre.

2.3 LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE EN CLASSE : LA DEMARCHE D'INVESTIGATION

La démarche scientifique, que ce soit en mathématiques ou dans les autres sciences, concerne le savoir en construction, c'est-à-dire la recherche. On ne peut pas parler d'une réelle démarche scientifique en classe. Tout d'abord, le travail porte sur des lois ou des propriétés connues et souvent simplifiées. Ensuite le temps est limité et il y a des contraintes

matérielles. Enfin les relations entre un professeur et ses élèves ne sont pas comparables à celles entre chercheurs. C'est pourquoi on préfère souvent utiliser le terme : « démarche d'investigation » quand il s'agit d'un travail scolaire.

L'un des objectifs principaux des trois sciences est de former les élèves à cette démarche d'investigation. Voici quelques extraits des nouveaux programmes de seconde disponibles sur le site EduSCOL.

En Mathématiques :

« L'objectif de ce programme est de former les élèves à la démarche scientifique sous toutes ses formes »

« La diversité des activités mathématiques proposées [...] doit permettre aux élèves de prendre conscience de la richesse et de la variété de la démarche mathématique et de la situer au sein de l'activité scientifique. »

[EduSCOL 1]

En Sciences de la Vie et de la Terre :

« La poursuite des objectifs de formation méthodologique implique généralement que l'on mette en œuvre une pédagogie active, au cours de laquelle l'élève participe à l'élaboration d'un projet et à la construction de son savoir. La démarche d'investigation, déjà pratiquée à l'école primaire et au collège, prend tout particulièrement son sens au lycée et s'appuie le plus souvent possible sur des travaux d'élèves en laboratoire. »

[EduSCOL 3]

En Physique-Chimie :

« Plutôt que de privilégier une réussite fondée sur des considérations virtuelles et formelles, dans le seul domaine de la pensée, l'atout des sciences expérimentales comme la physique et la chimie est de s'appuyer sur l'observation, le concret et le « faire ensemble ». »

« Contrairement à la pensée dogmatique, la science n'est pas faite de vérités révélées intangibles, mais de questionnements, de recherches et de réponses qui évoluent et s'enrichissent avec le temps. Initier l'élève à la démarche scientifique c'est lui permettre d'acquérir des compétences qui le rendent capable de mettre en œuvre un raisonnement pour identifier un problème, formuler des hypothèses, les confronter aux constats expérimentaux et exercer son esprit critique. »

[EduSCOL 2]

Plusieurs sites académiques ou disciplinaires ainsi que le site EduSCOL explicitent la démarche d'investigation en plusieurs étapes, le plus souvent sept. Dans les programmes de collège actuels, une page commune aux programmes de Mathématiques, de Physique-

Chimie, de SVT et de Technologie est consacrée à la démarche d'investigation et on propose aussi un canevas en sept étapes.

[EduSCOL 8], [IUFM CRETEIL], [AC NANTES], [AC NANCY METZ]

- Etape 1 : Le choix de la question de départ par le professeur.

La question choisie qui n'a pas de réponse évidente doit être motivante et susciter la curiosité et l'intérêt des élèves. On peut choisir une question concrète qui s'inspire de situations liées à la vie courante ou à d'autres disciplines.

Lors de ce choix l'enseignant s'interroge sur les acquis initiaux des élèves, leurs connaissances et leurs compétences mais aussi leurs conceptions ou leurs représentations qui peuvent être erronées. Il définit aussi les savoirs visés et les objectifs à atteindre.

- Etape 2 : L'appropriation du problème par les élèves.

Afin de vérifier que la question est comprise par tous, il est important que l'enseignant fasse reformuler la problématique par les élèves. Cela facilite l'adhésion de tous les élèves à l'activité et évite une perte de temps dans l'étape suivante. Lors de cette étape, l'enseignant peut vérifier les acquis des élèves, leurs conceptions ou leurs représentations. On peut aussi assister à l'émergence d'éléments de solutions.

- Etape 3 : La formulation de conjectures ou d'hypothèses et l'élaboration de démarches de vérification.

A partir de leurs connaissances, les élèves doivent formuler des tentatives de réponses sous forme d'hypothèses ou de conjectures. Ils doivent aussi prévoir des démarches permettant de valider ces hypothèses, ou de démontrer ces conjectures.

Selon la nature des objets étudiés, plusieurs démarches peuvent être envisagées : des observations, des expérimentations, des modélisations, des simulations, des démonstrations, des recherches documentaires...

Dans le cas d'expérimentation, un protocole expérimental doit être mis en place, c'est-à-dire une description précise de l'expérience qui permette sa reproduction.

- Etape 4 : L'investigation et l'exploitation des résultats.

L'investigation est la réalisation des démarches de vérifications retenues : expériences, observations, prises de mesures, simulations, modélisations ...

On doit ensuite exploiter les résultats obtenus, mettre en place une analyse critique de la démarche utilisée et des résultats (influence des paramètres, précision des mesures...), puis les confronter avec les hypothèses de départ ainsi qu'avec les modèles ou les théories connues.

Ces résultats peuvent conforter, invalider les hypothèses et conduire à d'autres hypothèses ou d'autres tentatives de validation et même parfois ne pas aboutir.

- Etape 5 : Echange argumenté autour des propositions élaborées.

C'est la communication à la classe des résultats obtenus, de leur exploitation et des interrogations qui demeurent dans un langage adapté. Ces comptes-rendus conduisent alors à des échanges argumentés et à des conflits socio-cognitifs. Il peut aussi y avoir une reformulation écrite.

- Etape 6 : structuration des savoirs

C'est une reformulation par l'enseignant des nouvelles connaissances ou des nouvelles compétences rencontrées qui sont généralisées et qui prennent le statut de savoirs, connus et réutilisables.

Cela peut-être aussi le retrait de conceptions ou de représentations erronées.

- Etape 7 : Entraînement et réinvestissement des connaissances ou des compétences acquises

Exercices d'applications directes ou de nouveaux problèmes permettant d'utiliser les nouvelles connaissances ou compétences.

Ces différentes étapes ne doivent pas obligatoirement être toutes abordées à chaque séance. On peut, pour des contraintes diverses (le temps, les moyens,...), en privilégier certaines et en accepter d'autres. De même, l'ordre proposé n'est pas figé.

Au collège, on précise : « Ce canevas n'a pas la prétention de définir « la » méthode d'enseignement, ni celle de figer de façon exhaustive un déroulement imposé. Une séquence est constituée en général de plusieurs séances relatives à un même sujet d'étude. Par commodité de présentation, sept moments essentiels ont été identifiés. L'ordre dans lequel ils se succèdent ne constitue pas une trame à adopter de manière linéaire. En fonction des sujets, un aller et retour entre ces moments est tout à fait souhaitable, et le temps consacré à chacun doit être adapté au projet pédagogique de l'enseignant. »

[EduSCOL 8]

Les méthodes d'investigation dépendent des sujets étudiés :

En Sciences de la Vie et de la Terre, on suggère « d'aller sur le terrain, de disséquer, de préparer et réaliser des observations microscopiques, d'expérimenter avec l'aide d'un ordinateur, de modéliser, de pratiquer une recherche documentaire en ligne, etc. »

« Mais on veillera aussi à développer les savoir-faire des élèves relativement aux technologies plus spécialisées, comme par exemple l'expérimentation assistée par ordinateur, technique indispensable pour une formation moderne et efficace des élèves.

L'usage de logiciels, généralistes ou spécialisés, est encouragé. »

[EduSCOL 3]

En Mathématiques, on note l'apport récent de l'informatique : « L'utilisation de logiciels (calculatrice ou ordinateur), d'outils de visualisation et de représentation, de calcul (numérique ou formel), de simulation, de programmation développe la possibilité d'expérimenter, ouvre largement la dialectique entre l'observation et la démonstration et change profondément la nature de l'enseignement. »

[EduSCOL 1]

En Physique-Chimie aussi on insiste sur l'utilisation de l'informatique :
« L'activité expérimentale des sciences physiques et chimiques s'appuie avec profit sur les technologies de l'information et de la communication : expérimentation assistée par ordinateurs, saisie et traitement des mesures. La simulation est l'une des modalités de pratique de la démarche scientifique susceptible d'être mobilisée par le professeur.

La recherche documentaire, le recueil des informations, la connaissance de l'actualité scientifique requièrent notamment l'exploration pertinente des ressources d'Internet. »

[EduSCOL 2]

Dans les trois programmes on incite à une approche historique de certains thèmes mais on précise en Sciences de la Vie et de la Terre : « il serait vain de prétendre faire « réinventer » par les élèves, en une ou deux séances, ce qui a nécessité le travail de plusieurs générations de chercheurs. »

[EduSCOL 3]

En physique-Chimie : « En ce sens, faire connaître à l'élève l'histoire de la construction de la connaissance scientifique est source d'inspiration pour la liberté intellectuelle, l'esprit critique et la volonté de persévérer. Elle est également une école d'humilité et de patience dans la mesure où cette histoire s'est accompagnée d'un impressionnant cortège d'hypothèses fausses, de notions erronées autant que de controverses passionnées. »

[EduSCOL 2]

3. APPROCHE DIDACTIQUE DE LA DEMARCHE D'INVESTIGATION

La didactique est l'étude des questions posées par l'enseignement des savoirs et l'acquisition des connaissances dans les différentes disciplines scolaires.

Nous allons dans un premier temps donner un aperçu des modèles d'apprentissages et de leur évolution dans le temps, puis nous essayerons d'interpréter la démarche d'investigation par une approche didactique.

3.1 LES MODELES D'APPRENTISSAGES

LE MODELE TRANSMISSIF

Ce modèle, assez ancien, considère qu'au départ, l'élève n'a pas de conception personnelle sur le sujet abordé, son cerveau est "vide". Le rôle de l'enseignant est alors d'expliquer clairement le savoir étudié et celui de l'élève d'écouter attentivement. Le savoir peut alors être compris et enregistré sans aucune déformation par l'élève. Des exercices d'entraînement et d'application permettent d'ancrer les nouvelles connaissances par imitation et répétition.

L'échec viendrait d'une mauvaise explication ou d'une attention insuffisante. Pour y remédier, il faudrait renouveler le processus, l'enseignant expliquant mieux et/ou l'élève écoutant plus attentivement.

L'élève accumule alors continuellement de nouvelles connaissances, son cerveau se remplit progressivement.

Les théories actuelles, développées depuis Jean Piaget, montrent que ce modèle présente plusieurs défauts :

On ne tient pas compte des connaissances antérieures, or quel que soit l'âge, le cerveau n'est jamais totalement "vide". L'élève a toujours des acquis et des représentations ou des conceptions qui sont parfois erronées.

De plus, le modèle transmissif considère que le message transmis par l'enseignant est assimilé sans déformation par l'élève, ce qui est rarement le cas. Même si les élèves sont attentifs, ils ne décodent pas tous de la même façon le message de l'enseignant.

Enfin l'élève est totalement passif.

LE MODELE BEHAVIORISTE, OU COMPORTEMENTALISTE

Le comportementalisme est né au début du 20^{ème} siècle aux Etats-Unis. On y étudiait au départ le comportement de l'animal ou de l'homme soumis à des stimuli. L'apprentissage s'y fait par conditionnement. Les bonnes réponses à un stimulus sont récompensées et reproduites, les mauvaises sont punies et abandonnées.

En adaptant le modèle béhavioriste à la pédagogie, Skinner (1904-1990), part du principe que l'acquisition de connaissances se fait par paliers successifs. Le travail de l'enseignant consiste à cibler l'objectif à atteindre (acquisition de nouvelles connaissances ou

compétences) puis en partant des acquis de l'élève, à concevoir des questions très progressives en difficultés qui conduisent à l'objectif souhaité. A chaque étape, l'enseignant doit valoriser les réponses correctes pour conforter l'élève dans sa compréhension. L'élève doit suivre la progression des exercices proposés.

Les erreurs ou les échecs seraient dus à un découpage des difficultés insuffisant ou à une mauvaise interprétation des connaissances de départ de l'élève.

Les reproches faits à ce modèle sont une trop grande passivité des élèves et une maîtrise superficielle des apprentissages, ce découpage par paliers se présentant rarement de façon naturelle. On donne souvent le contre-exemple de la conduite automobile : savoir embrayer, accélérer, freiner, tourner le volant ne suffit pas pour faire d'un élève un conducteur. A chaque instant il faut savoir enchaîner ces différentes actions en s'adaptant aux conditions extérieures.

LE CONSTRUCTIVISME

Le constructivisme a été développé par Jean Piaget (1896-1980), qui a étudié le mode de construction des connaissances chez un individu, c'est-à-dire comment l'élève passe d'un état de connaissance à un autre plus complexe. Pour Piaget, la construction de connaissances est le résultat d'un processus d'interaction entre le sujet et le milieu.

La première chose à prendre en compte est que, quel que soit son âge, le cerveau n'est jamais "vide". L'élève a toujours des connaissances antérieures mais aussi des conceptions ou des représentations qui sont parfois erronées et qui font souvent obstacle aux nouveaux apprentissages. L'élève apprend à partir et par l'intermédiaire de ses représentations, elles sont donc au centre du processus d'apprentissage.

Ensuite, le sujet apprend en s'adaptant à un milieu. C'est en agissant sur le monde qu'il apprend. Pour comprendre et assimiler il faut que l'élève construise lui-même son savoir en résolvant des problèmes, des situations problèmes ou des problèmes ouverts.

Enfin, la connaissance ne s'acquiert pas par simple empilement ou accumulation. Face à une nouvelle connaissance, le cerveau passe par un processus d'équilibration. Si cette nouvelle connaissance ne remet pas en cause les connaissances antérieures il s'agit d'une simple assimilation. Mais si cette nouvelle connaissance s'oppose à une conception ou une représentation erronée c'est un processus d'accommodation qui se met en place. Il s'agit d'une réorganisation complète des connaissances qui passe par une phase de déséquilibre.

Pour que l'élève accepte cette phase de déséquilibre et remette en cause ses

connaissances antérieures, il faut qu'il prenne conscience de leur insuffisance et de leur caractère erroné. Le rôle de l'enseignant est donc de fournir ce type d'activité à l'élève.

Les reproches faits au constructivisme sont son absence de prise en compte des aspects sociaux et affectifs de l'apprentissage, le rôle de l'enseignant, les interactions avec les autres élèves (les pairs).

LE SOCIO-CONSTRUCTIVISME

Lev Vygotsky (1896- 1934) est un psychologue russe. Il développe le socio-constructivisme. Le développement intellectuel n'est pas un processus individuel mais social. Il prend en compte le rôle de l'enseignant et des autres élèves. L'acquisition de connaissances passe donc par une interaction entre l'élève, le milieu et les autres intervenants.

Il développe la notion de conflits socio-cognitifs. Cela se passe dans plusieurs types de situations, lorsque deux ou plusieurs élèves ne sont pas d'accord, lorsque l'ensemble des élèves se trouve confronté à un échec ou à un résultat inattendu en contradiction avec les conceptions initiales, ou bien lorsque les élèves se trouvent face à un problème pour lequel ils n'ont pas encore les connaissances nécessaires. En fait, toute situation dans laquelle, l'élève doit dépasser un conflit et se trouve déstabilisé.

Dans le cas où deux élèves ne sont pas d'accord, cela amène chaque élève à essayer de convaincre son camarade, tout d'abord en reformulant et en essayant de se montrer convaincant. Cela passe par l'utilisation d'un langage adapté et oblige l'élève à bien analyser sa propre réponse. Mais il faut aussi, si on est dans l'obligation de s'accorder, prendre le temps de l'écoute des arguments de l'autre et donc bien analyser la réponse adverse. Chaque élève va devoir réorganiser ses conceptions antérieures pour tenir compte de celle de son voisin.

L'enseignant a un rôle important à jouer à chaque étape. Il doit tout d'abord essayer d'évaluer les connaissances des élèves mais aussi leurs conceptions ou représentations parfois erronées, et il doit choisir un objectif, c'est-à-dire le nouveau savoir à acquérir. Il doit proposer des situations problèmes ou des problèmes ouverts qui conduisent à ces objectifs. Pendant la séance, l'enseignant joue un rôle d'animateur en organisant le travail de groupe. Il est aussi un médiateur entre les élèves et entre les élèves et le savoir, il anime le conflit socio-cognitif en fonction de l'objectif visé. Enfin, à la fin de la séance, il aide les élèves à généraliser et à formuler le nouveau savoir rencontré.

Les erreurs jouent un rôle important et positif dans ces activités. Elles ne sont plus évitées comme dans les modèles transmissifs ou behavioristes. Au contraire, elles révèlent les conceptions erronées de l'élève et font partie du processus de construction et de réorganisation des connaissances.

Si ce type de démarche semble faire l'unanimité en termes d'efficacité dans l'acquisition de compétences et de connaissances, il est souvent noté qu'elle prend beaucoup de temps et demande une grande maîtrise de la part de l'enseignant pour la conception et l'organisation de telles séances.

3.2 APPROCHE DIDACTIQUE DE LA DEMARCHE D'INVESTIGATION

La mise en place de la démarche d'investigation semble s'inscrire dans une pédagogie socio-constructiviste. L'élève n'est pas considéré comme un récepteur passif d'un enseignement dispensé par l'enseignant. Il apprend en agissant, en résolvant des problèmes et il construit son savoir.

Il est aussi possible d'en faire une lecture à travers la Théorie des Situations Didactiques (TSD), développée par Guy Brousseau dans les années 80. La TSD ne s'inscrit pas dans la théorie piagétienne mais s'en inspire. Elle propose une modélisation du savoir, des situations d'enseignements et des rôles de l'enseignant et des élèves.

Comme on l'a déjà dit, le savoir mathématique qui nous est parvenu par les livres se présente sous une forme axiomatique-déductive. Or, sa construction n'a pas été linéaire mais on a perdu la trace des erreurs, des fausses pistes et des tentatives précédentes incomplètes ainsi que des questions, de la vie courante, internes aux mathématiques ou venant d'autres sciences, qui ont précédées ces savoirs. Le savoir qui nous parvient est décontextualisé.

De la même façon, le savoir que l'on doit enseigner sous forme de contenus scolaires, suite à la transposition didactique, se présente aussi dans les programmes sous une forme décontextualisée.

Guy Brousseau pense que si le professeur se contente de présenter ces savoirs puis des problèmes utilisant ces savoirs, l'élève ne saura pas les réutiliser seul ou les appliquer à un autre type de problème.

Il propose donc, dans un premier temps, de recontextualiser ces savoirs. L'enseignant propose aux élèves un problème, appelé "situation fondamentale". Pour résoudre ce problème, les élèves vont se trouver devant la nécessité d'introduire un nouveau savoir et vont construire la connaissance visée.

Dans cette "situation fondamentale", l'enseignant n'est pas là pour dispenser des savoirs et l'élève doit chercher à résoudre un problème alors qu'il ne dispose pas encore des connaissances nécessaires. Brousseau appelle ces situations, des "situations adidactiques", elles ne sont pas non-didactiques car elles ont pour but l'acquisition de connaissances mais elles sont différentes des situations didactiques habituelles dans lesquelles c'est l'enseignant qui dispense le savoir.

La première étape de la démarche d'investigation correspond au choix d'une "situation fondamentale" par le professeur. Lors de ce choix l'enseignant s'interroge sur les acquis des élèves, leurs connaissances et leurs compétences antérieures, mais aussi sur leurs conceptions ou leurs représentations qui peuvent être erronées. Brousseau reprend le concept d'obstacle épistémologique défini par Bachelard en l'adaptant aux mathématiques. Un obstacle est une connaissance qui donne des résultats corrects dans un domaine mais s'avère fausse dans un domaine plus large ou différent. La nouvelle connaissance à introduire ne va donc pas s'établir à partir de la précédente mais contre elle. Ces obstacles ne sont pas propres à une personne mais communs à tous. Ils ne disparaissent pas avec l'apprentissage de la nouvelle connaissance mais au contraire lui font obstacle et peuvent réapparaître. Il faut donc inclure le rejet de cet obstacle dans le nouvel apprentissage.

Lors du choix de la situation fondamentale, l'enseignant doit définir précisément les objectifs à atteindre qui peuvent être l'introduction de nouveaux savoirs, le retrait de conceptions erronées, le franchissement d'un obstacle ou encore la recontextualisation d'une connaissance antérieure pour résoudre un nouveau type de problèmes.

Il propose alors une question de départ qui n'a pas de réponse évidente mais qui doit être motivante, qui doit susciter la curiosité et l'intérêt et qui doit paraître accessible aux élèves. Cette question peut se présenter soit comme une "situation problème" qui va conduire à l'introduction de nouveaux savoirs, soit comme un "problème ouvert" qui va mobiliser des connaissances déjà acquises dans un autre contexte. Un "problème ouvert" se présente sous la forme d'un énoncé court, sans question intermédiaire qui n'induit donc pas la méthode à utiliser. Il peut y avoir plusieurs méthodes de résolution. La solution ne doit pas être une simple utilisation du cours précédent mais le problème doit sembler accessible aux élèves.

Dans la démarche d'investigation, le rôle de l'élève n'est plus seulement d'apprendre le cours et de reproduire des méthodes de résolution d'exercices et de problèmes. Il doit accepter de s'appropriier un problème nouveau, de s'investir dans sa résolution en acceptant d'en être responsable alors qu'il ne dispose pas forcément des connaissances nécessaires pour cette résolution. Brousseau parle de "dévolution" : « la dévolution est l'acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité de chercher à résoudre des problèmes ou des exercices dont il ignore la réponse. » [BROUSSEAU 1997, page 41]

La deuxième étape de la démarche d'investigation qui consiste à faire reformuler la question par les élèves pour vérifier la compréhension et l'adhésion de tous les élèves contribue à favoriser la dévolution du problème.

Dans la troisième étape, les élèves, confrontés au problème, vont devoir se mettre dans une situation de recherche et mettre en route une démarche scientifique. Dans la TSD de Brousseau, il s'agit de la phase nommée "situation de l'action" : les élèves se lancent dans la recherche, proposent des hypothèses ou des conjectures et élaborent des moyens de validation ou de démonstration.

La quatrième étape est l'investigation et l'interprétation des résultats obtenus. Le travail se faisant en groupe, l'analyse des résultats et des méthodes utilisées conduit à des discussions entre élèves. L'esprit critique peut alors se mettre en place, alors que, dans un cours traditionnel, le savoir est dispensé par l'enseignant et conduit rarement à des mises en doute. Ces discussions, puis ces interprétations devront être formulées dans un langage scientifique, à l'aide de symboles, de notations, de règles connues. Nous sommes ici dans la phase nommée "situation de la formulation" par Brousseau c'est-à-dire une phase où au moins deux élèves communiquent sur la connaissance en cours en utilisant un langage adapté.

Dans la cinquième étape, la communication orale des résultats obtenus, des interprétations et des questions qui demeurent dans un langage scientifique adapté. Cette étape conduisant à des échanges argumentés, on est toujours dans une "situation de formulation".

Les deux phases précédentes doivent conduire à la validation des hypothèses ou à la démonstration des conjectures, on est dans une "situation de validation" : phase où les élèves cherchent ensemble à valider leurs hypothèses, à démontrer leurs conjectures. En fait, dans les étapes quatre et cinq, les "situations de formulation" et les "situations de validation" peuvent alterner à tout moment.

La sixième étape est une phase de décontextualisation et d'institutionnalisation des nouveaux savoirs rencontrés, des nouvelles compétences développées, ou de recontextualisation si l'activité a permis d'utiliser des connaissances ou des compétences antérieures dans de nouveaux domaines. Enfin il peut s'agir aussi du retrait de conceptions ou de représentations erronées.

Pour Brousseau, cette étape est primordiale si l'on veut que les connaissances ou les compétences rencontrées prennent le statut de savoir pour les élèves. Une fois contextualisées et construites, les connaissances doivent donc être institutionnalisées pour ne pas être oubliées. Brousseau écrit : « De même que les théorèmes en actes s'évanouissent bientôt en l'absence de formulation et de preuve, les connaissances privées et même publiques restent contextualisées et vont finir par disparaître dans le flot des

souvenirs quotidiens si elles ne sont pas replacées dans un répertoire spécial dont la culture et la société affirment l'importance et l'usage » [BROUSSEAU 1997, page 9]

Pour Brousseau, les situations constructivistes sont nécessaires dans le processus d'acquisition de nouvelles connaissances mais l'institutionnalisation reste une étape incontournable pour que ces connaissances prennent le statut de savoir, ne soient pas oubliées et puissent être réutilisées.

Enfin, l'enseignant devra proposer aux élèves de nombreux problèmes utilisant ce nouveau savoir pour le recontextualiser dans d'autres domaines.

Dans la démarche d'investigation, on favorise le travail de groupe et le rôle essentiel des conflits cognitifs et socio-cognitifs qui peuvent intervenir à toutes les étapes de la démarche d'investigation, lors de la reformulation de la question, de l'émission d'hypothèses ou de conjectures et de démarches de vérification, lors de l'interprétation des investigations et enfin lors de la communication à la classe.

Il est tout à fait probable que certaines démarches n'aboutissent pas, que certains résultats ne permettent pas de répondre au questionnement de départ, d'autres conduiront juste à invalider certaines conjectures. Il sera alors intéressant de faire remarquer aux élèves qu'ils suivent le processus habituel de recherche dont on parle peu dans le cours traditionnel ou on ne donne que le résultat final. Cela peut contribuer à modifier, chez l'élève, le statut de l'erreur de façon moins négative.

Brousseau a introduit et défini la notion de "contrat didactique" comme l'ensemble des relations et des attentes explicites et implicites de l'élève et de l'enseignant.

Pour beaucoup, le rôle de l'enseignant est de dispenser un savoir, celui de l'élève étant d'acquérir des connaissances. L'idée que l'élève doit construire son propre savoir peut être ressentie violemment par l'élève qui peut considérer que l'enseignant ne fait pas son travail. Mais si l'enseignant répond à l'attente de l'élève en apportant un maximum d'explications et de connaissances, il a un effet contraire à celui escompté. L'élève doit donc accepter de s'approprier les problèmes et de les résoudre seul pour construire ses connaissances tout en acceptant l'intervention ponctuelle de l'enseignant.

C'est ce que Brousseau nomme "le paradoxe de la dévolution" : « Le maître veut que l'élève veuille ne tenir la réponse que de lui-même mais en même temps il veut, il a le devoir social de vouloir, que l'élève donne la bonne réponse. Il doit donc communiquer ce savoir sans avoir à le dévoiler, ce qui est incompatible avec une relation contractuelle. » [BROUSSEAU 1997, page 41]

4. COMMENT ET POURQUOI INITIER LES ELEVES A UNE DEMARCHE SCIENTIFIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT D'EXPLORATION MPS ?

Rappelons que l'un des objectifs de l'enseignement d'exploration MPS est ***d'initier les élèves à une démarche scientifique dans le cadre d'un projet***. Nous avons déjà longuement parlé de la démarche d'investigation dans les paragraphes précédents, nous allons donc dans cette partie nous intéresser à la spécificité de l'enseignement d'exploration MPS, revenir sur la pédagogie de projet, sur l'acquisition de compétences, mais aussi sur le rôle de l'enseignant, sur son statut particulier dans ce type d'activité et sur les difficultés qu'il peut rencontrer.

4.1 UNE PEDAGOGIE DE PROJET

La pédagogie de projet place l'élève au centre du processus d'apprentissage. L'élève apprend en agissant et pour qu'il accepte de remettre en cause ses connaissances pour en construire de nouvelles, il faut qu'il en ressente le besoin ou la curiosité. On propose donc aux élèves un projet concret, interdisciplinaire, à réaliser en groupe. On doit les laisser expérimenter librement et se heurter aux difficultés. En France, c'est Célestin Freinet (1896-1966) qui a initié ce mouvement.

Plus récemment, Philippe Perrenoud en donne la définition suivante :

« Une démarche de projet :

- est une entreprise collective gérée par le groupe-classe (l'enseignant (e) anime, mais ne décide pas de tout) ;
- s'oriente vers une production concrète (au sens large : texte, journal, spectacle, exposition, maquette, carte, expérience scientifique, danse, chanson, bricolage, création artistique ou artisanale, fête, enquête, sortie, manifestation sportive, rallye, concours, jeu, etc.) ;
- induit un ensemble de tâches dans lesquelles tous les élèves peuvent s'impliquer et jouer un rôle actif, qui peut varier en fonction de leurs moyens et intérêts ;
- suscite l'apprentissage de savoirs et de savoir-faire de gestion de projet (décider, planifier, coordonner, etc.) ;
- favorise en même temps des apprentissages identifiables (au moins après-coup) figurant au programme d'une ou plusieurs disciplines (français, musique, éducation physique, géographie, etc.). » [PERRENOUD 1999]

En MPS, l'équipe enseignante constituée d'un professeur de Sciences et Vie de la Terre, d'un professeur de Physique-Chimie et d'un professeur de Mathématiques, choisit un thème parmi ceux proposés dans les programmes officiels. Au moins deux thèmes seront abordés dans l'année.

Ensuite, pour pouvoir initier les élèves à une démarche scientifique, on choisit un projet pluridisciplinaire. L'étude de sujets transversaux, plus ouverts, avec parfois une portée historique devrait permettre de susciter la curiosité des élèves. Cette curiosité joue un rôle très important dans la recherche scientifique et reste le moteur fondamental des trois sciences (SVT, PC et Maths). Contrairement aux TPE, toute la classe travaille sur le même projet. Néanmoins tous les élèves ne vont pas obligatoirement faire la même chose, il s'agit d'une résolution collective.

Ce projet doit conduire à un questionnement qui n'a pas de réponse évidente et peut se présenter soit comme un problème ouvert pour lequel l'élève doit trouver, parmi les outils qu'il possède déjà, ceux qui permettront de le résoudre, soit comme une situation problème qui amène l'élève à être demandeur d'un nouvel outil. En effet, comme on l'a déjà dit, on trouve dans les textes officiels : *« Il n'est pas nécessaire que les connaissances utiles à la rédaction du projet soient inscrites dans les programmes disciplinaires de la classe de seconde. La motivation de l'introduction d'autres connaissances, dans une limite raisonnable fixée par la durée du projet et la maturité d'un élève de seconde, trouvera sa justification dans les problèmes concrets à résoudre. Ces connaissances ne seront pas développées à partir d'un cadre théorique général. »* [EduSCOL 5]

La résolution du problème s'étendant sur plusieurs semaines et sur trois disciplines, la plupart des projets devraient comporter une partie problème ouvert, qui permette à chaque élève d'utiliser ses compétences en les contextualisant et une partie situation problème qui lui permette de compléter ses connaissances. Il se peut aussi que les connaissances ou les compétences découvertes lors du premier TP sous forme de situation problème deviennent par la suite des acquis à réinvestir dans les problèmes ouverts.

A la fin de chaque thème, le projet doit se concrétiser par une production (expérience, modélisation, enquête statistique, maquette...) et on doit aboutir à une forme de communication scientifique (exposition d'affiches, diaporama, compte rendu de recherche...).

4.2 ENSEIGNER DES COMPETENCES PLUTOT QUE DES SAVOIRS

Le terme de savoir désigne plutôt le « savoir savant » qui est incommensurable et en perpétuelle évolution. Il serait vain de nos jours d'envisager d'acquérir la totalité du savoir actuel. Il n'en reste pas moins que l'un des buts de l'école reste la transmission d'une partie de ce savoir transformé par la transposition didactique sous forme de contenus scolaires.

En ce qui concerne les élèves, on parle plutôt de connaissances. Ce terme tient compte de la façon dont l'élève s'est approprié le savoir. Cette base de connaissances reste nécessaire pour toute réussite en milieu scolaire.

Néanmoins, comme on l'a dit dans l'introduction, dans les programmes, on insiste de plus en plus sur l'acquisition de compétences. Cette notion utilisée dans de très nombreux domaines reste relativement floue et il est difficile d'en trouver une définition précise.

On y trouve des savoir-être, des savoir-faire généraux et transversaux, des savoir-faire plus spécifiques à un domaine ou une matière.

Philippe Perrenoud donne, dans un article de 1995, une définition plus exigeante de la notion de compétences : « *savoir-faire de haut niveau, qui exigent l'intégration de multiples ressources cognitives dans le traitement de situations complexes* ». [PERRENOUD 1995]

Ces compétences peuvent être transversales mais aussi disciplinaires et dans les deux cas elles mobilisent des connaissances et des savoir-faire.

Il semblerait que l'acquisition de compétences soit liée à la notion de transfert de connaissances que ce soit au sein de la même matière, d'une matière à l'autre (par exemple des Mathématiques à la Physique) mais surtout un transfert de connaissances en dehors de l'école à des problèmes de la vie courante ou dans le cadre du travail, le but de l'école ne pouvant pas se restreindre à une réussite scolaire lors d'exercices ou d'examens.

Pour favoriser le transfert de connaissances, il faudrait lutter contre le morcellement à l'intérieur d'une même discipline mais aussi entre les disciplines. Ce morcellement serait ressenti par les élèves comme une juxtaposition incohérente de connaissances sans sens.

Il faudrait aussi favoriser l'acquisition de compétences (selon la définition de Perrenoud). Pour cela, il faudrait multiplier la résolution de problèmes qui conduisent à la mobilisation de savoirs et de savoir-faire et qui permettent de recontextualiser des savoirs institutionnalisés. Une connaissance est souvent liée à la première situation dans laquelle elle a été rencontrée, elle a ensuite été décontextualisée et institutionnalisée. Pour permettre son transfert, il faudrait, à l'école, multiplier les problèmes permettant sa recontextualisation.

L'enseignement d'exploration MPS s'inscrit clairement dans l'acquisition de compétences. Le programme paru dans le BO n°4 du 29 avril 2010, qui tient en une page, ne fixe aucun objectif en termes de connaissances, par contre il définit clairement les compétences et les qualités à développer à travers l'initiation des élèves à une démarche scientifique.

- savoir-être : être autonome, prendre des initiatives, s'engager dans une activité, travailler en équipe ...

- savoir-faire généraux et transversaux : communiquer à l'écrit et à l'oral, s'informer, rechercher extraire et organiser de l'information utile...
- savoir-faire plus spécifique à une matière : mener une expérience, mettre en place un protocole expérimental, simuler ou modéliser avec un ordinateur...
- compétences qui exigent la mobilisation de connaissances et de compétences: mettre en place une démarche d'investigation, formuler des conjectures ou des hypothèses, confronter des résultats obtenus avec les théories existantes...

Par ailleurs, lors des recherches documentaires, l'élève doit apprendre à chercher des informations provenant d'autres sources que l'enseignant ou les livres scolaires. Il s'agit, entre autre, de préparer les élèves à la poursuite d'études supérieures et au monde du travail.

4.3 RÔLE ET DIFFICULTES DE L'ENSEIGNANT

Dans cette option MPS, l'enseignant ne dispense plus le savoir comme dans un cours traditionnel. Il met en place des projets qui vont permettre un questionnement de l'élève qui conduira à l'utilisation ou à l'acquisition du savoir.

Pendant l'activité, l'enseignant a un rôle de tuteur, d'expert qui va aider le groupe à mettre en place les savoir-faire (protocole expérimental, utilisation d'un logiciel...) et à utiliser correctement ou à acquérir de nouveaux savoirs.

Dans le cadre des TPE, lors de leurs recherches, les élèves peuvent être confrontés, plus ou moins directement, au « savoir savant ». Cette confrontation est moins fréquente en MPS, en effet, les élèves travaillent sur un projet mis en place par l'équipe enseignante, une certaine forme de transposition didactique, moins élaborée que dans un cours traditionnel, s'est déjà mise en place. Il revient donc à l'enseignant, une fois le projet choisi, de construire des activités qui permettront le questionnement des élèves et la mise en place d'une démarche d'investigation. Ces différentes activités devant permettre la résolution du projet commun. La tâche est complexe et difficile, l'enseignant doit choisir parmi le savoir savant, ce qu'il souhaite faire acquérir aux élèves puis doit construire des activités qui le permettent. Dans un cours traditionnel, cette transposition didactique a déjà eu lieu, l'enseignant sait quelles connaissances ses élèves doivent acquérir et le choix d'activités se résume souvent à un choix parmi celles proposées dans les livres scolaires.

L'initiation à la démarche d'investigation est rendue plus facile en MPS par l'absence d'un certain nombre des contraintes du cours traditionnel. Premièrement, il n'y a aucune contrainte sur les contenus à enseigner, l'enseignant n'a pas le stress du programme à terminer. Ensuite l'évaluation a un rôle moins formel que dans un cours traditionnel ou pour

les TPE, la note obtenue n'intervient pas dans le calcul de la moyenne trimestrielle et encore moins pour le bac. Enfin les élèves travaillent en demi-groupe ce qui évite les effectifs trop lourds.

Mais la contrainte du temps reste. On lit souvent que « le temps de la recherche n'est pas celui de l'enseignement ». Certes, on dispose d'un semestre pour réaliser le projet, mais entre chaque séquence de deux heures ou d'une heure trente il se passe au moins une semaine. Il est difficile d'aborder toutes les étapes de la démarche d'investigation en une séance surtout si on veut laisser le temps aux élèves d'envisager aussi les fausses pistes. En même temps, il n'est pas toujours possible d'étaler le travail sur plusieurs séances. Certaines expériences ne s'y prêtent pas et on risque d'avoir une perte de motivation des élèves entre deux séances ou des oublis. Ainsi même si le projet s'étale sur un semestre, il faut que l'enseignant anticipe une gestion du travail sur chaque séance. Par ailleurs, il est difficile d'estimer le temps de réalisation du projet global, d'autant plus qu'il faut laisser les élèves se heurter aux difficultés et explorer des fausses pistes.

Il reste aussi les contraintes matérielles telles que l'équipement des laboratoires, les logiciels disponibles ou encore la législation, comme pour le travail sur le sang ou sur l'ADN.

Mais la difficulté majeure réside dans le fait que les professeurs de lycée actuels n'ont souvent pas d'expérience dans la recherche. Dans la nouvelle formation des enseignants avec la masterisation, cela devrait changer. De plus les professeurs ne sont pas toujours formés sur la mise en place et la gestion d'activités conduisant à une démarche d'investigation.

Les professeurs, mal formés ou trop contraints par le temps, peuvent proposer des activités qu'ils pensent être une démarche d'investigation mais qui n'en sont pas.

C'est le cas lorsque, par exemple :

- L'enseignant propose une fiche TP qui décrit une expérience que les élèves doivent réaliser en suivant les instructions, puis à partir d'observations rapides, énoncer des lois générales qui semblent évidentes.
Dans ce type d'activité, on ne demande pas aux élèves d'émettre des hypothèses cette méthode est purement inductive.
- L'enseignant pose bien une question, et fait émettre des hypothèses mais il ne garde que la « bonne » hypothèse, celle qui répond à la question ou celle qu'il veut faire étudier, parmi toutes les hypothèses logiques formulées par les élèves alors que l'on devrait toutes les envisager.
- De même, si l'enseignant trie les hypothèses et ne laisse pas les élèves se lancer vers des voies sans issues, alors que l'erreur participe au processus de construction des connaissances.

Dans tous ces cas, on ne met pas en place de démarche hypothético-déductive.

4.4 TRAVAIL DE L'ÉLÈVE

Même si les enseignants sont présents, les activités proposées font surtout appel aux interactions entre les élèves. Développer le travail d'équipe fait partie des objectifs de l'option MPS. Les élèves sont déjà par groupe, avec chaque enseignant, puis ils forment des sous groupes de deux ou trois élèves. Ce travail en équipe est intéressant lorsque les élèves doivent échanger des informations ou confronter des solutions.

Certains groupes collaborent sans opposition apparente. Parfois, un seul élève semble actif, les autres se contentant de suivre sans contester, parfois le travail est équitablement partagé sans réel meneur et en n'étant jamais en totale opposition.

Dans d'autres groupes apparaît une divergence de point de vue, sur la méthode ou sur l'interprétation d'un résultat. Parfois, l'élève le plus sûr de lui impose son idée sans explication mais le plus souvent chaque élève va tenter de convaincre son partenaire en argumentant. Cela conduit à un « conflit socio-cognitif » qui amène chaque élève à réorganiser ses conceptions antérieures pour tenir compte de celle de son voisin.

Certaines recherches dans ce domaine semblent conclure que, dans tous les cas de figure, le travail de groupe entre pairs c'est-à-dire entre élèves de même niveau est bénéfique pour l'acquisition des connaissances.

Les élèves doivent accepter de s'investir dans ce type d'activité, d'accepter la dévolution du problème c'est-à-dire la responsabilité de sa résolution alors qu'ils ne possèdent pas toujours les connaissances nécessaires. Pour émettre des hypothèses ils doivent mobiliser leurs connaissances et compétences antérieures. Arrivés en seconde, les élèves peuvent déjà avoir accumulé des difficultés, des lacunes et une sorte de pessimisme sur leurs capacités à résoudre des problèmes. Même si certains élèves, dits en difficultés, réussissent à mettre en place des stratégies originales et à s'investir dans ce type d'activité, d'autres, peuvent avoir du mal à s'impliquer dans la démarche d'investigation.

4.5 CONCLUSIONS

Notre question de départ était : « Pourquoi et comment initier les élèves à une démarche scientifique dans l'enseignement d'exploration MPS ? »

Il semble assez facile de répondre au « pourquoi ».

Comme on l'a vu dans la première partie, la démarche scientifique ne s'est pas imposée rapidement et facilement et a mis plusieurs siècles à se formaliser. Il paraît donc nécessaire d'initier nos élèves à cette démarche qu'ils ne vont pas acquérir sans aide.

De plus, depuis trente ans, les recherches en didactique qui s'appuient sur les travaux de Piaget, de Bachelard et de Vigotsky, convergent vers la nécessité pour l'élève de construire ses connaissances en résolvant des problèmes, les modèles transmissifs ou béhavioristes ne permettant pas cette acquisition de connaissances. Les nouveaux savoirs introduits doivent apparaître comme l'outil permettant la résolution de problèmes pour lesquels les connaissances antérieures étaient insuffisantes. Ils pourront ensuite être décontextualisés et institutionnaliser en nouveaux savoirs.

Pour que les élèves acceptent de se lancer dans ce type d'activité, il faut qu'ils en ressentent l'envie ou le besoin, le choix d'un projet pluridisciplinaire ouvert doit susciter cette curiosité et permettre cette appropriation du problème encore appelée dévolution dans la TSD de Brousseau.

La mise en place d'une démarche d'investigation dans le but de répondre à une question, oblige l'élève à passer par les différentes situations d'action, de formulation et de validation définies par Brousseau qui vont lui permettre de construire ses connaissances.

Le travail de groupe va permettre le bénéfice apporté par les conflits socio-cognitifs et la mise en place de séances bilan va favoriser l'acquisition d'un vocabulaire adéquat et d'un langage adapté.

L'acquisition conjointe de compétences transversales ou plus spécifiques devrait ensuite faciliter le transfert de connaissances c'est-à-dire la recontextualisation des connaissances acquises.

Par ailleurs, en sciences, l'enseignement ne peut pas se limiter à la transmission de connaissances. Ce que l'on attend, c'est une formation de l'esprit scientifique même si cela est bien difficile à définir mais on peut en retenir l'esprit critique. Initier les élèves à la démarche scientifique par l'intermédiaire de la démarche d'investigation contribue à former cet esprit scientifique.

Enfin, doter les élèves d'une méthode de recherche rigoureuse, qui privilégie l'esprit critique, qui s'appuie sur l'observation et l'expérimentation, qui fasse appel à la réflexion et qui ne laisse pas de place au mysticisme et aux croyances, c'est leur donner les moyens de continuer à apprendre en dehors des bancs de l'école. On leur apprend à apprendre.

Il semble moins facile de répondre au « comment » même si la réponse au pourquoi fournit déjà quelques pistes.

Certes, les sites académiques et disciplinaires proposent de nombreux documents décrivant les différentes étapes de la démarche d'investigation. On y trouve aussi des exemples et des conseils pour la mise en place d'activités qui aboutissent à cette démarche d'investigation. Mais, nous l'avons vu, cela demande une grande maîtrise de la part des enseignants. Le choix de la question de départ est primordial ainsi que la gestion de telles séances avec les élèves qui s'appuient sur un contrat didactique différent. Par ailleurs, même si dans la nouvelle formation des enseignants cela va changer, pour l'instant, les enseignants n'ont souvent jamais fait de recherche.

Enfin, même si dans le cadre de l'enseignement d'exploration MPS, l'enseignant est déchargé des soucis du programme à terminer comme dans un cours traditionnel et d'une certaine façon de l'évaluation, il n'en reste pas moins des contraintes horaires et matérielles. Le plus difficile sera certainement de ne pas mettre en place un semblant de démarche d'investigation.

5. L'ENSEIGNEMENT D'EXPLORATION MPS AU LYCEE DE BRAS-FUSIL A SAINT-BENOÎT

Dans cette cinquième partie, nous allons présenter le travail réalisé en MPS, pendant l'année scolaire 2010 – 2011, au lycée de Bras-Fusil à Saint-Benoît.

Confronté à ce nouvel enseignement, l'équipe enseignante composée de six professeurs a choisi deux thèmes parmi les six proposés et construit deux projets pluridisciplinaires. Chaque professeur de chaque discipline a ensuite imaginé des activités, sous forme de travaux pratiques en laboratoires ou sur informatique, qui permettent une initiation à la démarche scientifique tout en s'inscrivant dans le projet global. Il a aussi fallu gérer l'organisation de séances bilans en classe entière, de la préparation des expositions au CDI et d'une sortie pédagogique.

La mise en place de cet enseignement nous a demandé de longues heures de concertations et de recherches personnelles. Il est encore loin d'être parfait et demande à être amélioré dans les prochaines années mais il semble avoir rempli un certain nombre d'objectifs de départ tels que susciter la curiosité des élèves, rendre les sciences plus attractives, permettre aux élèves de travailler en équipe ...

Pour chaque thème, nous présenterons l'organisation générale et le travail effectué dans chaque matière. Pour le premier thème, nous essayerons d'analyser plus précisément quelques séances de mathématiques.

Lors de la dernière séance de MPS, les élèves ont rempli un questionnaire proposé par les enseignants. Dans la dernière partie, nous détaillerons les réponses obtenues.

5.1 PRESENTATION DU LYCEE

Le lycée polyvalent de Bras-Fusil a ouvert en août 2001 dans le quartier de Bras-Fusil à Saint-Benoît. Il comprend des sections d'enseignement professionnel, des sections générales, ainsi que deux sections d'enseignement supérieur (BTS et DTS).

Environ 900 élèves sont scolarisés au lycée.

A la rentrée 2010, il y avait quatre secondes générales dont deux classes, 60 élèves, ayant choisi l'enseignement d'exploration MPS. Dans chaque classe, l'enseignement d'exploration MPS est assuré par un enseignant de Mathématiques, un de Sciences de la Vie et de la Terre et un de Physique-Chimie. Il n'y a pas d'enseignement de Sciences de l'ingénieur dans l'établissement.

L'enseignement d'exploration MPS s'est fait sur deux heures consécutives hebdomadaires (les jeudis et les vendredis) pendant 27 semaines, ce qui correspond à une heure et demie par semaine sur 36 semaines. Les enseignants ont une heure hebdomadaire d'enseignement en MPS.

Ces contraintes horaires ont imposé une gestion souple de l'enseignement, certaines séances s'effectuant en classe entière avec un ou plusieurs enseignants, d'autres en groupes d'une dizaine d'élèves chacun. Elles ont aussi permis de dégager quelques semaines de concertations pour les enseignants à la rentrée d'août ainsi qu'en février.

Deux thèmes ont été choisis :

- D'août à décembre : Sciences et investigation policière

Projet : Résoudre une enquête policière

- De janvier à juin : Sciences et vision du monde

Projet : Etude transversale de cristaux

5.2 PRESENTATION DU PREMIER THEME : SCIENCES ET INVESTIGATION POLICIERE

ORGANISATION GENERALE :

Le premier thème choisi est sciences et investigation policière.

Le projet consiste à chercher à résoudre une enquête policière.

Scénario proposé aux élèves :

Une disparition est signalée à la gendarmerie de Saint-Benoît par la sœur du disparu. Les gendarmes se rendent au domicile de la personne en question et découvrent une situation inquiétante. Ils font alors appel à une équipe scientifique.

Le salon est en grand désordre. Sur la table basse, deux verres sont posés à côté d'une bouteille de Cilaos, d'un citron coupé en deux et d'une assiette de bouchons à moitié vide. Il y a aussi des cure-dents qui ont visiblement servi à piquer les bouchons. Une poudre blanche, au fond de l'un des verres, attire immédiatement l'attention des gendarmes. Sur le sol, il y a plusieurs taches de sang et un gros caillou taché lui aussi. Sous la table basse une feuille blanche froissée est retrouvée à côté de plusieurs autres feuilles. Dans le courrier électronique, deux messages codés récents sont retrouvés.

Enfin un détail surprend les enquêteurs, le rideau de douche semble manquer et ils récupèrent dans la douche un cheveu qui semble trop long pour être celui du disparu.

Les policiers prélèvent un certain nombre d'indices :

Indice 1 : les deux verres

Indice 2 : les cure-dents

Indice 3 : le sang

Indice 4 : le caillou

Indice 5 : la feuille blanche froissée

Indice 6 : le premier message codé

Indice 7 : le second message codé

Indice 8 : l'ordinateur

Indice 9 : le cheveu

Quelques semaines plus tard, un corps est retrouvé, enterré près du sentier des Ravenales dans les hauts de Saint-Benoît. Après perquisition, on récupère les pelles de jardin de la sœur du disparu et de son meilleur ami.

Indice 10 : la première pelle

Indice 11 : la seconde pelle

Pour ce thème, l'organisation choisie est la suivante :

En classe entière :

- Semaine 1 : Présentation du thème et du sujet
- Semaine 2 : Connaissances générales de cryptographie (Maths)
- Semaine 3 : Connaissances générales sur l'ADN et les groupes sanguins (SVT)

- Semaine 4 : Connaissances générales sur les empreintes et les analyses chimiques (PC)

Séparation de la classe en trois groupes d'experts : SVT, PC, MATHS

- Semaines 5 et 6 : Etude des premiers indices en groupes
- Semaine 7 : Premier bilan en classe entière
- Semaines 8 et 9 : Etude de la seconde série d'indices en groupes
- Semaine 10 : Dernier bilan en classe entière
- Semaines 11 et 12 : Préparation de l'exposition du CDI en classe entière

Lors de la première séance, les trois enseignants présentent l'enseignement d'exploration MPS, le thème choisi et l'intrigue policière. A partir du premier procès verbal rédigé lors de la déclaration de la disparition et à partir de la description du salon et des indices récupérés, les élèves doivent, dans un premier temps, proposer des scénarios possibles qui expliqueraient cette disparition. Ils doivent ensuite répartir les indices entre les groupes d'experts (SVT, PC, MATHS). Les enseignants animent le débat et donnent quelques conseils mais ne décident pas de tout, c'est la classe qui gère la répartition. Les élèves ont visionné de nombreuses séries télé policières et n'éprouvent pas de difficultés pour ce travail, néanmoins ils reconnaissent avoir peu de connaissances dans ces différents domaines.

La répartition des indices obtenue est la suivante :

SVT : Les cures dent pour l'analyse de l'ADN

Le sang pour l'analyse des groupes sanguins

La terre sur les pelles de jardin pour rechercher les pollens

PC : La poudre blanche pour l'analyse toxicologique

Les verres pour les empreintes digitales

La feuille froissée sur laquelle est écrit un message avec une encre invisible

Le cheveu pour détermination du diamètre

La terre sur les pelles pour l'analyse du PH

MATHS : les deux messages codés à déchiffrer

Les trois séances suivantes se font en classe entière avec un seul enseignant. Pour que l'on puisse mettre en place une démarche d'investigation lors des séances de TP, il faut que les élèves disposent d'un minimum de connaissances sur les différents sujets et de compétences expérimentales afin de pouvoir émettre des hypothèses ou des conjectures ainsi que des protocoles expérimentaux pour les vérifier. Chaque enseignant va donc disposer de deux heures pour permettre aux élèves d'acquérir ces connaissances et compétences mais aussi pour découvrir les laboratoires de SVT et Physique-Chimie.

En Mathématiques, ce sont des connaissances générales de cryptographie, en SVT des connaissances générales sur ADN et les groupes sanguins, et en Physique-Chimie, des connaissances générales sur les empreintes et les analyses chimiques

Ensuite les élèves se répartissent selon trois groupes d'experts (SVT, PC, MATHS) d'une dizaine d'élèves chacun et, pendant deux semaines, les experts étudient leurs indices.

On fait ensuite, en classe entière, une première séance bilan pendant laquelle chaque groupe expose l'avancée de ses recherches. La présentation se fait à partir de diaporamas préparés par les élèves. Cela permet de vérifier la compréhension de chacun ainsi que l'assimilation par les élèves d'un vocabulaire scientifique. Les élèves sont amenés à répondre aux questions de leurs camarades mais aussi à celles des enseignants des autres matières.

On reprend ensuite l'étude des indices pendant encore deux semaines et on conclut lors d'une dernière séance bilan.

La dernière séance bilan conduit à la convergence des indices respectifs vers la culpabilité de la sœur du disparu. Il est à noter qu'aucun des trois groupes n'aurait pu conclure seul. C'est la mise en commun des résultats obtenus qui permet la compréhension globale du problème. Par exemple, l'étude du PH de la terre retrouvée sur les pelles n'a pas permis de prouver que l'une d'entre elles avait été utilisée pour enterrer le corps, la terre de toute la région de Saint-Benoît ayant le même PH. Par contre l'étude des pollens a révélée la présence de pollens similaires à ceux du sentier des Ravenales, lieu de découverte du corps, dans la terre récupérée sur la pelle de la sœur du disparu. Le décodage des messages retrouvés dans la messagerie de la victime donne à penser que l'argent pourrait être le mobile du crime.

Travail effectué en Physique-Chimie :

- Analyse et identification d'une poudre blanche par chromatographie et détermination du point de fusion (Banc Köfler)
- Généralités sur la dactyloscopie et mise en œuvre de méthodes de relevé d'empreintes digitales
- Détermination de l'acidité des sols et discussion sur la précision de la méthode
- Révélation par différentes méthodes d'encre invisible

Travail effectué en SVT :

- Observation de cellules buccales du commerce, numérisation des clichés.
- Extraction de l'ADN
- Réalisation d'une électrophorèse
- Analyse des résultats : utilisation du logiciel Anagène, notion d'enzymes de restriction, arbre généalogique
- Test d'agglutination sur substitut du sang du commerce
- Extraction et détermination des grains de pollens d'un sol.

Travail effectué en Mathématiques :

- Codage de citations mathématiques, concours de cryptanalyse
- Aperçu historique des méthodes de codage
- Décodage du premier message codé par un code de César, cadran d'Alberti, réglette de Saint-Cyr, programmes de codage et décodage avec EXCEL
- Décodage du second message codé par substitution mono-alphabétique, programmes sur EXCEL

La pédagogie de projet doit conduire à une production concrète et, dans le cadre de l'enseignement d'exploration MPS, on doit aboutir à une production et à une communication scientifique. Nous avons donc choisi de proposer une exposition au CDI avec une reconstitution de la scène de crime et une présentation sur des panneaux du travail des élèves pour résoudre l'enquête. Il y a aussi un diaporama qui tourne sur un ordinateur.

Une partie de l'exposition était consacrée aux différents métiers de la police scientifique. Enfin, un jeu était proposé aux élèves qui visitaient l'exposition, celui d'imaginer le profil psychologique de chaque protagoniste de l'affaire. A la veille des vacances de décembre, ce jeu n'a pas eu grand succès.

Nos élèves, quant à eux devaient nous proposer un nouveau scénario pour l'année prochaine. Nous avons eu de nombreuses propositions mais malheureusement peu exploitables, car souvent sous forme de crime passionnel sur fond d'alcool et de drogue. Par contre, l'exposition a été visitée par les élèves de troisième venus découvrir l'établissement.

5.3 PARTIE MATHÉMATIQUES DU PREMIER THEME : CRYPTOLOGIE

Dans le cadre du projet, les experts mathématiques devaient essayer de décoder deux messages récupérés dans la messagerie du disparu et envoyés à son fils.

PREMIERE SEANCE DE MATHÉMATIQUES : En classe entière

La première séance, en classe entière, avait pour objectif de mettre les élèves en situation de codage, de mettre en évidence des compétences antérieures éventuelles et d'avoir une approche historique des méthodes de codage.

Les élèves forment 4 groupes de 8. Chaque groupe doit **coder 1 citation mathématique** de trois ou quatre lignes distribuée par l'enseignant.

Avant de commencer le travail en groupe, la classe essaie de définir ce que l'on pourrait appeler un bon codage. L'enseignante dirige le débat. Les élèves arrivent assez rapidement à préciser qu'un codage efficace doit être impossible (difficile) à déchiffrer sans la clé mais rapide à décoder avec la clé. Certains élèves montrent déjà des compétences dans le

domaine, ils participaient à un club sciences au collège. Cette phase permet de vérifier la compréhension de la consigne, l'appropriation du problème par tous et fait déjà émerger quelques pistes.

Les élèves se regroupent dans chaque coin de la salle avec leur citation et dans chaque groupe se met en place une concertation pour le choix du codage. Durant toute cette phase, on assiste à de nombreux conflits socio-cognitifs. Dans chaque groupe il y a des divergences sur la méthode à utiliser et chacun se retrouve à essayer de convaincre ses camarades de la supériorité du codage qu'il propose.

Après 45 minutes et de longues discussions dans chaque groupe, les codages choisis sont les suivants :

Trois groupes choisissent une substitution mono-alphabétique en respectant la longueur des mots. Le premier groupe, code les lettres de l'alphabet de 13 à -13, dans le sens décroissant et utilise la barre de valeur absolue pour séparer les mots. Les deux autres groupes utilisent des lettres, des nombres ou des symboles divers.

Le quatrième groupe décide de faire un anagramme du message complet. Bien qu'en circulant, je rappelle au groupe, que le message doit être décodable avec la clé et bien que plusieurs d'entre eux comprennent que leur méthode ne le permettra pas, un élève finit par imposer son point de vue au groupe.

Commentaire : le nombre d'élèves est trop grand dans chaque groupe pour que chaque élève s'investisse dans le codage et certains se laissent porter par le travail des autres. Le tout prend une bonne heure. Même si les citations étaient assez courtes, le choix du codage a entraîné de nombreuses discussions dans chaque groupe.

La deuxième partie de la séance est consacrée à la **présentation d'un cours sur la cryptologie** qui reprend la démarche historique à partir d'anecdotes et doit poser quelques bases de cryptographie et de cryptanalyse. Il est remarqué que l'évolution de la cryptographie est directement liée aux besoins des militaires et des états. De plus la cryptographie ne progresse qu'en suivant les progrès de la cryptanalyse.

Commentaire : la partie sur les méthodes modernes de cryptographie est survolée par manque de temps.

Travail donné : concours de cryptanalyse : les élèves doivent essayer de décoder les messages des autres groupes pour la séance suivante (dans trois semaines) et lire la fin du cours.

DEUXIEME SEANCE DE MATHEMATIQUES : Groupe expert de 10 élèves

On fait le point sur le concours de cryptanalyse. Deux messages ont été décodés (résultats déposés dans mon casier) par des groupes de quatre ou cinq élèves. Les élèves reconnaissent avoir tenté des méthodes de corruption mais avouent avoir échoué. Ils ont réussi à décoder les deux citations codées par substitutions mono-alphabétique dans lesquelles le mot « mathématiques » apparaissait. Cela a permis une première association de lettres puis le tâtonnement a fait le reste. Un élève a ensuite deviné le nom de l'auteur « Blaise Pascal » !

On revient sur l'utilisation de mots probables et on rappelle que l'on a vu que pendant la Seconde Guerre mondiale, les alliés avaient remarqué que l'un des premiers messages allemands du matin concernait la météo et cela permettait de trouver plus facilement le code du jour.

A cette étape, les élèves qui ont utilisé un codage par anagramme sont très fiers que leur message soit resté indéchiffré.

Dans un second temps, on distribue, pour les **décoder, les messages codés avec leurs clés**. Les trois premiers messages sont rapidement décodés, même celui qui ne contenait pas le mot « mathématiques » et qui était resté indéchiffré. Par contre, celui codé par un anagramme du texte complet reste indécodable et les élèves de ce groupe finissent par admettre, difficilement, qu'il y a un problème.

Le **premier message codé trouvé sur l'ordinateur** du disparu est distribué. Il se présente comme une suite de lettres, regroupées par lots de cinq.

JWVRW CZVQK WTIAP QMZRI QOIOV MKQVY UQTTM
 MCZWA ICFXI ZQAKT IVLMA BQVAL MAKWU JIBAL MKWYA
 RMTMA IQKIK PMAAQ RIUIQ AQTUI ZZQDM UITPM CZTMU
 MAAIO MACQD IVBBM XMZUM BBZIL MTMAZ MBZWC
 DMZRM BMUJZ IAAMX IXI

Pour tester un codage de César, on construit, pour se simplifier la tâche, un **cadran d'Alberti** puis une **réglette de St Cyr**. Aucune consigne n'est donnée pour la construction du cadran et de la réglette, les élèves mettent en œuvre des méthodes approximatives et se rendent vite compte du besoin de précision. Les constructions sont refaites sur des cartons de couleurs.

Munis de leurs nouveaux outils, les élèves tentent le décodage du message. Le décalage est très vite trouvé par un élève qui remarque qu'il y a beaucoup de M, qui doit coder la lettre E. Certes, la méthode d'analyse des fréquences avait été abordée lors de la séance en classe entière mais plusieurs élèves connaissaient déjà cette propriété de la lettre E dans la langue

française. La fin de la séquence est consacrée au décodage du message. La validation de la méthode est immédiate par le fait que le message obtenu a un sens.

Travail donné : Faire ou refaire le cadran d'Alberti et la règle de St Cyr, pour les élèves qui ont manqué de temps ou de précision.

Commentaire : Les élèves sont orientés vers le codage de César beaucoup trop rapidement par l'enseignante qui, par peur de ne pas pouvoir atteindre ses objectifs, n'a pas laissé aux élèves le temps d'envisager ou de tester d'autres codages.

TROISIEME SEANCE DE MATHEMATIQUES : Groupe expert de 10 élèves (les mêmes)

Sur le tableur EXCEL, on a créé un petit *programme qui permet de coder* un message par la méthode de César et un autre *programme qui permet le décodage*.

Les élèves ne maîtrisent pas le tableur, certains disent le découvrir. Il ne s'agit pas ici d'une création par les élèves mais plutôt d'une activité guidée pas à pas par l'enseignante. L'objectif est que les élèves comprennent chaque étape de la programmation et réinvestissent certaines compétences dont ils prennent conscience de l'importance. Par exemple, l'utilisation des dollars dans l'adressage des cellules est d'abord expliquée mais très vite cette gestion est laissée au soin des élèves qui en une touche vérifient la justesse, ou pas, de leur solution.

QUATRIEME SEANCE DE MATHEMATIQUES : Groupe expert de 10 élèves (les mêmes)

Le *second message codé* est distribué. Il se présente sous la forme d'une suite de lettres avec des blancs qui semblent répartis aléatoirement. L'objectif est de donner le moins d'informations possibles et d'observer le travail des élèves.

Naturellement, trois groupes se forment, un de deux élèves, un de trois élèves et un de quatre élèves. (Un élève est absent)

T B I I A U A N A L P E H A U P H E N
 H P D M I B D F K A I E A K I A M M P O A
 U P E T P T R A L P K O A D N F B Q K
 L A N K B Q S A K N Q H A S K P M N A
 M B Q S A D E K H A L A D H K B E N
 B Q B D F P M M P E N D B M S P T P D T A M
 P S A T N P I A K A J Q P D H N Q A N P E M
 U A Q D A L P K O A D N M A N K B Q S A
 H P D M L A T B G G K A H Q Y B E M
 H A L P T Q E M E D A A W N A K E A Q K A

LPTLA HQ TBGGKA AMN
 TPTRAA HPDM LPIPEMBD
 HAKKEAKA LA LESKA HA TBDNA
 JQA NQ FKAGAKPEM

Une première question est posée sur la *langue utilisée* dans le message. N'ayant aucun indice pour y répondre, on considère, dans un premier temps, qu'il est en français.

Deuxième question, *le message est-il en ligne ou en colonne ?*

Après plusieurs minutes, un élève remarque que les blancs semblent être les espaces entre les mots et que si le message est en colonne, le premier mot a 14 lettres, ce qui est peu probable. La classe se rallie spontanément à un message en ligne.

Un élève pense aux *anagrammes mots à mots* mais ne trouve rien d'intéressant.

Il faut plusieurs minutes pour que les élèves pensent à *tester le code de César*.

Un groupe se lance avec le cadran d'Alberti sur le premier mot : TBIIA. Toutes les lettres ne pouvant pas être doublées, cela limite le nombre de décalages à essayer.

Un autre groupe pense à utiliser le programme sur EXCEL, fait lors d'une séance précédente. Avec le temps nécessaire au démarrage de l'ordinateur, les deux groupes comprennent à peu près en même temps qu'il ne s'agit pas d'un codage de César.

A ce stade des recherches, les groupes communiquent entre eux et le troisième groupe bénéficie de la réponse sans avoir cherché.

Les élèves pensent alors au code de Vigenère et sous l'afflux de questions, je leur conseille de *rechercher dans le cours* distribué lors de la première séance. Vu la courte longueur du message et la difficulté de décodage, la tâche semble ardue.

Nous sommes à la fin de la première heure et un certain découragement face à la tâche s'installe de façon contagieuse.

Nous reprenons alors le cours ensemble, et nous revenons sur le codage qui a, historiquement, suivi le code de César et précédé le code de Vigenère, c'est-à-dire le codage par substitution mono-alphabétique. Le nom semble compliqué et dans un premier temps, les élèves ne font pas le lien avec les codages qu'ils ont utilisé à la première séance.

On revient sur le fait que cette méthode a fait ses preuves pendant des siècles et on explique les 26 ! façons de coder.

Les élèves ont déjà réussi à briser certains codes de ce type mis au point par leurs camarades, la tâche leur semble abordable. Ils se lancent alors dans le *déchiffrage* mais cette fois-ci, chaque groupe garde confidentielle sa réflexion !

Un élève vérifie que le message ne commence pas et ne finit pas comme le précédent (bonjour Nicolas, papa) ce qui ramène à une recherche de **mots probables**.

Les **deux lettres les plus fréquentes** sont trouvées et transformées en E et A. Bien que l'on ait parlé en cours de la méthode d'analyse des fréquences d'Al Kindi, les élèves ne poussent pas plus loin cette analyse statistique, et passent aux **lettres doubles** en testant plusieurs solutions, qui se révèlent infructueuses. La fatigue gagne plusieurs élèves mais soudain le groupe de deux élèves, très actif depuis le début, crie victoire et dit avancer, ce que je confirme après vérification. Cela remotive les autres groupes qui se relancent dans le déchiffrement.

Le groupe de 4 élèves prend dans un premier temps la seconde position mais les élèves travaillent de façon trop individuelle ou entrent en conflit. Dans le groupe de trois élèves, qui était en retard et a peu participé sur cette séance, une élève met un peu une répartition des tâches très efficace et le groupe finit par doubler le groupe de quatre élèves qui termine en dernier.

Au bout des deux heures, le message est décodé dans les trois groupes. En sortant, les élèves demandent ce qu'ils feront la fois prochaine et si on créera un programme sur ordinateur.

Analyse de la quatrième séance :

Il y a quelques semaines, le déchiffrement de ces deux messages constituait une situation problème qui nous a conduit à introduire un certain nombre de connaissances sur la cryptologie. Lorsqu'on aborde la quatrième séance, on peut considérer que les élèves sont plutôt face à un problème ouvert, ils disposent déjà des outils nécessaires à sa résolution, ils les ont déjà utilisés mais doivent déterminer lesquels leur permettront de répondre et les réinvestir dans une autre situation.

Les premières questions, langue utilisée, message en ligne ou en colonne, montrent que les élèves restent très ouverts sur les possibilités de codage.

L'élève qui pense aux anagrammes, mot à mot, fait partie du groupe qui avait utilisé un codage par un anagramme complet du message dans la première activité.

Je suis étonnée que les élèves n'envisagent pas plus vite un décalage de César. Le premier message était codé ainsi et nous avons passé deux séances à faire le cadran d'Alberti, la règle de St Cyr et les programmes sur EXCEL. Il est vrai que trois semaines sont passées (deux semaines de vacances et la semaine du premier bilan, perturbée par les grèves lycéennes). Par ailleurs, il est vrai que l'idée d'utiliser un codage de César pour le premier message était venue plus de l'enseignante que des élèves. Par contre, une fois l'idée lancée,

les élèves utilisent tous les outils à leur disposition. Les machines à coder, cadran d'Alberti et réglotte de St Cyr pour un groupe, et le programme EXCEL pour un autre groupe.

Une fois cette conjecture invalidée, les élèves essaient de retrouver, de mémoire, les autres méthodes de codage vues en cours lors de la première séance. Ils posent beaucoup de questions car leurs souvenirs sont imprécis mais c'est le professeur qui doit leur suggérer de prendre le cours photocopié distribué et longuement commenté.

Alors qu'ils ont spontanément et largement utilisé un codage par substitution mono-alphabétique pour coder leur citation et décoder celle des autres groupes, ils ne font pas le lien avec le nom « substitution mono-alphabétique » utilisé dans le cours et il faut quelques minutes pour qu'ils en soient convaincus.

Passée cette étape, les élèves se lancent dans le décodage en réutilisant les méthodes qui ont fait leurs preuves pour les précédentes activités. Ils recherchent des mots probables, le prénom du destinataire et la signature, puis les lettres les plus fréquentes, le E et le A. Enfin, ils travaillent avec les lettres doubles possibles. Le reste du décodage n'est qu'une question de patience, de chance et d'efficacité.

Le déroulement de la séance est aussi très intéressant pour l'étude du travail en groupe. Il est amusant de voir, comment après un partage des informations en début de séance, une compétition se met en place entre les différents groupes. Le groupe de deux élèves travaille sans meneur et sans être en opposition de façon très pertinente. Le groupe de trois élèves se laisse porter par le travail des autres pendant une grande partie de la séance, ensuite une fois le travail précisé, un élève dirige le travail des deux autres de façon très efficace et sans que ceux-ci y trouvent à redire. Dans le groupe de quatre élèves, deux sont très actifs et trouvent les réponses aux premières questions, mais ensuite ils n'arrivent pas à répartir le travail de façon efficace et sont en conflits à plusieurs reprises sur la stratégie à adopter.

Face à ce problème, les élèves enchainent :

- Les phases d'actions où ils doivent émettre des conjectures, puis mettre en place des stratégies qui permettent de les vérifier ou de les invalider.
- Les phases de formulation pendant lesquelles ils doivent exprimer avec un vocabulaire adapté et précis l'avancée de leur réflexion pour convaincre leurs camarades.
- Dans cette activité de décodage la phase de validation est immédiate, soit le message obtenu a un sens, soit il n'en a aucun.

CINQUIEME SEANCE DE MATHEMATQUES

Sur le tableur EXCEL, on a crée un petit *programme qui permet de coder* un message par substitution-mono-alphabétique et un autre *programme qui permet le décodage* lorsqu'on connaît le code.

L'utilisation du tableur n'est plus une nouveauté et les élèves sont plus rapides que lors de la première séance. Malgré tout, l'activité est guidée. Les connaissances et compétences des élèves sur l'utilisation du tableur ne sont pas suffisantes pour envisager de laisser les élèves chercher la programmation seuls.

5.4 PRESENTATION DU SECOND THEME : SCIENCE ET VISION DU MONDE

Le second thème choisi est : Sciences et vision du monde.

Le sujet est l'étude des cristaux par une approche transversale, SVT, Physique-Chimie et Mathématiques.

La première semaine est consacrée à la visite du Musée du Sel à Saint-Leu. Des intervenants de conseil régional sont chargés d'expliquer le fonctionnement du salin et de présenter la faune et la flore de ce site particulier.

Chaque élève doit faire un compte rendu de la visite, soit sur papier, soit informatique, par exemple sous forme de diaporama.

L'organisation est différente de celle du premier thème. La classe est partagée en trois groupes et chaque groupe aura une séance de TP dans chaque matière, il n'y a donc plus d'experts. Par contre, les enseignants préparent trois TP différents.

Planning prévu :

- Semaine 1 : visite du salin
- Semaines 2, 3 et 4 : TP en groupe

En classe entière :

- Semaine 5 : Bilan des trois TP de Maths
- Semaine 6 : Bilan des trois TP de PC
- Semaine 7 : Bilan des trois TP de SVT
- Semaine 8 : Préparation de l'exposition, Maths
- Semaine 9 : Préparation de l'exposition, PC
- Semaine 10 : Préparation de l'exposition, SVT
- Semaine 11 : Elaboration d'un quizz concernant l'exposition

- Semaine 12 : Affichage de l'exposition, visite du DTS imagerie médicale par petits groupes, questionnaire

Travail effectué en Mathématiques :

Dans chaque groupe, nous avons observé des photos de cristaux pour faire apparaître leur structure polyédrique. Les élèves ont ensuite essayé de définir un polygone, convexe, croisé, régulier puis un polyèdre convexe, régulier.

Ensuite chaque groupe a travaillé sur un TP différent :

- TP 1 : Solides de Platon

Maquettes, patrons, fiches d'identité, dualité

Avec CaRMétal : Constructions de l'octaèdre comme dual du cube et de l'icosaèdre comme dual du dodécaèdre et visualisation de patrons

- TP 2 : Cinq premiers solides d'Archimède

Patrons, fiches d'identité du tétraèdre tronqué et du cube tronqué

Avec CaRMétal : Constructions du tétraèdre tronqué et du cube tronqué

- TP 3 : Cube-Octaèdre d'Archimède et Polyèdre de Lord Kelvin

Patrons, fiches d'identité

Avec CaRMétal : Constructions et visualisation de patrons

Travail effectué en Physique- Chimie :

- Réalisation de diverses expériences de cristallisation
- Etude de l'influence des facteurs naturels (concentration des solutions, chaleur et vent) sur la cristallisation
- Etude de la structure cristalline microscopique du chlorure de sodium

Travail effectué en SVT :

- Observation de différentes roches (à l'œil nu, loupe binoculaire)
- Classer les différentes roches proposées : roches avec cristaux et des roches sans cristaux
- Observation au microscope polarisant des lames minces :
 - gabbro/basalte pour le premier groupe
 - Granodiorite/andésite pour le second groupe
 - Recherche d'hypothèses pour expliquer les différences de structure (grenue/microlitique) ; test à la vanilline pour le troisième groupe.

Ici aussi, la production est une exposition au CDI, présentant le travail des trois disciplines. Les élèves ont rédigé un quizz que les visiteurs peuvent remplir et dont les réponses se trouvent sur les panneaux exposés.

5.5 ANALYSE DU QUESTIONNAIRE REMPLI PAR LES ELEVES

Lors de la dernière séance, les élèves ont accepté de remplir un questionnaire sur l'enseignement d'exploration MPS. Les questions ont été lues en classe afin de vérifier leur compréhension puis complétées de façon anonyme.

Une copie de ce questionnaire se trouve en annexe.

Dans la première classe : 28 élèves sur 30 ont rempli le questionnaire.

Dans la seconde classe : 25 élèves sur 30 ont rempli le questionnaire.

Certains élèves étaient en voyage scolaire en Allemagne.

Selon la question posée, nous analyserons les réponses classe par classe ou en regroupant les 53 élèves.

ORIENTATION, CHOIX DE MPS, INVESTISSEMENT

Les deux premières questions concernaient l'orientation, celle que les élèves envisageaient à leur inscription en seconde, moment où ils ont du choisir les enseignements d'exploration, et l'orientation qu'ils ont demandée sur leur fiche navette qui recueille leurs souhaits d'orientation pour le conseil de classe du troisième trimestre.

Dans **la troisième question**, on demandait la raison du choix MPS. On proposait plusieurs réponses (intérêt pour les sciences, conseils des enseignants de troisième ou de la conseillère d'orientation, choix des parents, le hasard), avec la possibilité d'en proposer d'autres.

Dans la première classe, sur les 28 élèves:

Lors de leur inscription en seconde :

- 24 élèves envisageaient une orientation en première S
- 2 élèves envisageaient une orientation en première ES
- 1 élève envisageait une orientation en première L
- 1 élève envisageait une orientation en première STG

Sur la fiche navette qui recueille leurs souhaits d'orientation avant le conseil de classe du troisième trimestre.

- 16 élèves demandent une orientation en première S
- 1 élève demande une orientation en première ES
- 2 élèves demandent une orientation en première L
- 3 élèves demandent une orientation en première STG
- 6 élèves ont coché « autre » (réorientation, redoublement, autre première...)

Sur 21 élèves disent avoir choisi l'enseignement d'exploration par intérêt pour les sciences, 1 sur les conseils d'enseignants de troisième ou de la conseillère d'orientation, 1 au hasard, les autres l'ont fait par défaut (rien d'autre ne leur plaisait) ou pour suivre un copain. Néanmoins, dans **la quatrième question**, aucun élève ne regrette son choix et, dans **la cinquième question**, 24 élèves conseilleraient MPS à des élèves de troisième passant en seconde générale (4 élèves ne savent pas).

Dans la seconde classe, sur les 25 élèves :

Lors de leur inscription en seconde :

- 12 élèves envisageaient une orientation en première S
- 9 élèves envisageaient une orientation en première ES
- 4 élèves envisageaient une orientation en première STG

Sur la fiche navette qui recueille leurs souhaits d'orientation avant le conseil de classe du troisième trimestre.

- 11 élèves demandent une orientation en première S
- 4 élèves demandent une orientation en première ES
- 1 élève demande une orientation en première L
- 7 élèves demandent une orientation en première STG
- 2 élèves ont coché « autre » (réorientation)

14 élèves disent avoir choisi cet enseignement par intérêt pour les sciences, 4 sur les conseils d'enseignants de troisième ou de la conseillère d'orientation, 4 au hasard, les autres ne justifient pas toujours leur choix.

Néanmoins, dans **la quatrième question**, 22 élèves ne regrettent pas leur choix, 3 le regrettent mais 2 modèrent leur réponse (un peu ou à moitié). Dans **la cinquième question**, 20 conseilleraient MPS à des élèves de troisième passant en seconde générale, 4 élèves ne savent pas et un seul le déconseillerait (celui qui a regretté son choix).

La sixième question portait sur leur investissement. On leur proposait les réponses suivantes : à fond, correctement, un minimum, irrégulier, pas du tout et autre.

Dans la première classe, ils sont 5 à penser s'être investi à fond, 14 correctement, 4 un minimum et 5 de façon irrégulière. Aucun élève ne choisit la réponse pas du tout ou autre.

Dans la seconde classe, ils sont 5 à penser s'être investi à fond, 9 correctement, 8 un minimum et 3 de façon irrégulière. Aucun élève ne choisit la réponse pas du tout ou autre.

Dans la première classe, qui se destinait davantage vers des études scientifiques, le choix de MPS semble davantage s'être fait par intérêt pour les sciences que dans l'autre classe.

Néanmoins si on considère le peu d'élèves qui regrettent ce choix et le grand nombre qui conseilleraient cet enseignement d'exploration, il semble raisonnable de considérer que MPS semble avoir plu à tous les élèves quelle que soit la raison de leur choix et aussi quelle que soit l'orientation envisagée ou choisie et que leur investissement a été majoritairement correct.

Dans **la septième question**, on demandait aux élèves de cocher 3 ou 4 adjectifs décrivant l'enseignement d'exploration MPS dans une liste. Ils pouvaient aussi en proposer d'autres. Les adjectifs choisis confortent l'impression que MPS a su intéresser les élèves.

Voici dans l'ordre décroissant les adjectifs les plus souvent choisis sur les 53 questionnaires : amusant coché 46 fois, intéressant coché 44 fois, expérimental coché 32 fois, simple coché 18 fois, motivant coché 16 fois, concret coché 7 fois, théorique coché 7 fois, ennuyeux coché 3 fois, difficile coché 3 fois, nul coché 1 fois, abstrait coché 1 fois, sans intérêt coché 1 fois.

D'autres adjectifs ont été proposés une fois chacun : découverte, enrichissant, fatigant, bien, instructif.

THEMES, METHODES DE TRAVAIL, ACTIVITES

La huitième question demandait aux élèves quel thème ils avaient préféré, le premier, investigation policière, ou le second : cristallographie, les deux ou aucun des deux.

Sur les 53 élèves, le premier thème : sciences et investigation policière est préféré par 40 élèves, le second, cristallographie, recueille 5 suffrages et 7 élèves disent avoir apprécié les deux. (Un élève arrivé en février ne se prononce pas)

La neuvième question portait sur la préférence des élèves concernant la façon de travailler : en expert comme sur le premier thème, en abordant les trois matières comme pour le second thème, des deux façons ou d'aucune.

Sur les 53 élèves, 35 élèves ont préféré travailler en expert, 9 en abordant toutes les matières, 6 ont aimé les deux méthodes et 2 aucune des deux. (Un élève arrivé en février ne se prononce pas)

Le premier thème, l'enquête policière semble avoir plu davantage, le travail en expert aussi mais les deux questions sont directement liées.

La treizième question abordait le type d'activité préféré. Voici les réponses obtenues sur les 53 questionnaires dans l'ordre décroissant :

- Les TP en laboratoire : 41
- La sortie au Musée du sel : 39
- La préparation des expositions pour le CDI : 21

- La préparation des exposés pour les séances bilan : 11
- Les cours en classe entière : 11
- Les TP sur informatique : 8
- Les recherches documentaires : 7
- Un élève a ajouté le fait d'écouter ses camarades lors des séances bilan.

Ce sont les TP en laboratoire qui remportent le plus de suffrages, dépassant même la sortie au Musée du Sel à St Leu. De même la préparation des expositions pour le CDI semble plaire aux élèves.

INTERACTION AVEC LES AUTRES MATIERES, ACQUISITION DE COMPETENCES, OBJECTIFS

Il peut être intéressant de se demander si le travail effectué en MPS a pu aider les élèves à mieux réussir dans les trois disciplines rencontrées c'est-à-dire les mathématiques, la Physique-Chimie et les Sciences de la Vie et de la terre mais aussi en Informatique.

Il paraît difficile de quantifier cette aide possible mais **les questions 10 et 11** permettaient de connaître le ressenti des élèves.

Avant d'analyser leurs réponses, il faut rappeler que selon le groupe d'experts auquel ils appartenaient lors du premier thème, les élèves ont fait soit 8 heures de TP en Sciences de la Vie et de la Terre, soit 8 heures en Physique-Chimie, soit 8 heures en Mathématiques. Pour le second thème, les horaires étaient plus équilibrés puisque chaque élève devait faire un TP de 2 heures dans chaque matière.

Par ailleurs, selon les matières, les connaissances et les compétences découvertes ou utilisées pendant l'enseignement d'exploration avaient plus ou moins de lien avec le programme disciplinaire de seconde.

Pour les mathématiques, le premier domaine abordé, la cryptographie n'est pas en lien direct avec le programme de seconde. Le second aborde la géométrie dans l'espace, mais la progression commune choisie au lycée fait que ce chapitre n'est traité qu'en fin d'année. Il est donc assez prévisible que les élèves ne voient pas de lien immédiat entre le travail mathématique fait en MPS et celui fait pendant le cours. Par ailleurs, dans une des deux classes, l'enseignant qui intervenait en MPS n'était pas le professeur de mathématiques de la classe.

Contrairement aux mathématiques, les notions abordées en Physique-Chimie et surtout en Sciences de la Vie et de la Terre étaient davantage au programme de la classe de seconde et certaines techniques expérimentales ont pu être réutilisées dans l'année.

La question 10 était formulée ainsi :

**Diriez-vous que l'enseignement d'exploration MPS vous a aidé à mieux comprendre :
(vous pouvez cocher plusieurs réponses) :**

- le cours de Maths
- le cours de Physique-Chimie
- le cours de SVT
- Autre :
- Aucun

Sur les 53 élèves

- 9 répondent oui pour les maths
- 22 répondent oui pour la physique-Chimie
- 28 répondent oui pour Sciences et Vie de la Terre.

Les réponses données par les élèves n'ont rien de surprenant compte tenu des remarques précédentes.

La question suivante était formulée de la même façon mais concernait l'informatique.

Sur les 53 élèves :

- 17 élèves ont répondu oui pour l'utilisation d'un tableur
- 20 élèves ont répondu oui pour l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique
- 27 élèves ont répondu oui pour l'utilisation d'un logiciel de diaporama
- 8 élèves ont répondu oui pour l'utilisation d'un logiciel de traitement de texte
- 11 élèves ont répondu oui pour la recherche documentaire sur le net

Le tableur a été utilisé uniquement en TP de mathématiques lors du premier thème pour coder et décoder des messages. Cela ne concerne donc qu'une vingtaine d'élèves. Parmi eux 17 considèrent que ces TP les ont aidés à mieux comprendre l'utilisation d'un tableur. De la même façon, l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique (CaRMétal) n'a eu lieu qu'en mathématiques lors du second thème et pour diverses raisons n'a pu concerner qu'une partie des élèves. Malgré tout, 20 élèves pensent que cela a amélioré leur utilisation de logiciels de géométrie dynamique.

Il est amusant de noter que si 17 élèves répondent oui pour l'utilisation du tableur et 20 pour l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique, ils ne sont que 9 à répondre oui pour les mathématiques. Malgré l'importance de l'utilisation de tels logiciels dans les nouveaux programmes de mathématiques et leur utilisation fréquente par les professeurs à chaque chapitre, il semblerait que les élèves fassent une distinction entre les mathématiques et l'utilisation de tels logiciels !

Lors des séances bilan, de nombreux élèves ont proposé des diaporamas à partir de leur nouvel ordinateur portable, ce qui leur a permis de progresser, à la fois dans la recherche documentaire et dans l'utilisation de logiciels de présentation de diaporamas.

L'enseignement d'exploration MPS a pour objectif l'acquisition d'un certain nombre de compétences telles que : travailler de façon plus autonome, travailler en équipe, prendre des initiatives dans le cadre d'un travail, communiquer à l'écrit et à l'oral.

La douzième question permettait de voir si les élèves avaient l'impression d'avoir progressé sur ces capacités.

Concernant l'acquisition de compétences, sur les 53 élèves, 41 considèrent que MPS les a aidés à travailler en équipe, 24 à communiquer à l'écrit et à l'oral, 13 à prendre des initiatives dans le cadre d'un travail et 7 à travailler de façon plus autonome.

Enfin les dernières questions abordent des objectifs plus généraux de MPS : prendre conscience des liens qui existent entre les trois matières, découvrir différents domaines des trois disciplines, montrer comment ces disciplines répondent aux questions scientifiques que se posent les hommes depuis l'antiquité jusqu'à aujourd'hui, et enfin découvrir des métiers et des formations dans le champ des sciences en lien avec le PDMF (Parcours Découverte des Métiers et des Formations).

Dans **la treizième question** : Sur les 53 élèves, aucun élève ne pense que les trois sciences n'ont aucun rapport, 39 qu'elles ont des points communs mais qu'on ne s'en rend pas toujours compte en cours et 14 qu'elles sont en interactions permanentes.

Dans **la quatorzième question**, concernant la découverte de différents domaines des Mathématiques, des Sciences Physiques, des Sciences de la Vie et de la Terre, sur les 53 élèves, 21 élèves pensent que l'objectif est atteint, 26 qu'il est en partie atteint, 1 qu'il n'est pas du tout atteint et 5 ne savent pas.

Dans **la quinzième question**, on leur demandait si MPS avait contribué à leur montrer comment ces disciplines répondent aux questions scientifiques que se posent les hommes depuis l'antiquité jusqu'à aujourd'hui. Sur les 53 élèves, 19 élèves pensent que l'objectif est atteint, 25 qu'il est en partie atteint, 3 qu'il n'est pas du tout atteint et 6 ne savent pas.

Enfin **la seizième question** concernait la découverte des métiers et des formations dans le champ des sciences (PDMF). Sur les 53 élèves, 19 élèves pensent que l'objectif est atteint, 20 qu'il est en partie atteint, 6 qu'il n'est pas du tout atteint et 8 ne savent pas.

Encore une fois, pour ces dernières questions, il s'agissait uniquement de recueillir le ressenti des élèves. Une étude plus approfondie demanderait la mise en place d'un protocole précis,

d'une enquête en tout début d'année doublée dans une classe de profil similaire ne suivant pas l'enseignement d'exploration MPS.

6. CONCLUSIONS

Ce travail de mémoire m'a permis de revoir et de mettre à jour des connaissances en épistémologie et en didactique, de prendre le temps de la réflexion sur ma façon d'enseigner, de mettre un nom sur des difficultés rencontrées et aussi parfois de conforter certains de mes choix pédagogiques. Il a aussi entraîné des phases de doute et certaines remises en question. Mon cerveau, bien modeste, est passé par les différents processus d'assimilation, d'accommodation et d'équilibration qui, je l'espère, me permettront d'améliorer mes méthodes d'enseignement.

Concernant l'enseignement d'exploration MPS, les heures passées devant les élèves ont été très agréables, elles ont été précédées de longues heures de recherches personnelles et de concertation entre collègues. Pour le premier projet, j'ai dû, par des lectures diverses acquérir certaines connaissances et compétences en cryptologie. Mais, le plus difficile a ensuite été de trier, parmi ces connaissances, celles que je voulais aborder avec les élèves, puis d'imaginer des activités qui le permettent tout en les initiant à la démarche d'investigation. Cette transposition didactique a été moindre dans le second thème, le sujet étant plus proche des enseignements disciplinaires.

On peut considérer, à partir de mes observations personnelles et de celles de mes collègues lors des séances et à partir des réponses du questionnaire, que certains objectifs ont été atteints. Cet enseignement a éveillé la curiosité et l'intérêt des élèves et leur a permis de travailler en groupe de façon plus autonome. Il a aussi conduit à l'initiation à la démarche scientifique et à l'acquisition de compétences expérimentales ou informatiques. Les séances bilan et les expositions au CDI ont contribué à améliorer la communication écrite et orale et l'utilisation d'un vocabulaire adéquat.

Il est plus difficile de vérifier la réalisation d'autres objectifs. Par exemple, "Est-ce que les élèves ont institutionnalisé les connaissances et les compétences rencontrées lors de la réalisation de ces projets et seraient-ils susceptibles de les recontextualiser pour les utiliser à un autre moment ?" D'après Brousseau, cela est improbable car, dans le cadre de l'enseignement d'exploration MPS, l'étape d'institutionnalisation qui doit être conduite par l'enseignant paraît secondaire par rapport à la réalisation du projet commun à la classe. Par ailleurs, les connaissances et les compétences rencontrées n'étant pas forcément en lien avec les programmes disciplinaires, la recontextualisation des nouvelles connaissances acquises paraît aléatoire, d'autant plus lorsque l'enseignant de MPS n'est pas celui de la discipline. Il y a donc de forts risques que, comme le dit Brousseau « les connaissances

privées et même publiques restent contextualisées et vont finir par disparaître dans le flot des souvenirs quotidiens ... » [BROUSSEAU 1997, page 9]

Par ailleurs, il serait intéressant d'étudier les bénéfices éventuels à moyen voire à long terme de cet enseignement. Développe-t-il une curiosité et un intérêt durable pour les sciences ? Renforce-t-il les savoirs disciplinaires et favorise-t-il une meilleure réussite en première scientifique et en terminale ? Permet-il de mieux appréhender les TPE de première ?

La difficulté réside dans l'évaluation quantitative et qualitative d'un tel impact. Cela nécessiterait la mise en place d'un protocole d'observation très précis dès le début de l'année. Il faudrait aussi une classe témoin, de profil semblable mais qui ne suivrait pas le même enseignement d'exploration. Il faudrait réaliser des questionnaires mais aussi des entretiens individuels avec les élèves en début d'année et en fin d'année. Cette étude devrait se prolonger sur trois ans, de la seconde à la terminale avec un suivi de cohorte. On pourrait même envisager de suivre les élèves lors de leurs études supérieures.

C'est un dispositif d'analyse continu et prolongé sur plusieurs années pour une même classe qui serait très intéressant à mettre en œuvre pour essayer de tirer des conclusions exploitables.

BIBLIOGRAPHIE

[BACHELARD] : Gaston BACHELARD. *Gaston Bachelard, Les obstacles épistémologiques*. Extrait de : *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Vrin, 1999. Document produit en version numérique par M. Bernard Dantier, collection "Les classiques des sciences sociales" disponible sur internet :

http://classiques.ugac.ca/collection_methodologie/bachelard_gaston/obstacles_epistemologiques/obstacles_epistemologiques.pdf (Consulté le 9 juin 2011)

[BERNARD] : Claude BERNARD. *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. 1865. Document produit en version numérique par Jean-Marie Tremblay, collection "Les classiques des sciences sociales" disponible sur internet :

http://classiques.ugac.ca/classiques/bernard_claude/intro_etude_medecine_exp/intro_medecine_exper.pdf (Consulté le 9 juin 2011)

Guy BROUSSEAU.

[BROUSSEAU 1997] : *La théorie des situations didactiques*. Cours donné lors de l'attribution du titre de Docteur Honoris Causa de l'Université de Montréal, 1997.

Disponible sur internet :

<http://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2011/06/MONTREAL-archives-GB1.pdf> (Consulté le 4 juin 2011)

[BROUSSEAU 1998] : *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques*, 1998.

Disponible sur internet :

http://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2010/09/Glossaire_V5.pdf (Consulté le 4 juin 2011)

[BROUSSEAU 2004] : *Théorie des situations didactiques (Didactique des mathématiques 1970-1990)*. Textes rassemblés et préparés par Nicolas Balacheff, Martin Cooper, Rosamund Sutherland, Virginia Warfield. Grenoble : La Pensée sauvage, 2004 (deuxième édition).

[CALMETTE] : Bernard CALMETTES. *Démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences et pragmatisme*. Acte des journées scientifiques DIES 2010, 24-25 novembre 2010, Lyon©IRP2010.

Disponible sur internet : www.inrp.fr/editions/dies (Consulté le 4 juin 2011)

[CARIOU] : Jean Yves CARIOU. *La formation de l'esprit scientifique- trois axes théoriques, un outil pratique : DiPHTeRIC*. IUFM de Paris

Disponible sur internet : http://www.lides.unige.ch/reds/partenaire/doc_37.pdf (Consulté le 4 juin 2011)

[CAUSSIDIER] : Claude CAUSSIDIER. *La démarche scientifique dans les différentes disciplines*. Université Montpellier 2, IREM, avril 2007. Disponible sur internet : <http://www.irem.univ-montp2.fr/Synthese-sur-la-demarche> (Consulté le 10 juin 2011)

[CHEVALLARD] : Yves CHEVALLARD, Yves MATHERON. *TPE : un cadre d'analyse didactique pour un changement majeur dans l'enseignement au lycée*. Communication aux Journées de la commission inter-IREM Didactique (Dijon, 24-25 mai 2002). Paru dans les actes correspondants, IREM, Dijon, p. 141-150.

Disponible sur internet :

http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=50 (Consulté le 10 juin 2011)

[DAHAN] : Amy DAHAN-DALMEDICO, Jeanne PEIFFER. *Une histoire des mathématiques, Routes et Dédales*. Paris : Seuil, mars 1986, 309 pages.

[DESCARTES] : René DESCARTES. *Discours de la méthode, pour bien construire sa raison et chercher la vérité dans les sciences*, 1637. Document produit en version numérique par Jean-Marie Tremblay, collection "Les classiques des sciences sociales"

Disponible sur internet : <http://dx.doi.org/doi:10.1522/cla.der.dis> (Consulté le 4 juin 2011)

[DJEJBAR] : Ahmed DJEJBAR. *Une histoire de la science arabe, Entretiens avec Jean ROSMORDUC*. Paris : Seuil, mai 2001, 384 pages.

[DUBOIS] : Laurent DUBOIS et Pierre-Charles DAGAU. *Les modèles de l'apprentissage et les mathématiques*. Université de Genève, novembre 2010.

Disponible sur internet : <http://tecfa.unige.ch/~laurent/didact/theories.htm>

(Consulté le 10 juin 2011)

Hélène HAGEGE.

[HAGEGE 02-2007] : *La démarche scientifique : invariants et spécificités disciplinaires – une approche épistémologique*. Université Montpellier 2, IREM, février 2007. Disponible sur internet : http://www.irem.univmontp2.fr/IMG/pdf/La_demarche_scientifique.pdf

(Consulté le 15 mars 2011)

[HAGEGE 04-2007] : *La démarche scientifique en biologie*. Université Montpellier 2, IREM, avril 2007. Disponible sur internet :

http://www.irem.univ-montp2.fr/IMG/pdf/demarche_sci_en_biologie.pdf (Consulté le 4 juin 2011)

[HAUSBERGER] : Thomas HAUSBERGER. *La « démarche scientifique » en mathématique*. Université Montpellier 2, IREM, avril 2007. Disponible sur internet :

<http://www.irem.univ-montp2.fr/Les-demarches-scientifiques> (Consulté le 4 juin 2011)

[HENN] : François HENN. *Méthodes Scientifiques en Chimie*. Université Montpellier 2, IREM, avril 2007. Disponible sur internet :

<http://www.irem.univ-montp2.fr/Les-demarches-scientifiques> (Consulté le 4 juin 2011)

[MEIRIEU] : Philippe MEIRIEU. *Le transfert de connaissances : éléments pour un travail en formation*. Disponible sur internet :

<http://www.meirieu.com/OUTILSDEFORMATION/transferttexte.pdf> (Consulté le 10 juin 2011)

[NOGUES] : Maryse NOGUES et l'Equipe Enseignement Scientifique IREM de Montpellier. *L'option sciences : un atout pour le dialogue entre les disciplines*. REPERES- IREM, n°65, octobre 2006.

Disponible sur internet : http://www.irem.univ-montp2.fr/IMG/pdf/65_article_451.pdf (Consulté le 4 juin 2011)

[PELOUS] : Jacques PELOUS avec l'aide de Ferial TERKI. *Point de vue de physicien sur la démarche scientifique*. Université Montpellier 2, IREM, avril 2007. Disponible sur internet :

<http://www.irem.univ-montp2.fr/Les-demarches-scientifiques> (Consulté le 4 juin 2011)

Philippe PERRENOUD.

[PERRENOUD 1995] : *Des savoirs aux compétences : de quoi parle-t-on en parlant de compétences*. Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, Université de Genève, 1995. Disponible sur internet :

http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1995/1995_08.html (Consulté le 10 juin 2011)

[PERRENOUD 1999] : *Apprendre à l'école à travers des projets : pourquoi ? comment ?*. Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, Université de Genève, 1999.

Disponible sur internet :

http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1999/1999_17.html (Consulté le 10 juin 2011)

[ROSMORDUC] : Jean ROSMORDUC. *Une histoire de la physique et de la chimie, De Thalès à Einstein*. Paris : Seuil, novembre 1985. 254 pages.

Sites consultés :

[IUFM CRETEIL] : Site de l'IUFM de Créteil : Sciences / Technologie

La démarche d'investigation en sciences, DÉMARCHE SCIENTIFIQUE, mardi 10 janvier 2006

<http://stsp.creteil.iufm.fr/article112.html> (Consulté le 4 juin 2011)

[AC NANTES] : Site de l'académie de Nantes : Sciences Physiques et Chimiques

La démarche d'investigation

http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/45944718/0/fiche_pagelibre (Consulté le 4 juin 2011)

[AC NANCY METZ] : Site de l'académie de Nancy-Metz : Mathématiques et Sciences en Lycée professionnel

Les démarches d'investigation

<http://www3.ac-nancy-metz.fr/Enseignement/maths-sciences-lp/investigation.php>

(Consulté le 4 juin 2011)

[BUFFON] : Dossier pédagogique concernant l'exposition Le voyage de Monsieur de Lapérouse.

Disponible sur internet :

www.cg974.fr/culture/.../183-Le-voyage-de-Monsieur-de-Lapérouse.html (Consulté le 4 juin 2011)

[IREM Toulouse] : Site de l'IREM de Toulouse : Comment apprend-on ?

http://www.irem.ups-tlse.fr/spip/IMG/pdf_Comment_apprend-on_.pdf (Consulté le 4 juin 2011)

[WIKIPEDIA] :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Science> (Consulté le 9 avril 2011)

Site EduSCOL : (consulté le 4 juin 2011)

[EduSCOL 1] : Programme d'enseignement de mathématiques de la classe de seconde générale et technologique : arrêté du 23 juin 2009 - BO n°30 du 23 juillet 2009

http://media.education.gouv.fr/file/30/52/3/programme_mathematiques_seconde_65523.pdf

[EduSCOL 2] : Programme d'enseignement de physique Chimie de la classe de seconde générale et technologique : arrêté du 8 avril 2008 - BO spécial n°4 du 29 avril 2010

http://media.education.gouv.fr/file/special_4/72/9/physique_chimie_143729.pdf

[EduSCOL 3] : Programme d'enseignement de sciences de la vie et de la terre de la classe de seconde générale et technologique : arrêté du 8 avril 2008 - BO spécial n°4 du 29 avril 2010

http://media.education.gouv.fr/file/special_4/73/1/sciences_vie_Terre_143731.pdf

[EduSCOL 4] : Programme d'enseignement de méthodes et pratiques scientifiques en classe de seconde générale et technologique : Bulletin Officiel n°4 du 29 avril 2010

http://media.education.gouv.fr/file/special_4/74/9/methodes_pratiques_scientifiques_143749.pdf

[EduSCOL 5] : Ressources pour la classe de seconde générale et technologique, Méthodes et pratiques scientifiques, (mises à jour le 25 août 2010)

<http://eduscol.education.fr/cid52256/ressources-methodes-pratiques-scientifiques.html>

[EduSCOL 6] : Travaux personnels encadrés (TPE) : textes de références

<http://eduscol.education.fr/cid46455/textes-de-reference.html>

[EduSCOL 7] : Travaux personnels encadrés (TPE) : bref historique

<http://eduscol.education.fr/pid23170-cid46519/historique-des-tpe.html>

[EduSCOL 8] : Programmes du collège : Bulletin Officiel spécial n°6 du 28 août 2008

http://media.education.gouv.fr/file/special_6/52/7/Programme_physique-chimie_33527.pdf

ANNEXE : SONDAGE SUR L'ENSEIGNEMENT D'EXPLORATION MPS

Pour chaque question, plusieurs réponses sont proposées. Si vous répondez « autre » à certaines de ces questions, merci d'expliquer rapidement de quoi il s'agit.

Quelle orientation envisagiez-vous quand vous vous êtes inscrit en seconde ?

- S
- ES
- L
- STG
- Autres :

Quelle orientation allez-vous demander sur la fiche navette du troisième trimestre ?

- S
- ES
- L
- STG
- Autres : (réorientation, redoublement)

Pourquoi avez-vous choisi l'enseignement d'exploration MPS ?

- Par intérêt pour les sciences
- Sur les conseils des profs de 3^{ème} ou de la conseillère d'orientation
- C'était le choix de mes parents
- Au hasard
- Autre :

Regrettez-vous votre choix ?

- Oui
- Non

Conseilleriez-vous l'enseignement d'exploration MPS à un élève de troisième qui va passer en seconde ?

- Oui
- Non
- Je ne sais pas

Avez-vous l'impression de vous être investi(e) dans les différentes activités

- A fond
- Correctement
- Un minimum
- De façon irrégulière
- Pas du tout
- Autre :

Comment décririez- vous l'enseignement d'exploration MPS en cochant trois ou quatre adjectifs parmi les suivants ou en en choisissant d'autres :

- Intéressant
- Motivant
- Amusant

- Ennuyeux
- Nul
- Abstrait
- Concret
- Expérimental
- Théorique
- Difficile
- Simple
- Sans intérêt
- Autres :

Quel thème avez-vous préféré ?

- Le premier : Investigations policières
- Le second : Cristallographie
- Les deux
- Aucun des deux

Avez-vous préféré travailler ?

- En expert comme sur le premier thème
- En travaillant les trois matières comme pour le second thème
- Les deux m'ont plus
- Aucun des deux

Diriez-vous que l'enseignement d'exploration MPS vous a aidé à mieux comprendre : (vous pouvez cocher plusieurs réponses) :

- le cours de Maths
- le cours de Physique-Chimie
- le cours de SVT
- Autre :
- Aucun

En informatique, diriez-vous que l'enseignement d'exploration MPS vous a aidé à mieux maîtriser : (vous pouvez cocher plusieurs réponses) :

- Le tableur (EXCEL)
- Les logiciels de géométrie dynamique (geogebra, carmetal,...)
- Les logiciels de présentation de diaporama (type power point)
- Les logiciels de traitement de texte (type word)
- La recherche documentaire sur le net
- Autre :
- Aucun

Diriez vous que l'enseignement d'exploration MPS vous a aidé (vous pouvez cocher plusieurs réponses) :

- A travailler de façon plus autonome

- A travailler en équipe
- A prendre des initiatives dans le cadre d'un travail
- A communiquer à l'écrit et à l'oral
- Autre :
- Aucun

Quel type d'activité avez-vous préféré ? (vous pouvez cocher plusieurs réponses) :

- Les TP en laboratoire
- Les TP sur informatique
- Les cours en classe entière
- Les recherches documentaires
- La préparation des exposés pour les séances bilan
- La préparation des expositions pour le CDI
- La sortie au Musée du sel
- Aucune
- Autre :

Concernant la science, vous diriez que :

- Les trois sciences : Maths, Physique-Chimie et SVT n'ont aucun rapport
- Les trois sciences : Maths, Physique-Chimie et SVT ont des points communs mais qu'on ne s'en rend pas toujours compte en cours
- Les trois sciences : Maths, Physique-Chimie et SVT sont en interactions permanentes

L'enseignement d'exploration MPS se donne les trois objectifs suivants (parmi d'autres). Pour chacun d'eux, dire si vous pensez qu'ils ont été atteints ou pas.

- Découvrir différents domaines des mathématiques, des sciences physiques, des sciences de la vie et de la terre.
 - Atteint
 - En partie atteint
 - Pas du tout atteint
 - Ne sait pas
- Montrer comment ces disciplines répondent aux questions scientifiques que se posent les hommes depuis l'antiquité jusqu'à aujourd'hui.
 - Atteint
 - En partie atteint
 - Pas du tout atteint
 - Ne sait pas
- Découvrir des métiers et des formations dans le champ des sciences (PDMF).
 - Atteint
 - En partie atteint
 - Pas du tout atteint
 - Ne sait pas

Merci d'avoir répondu à ce questionnaire.