
L'OPTION SCIENCES : UN ATOUT POUR LE DIALOGUE ENTRE LES DISCIPLINES

Maryse NOGUES
et l'Equipe Enseignement Scientifique
Irem de Montpellier

Résumé : Dans le cadre des options sciences des classes de seconde de l'Académie de Montpellier, instaurées de façon expérimentale à la rentrée 2004, se développe un travail interdisciplinaire entre les mathématiques, la physique et les sciences de la vie et de la terre. Une équipe Enseignement Scientifique a été constituée à l'Irem de Montpellier, comprenant des enseignants du lycée de Bagnols sur Cèze et des universitaires. Un des objectifs de cette équipe était d'observer et de collaborer à la mise en application de l'option sciences dans ce lycée. C'est à travers l'étude d'un des cycles proposés par les enseignants du lycée de Bagnols que nous essayerons d'observer des éléments qui permettent le dialogue entre disciplines sur un concept particulier. Ce travail scientifique interdisciplinaire est basé sur trois éléments fondamentaux qui sont : la curiosité, la démarche scientifique et l'expérimentation.

I. — Objectifs et fonctionnement de l'option sciences de Bagnols sur Cèze

I.1. Historique

A la suite du rapport d'étape de la Commission de Réflexion sur l'Enseignement des Mathématiques (CREM) présidée par Jean-Pierre Kahane, l'Inspection Générale de Mathématiques propose en 2002-2003 à quelques établissements de monter des laboratoires de Mathématiques, sur projet. Les enseignants d'un de ces laboratoires (dont Jean-Pierre Richeton ancien président de l'APMEP) ont aussitôt sollicité l'Inspection Générale afin d'obtenir son appui pour la création d'options sciences en seconde.

Après négociations, l'Académie de Montpellier a créé à titre expérimental, pour la ren-

trée 2004, l'option sciences dans neuf établissements. C'est une option de détermination de seconde d'un volume horaire hebdomadaire de trois heures au même titre que les options SES, MPI et autres).

L'objectif principal énoncé par le Rectorat est de donner aux élèves le goût des sciences de manière pluridisciplinaire. L'appel d'offre met l'accent sur la lutte contre la désaffection des filières scientifiques. Ces options doivent donc former à la démarche scientifique en cherchant à développer des qualités telles que l'organisation, l'autonomie, l'initiative et l'imagination tout en présentant les sciences de façon intéressante et motivante. A la rentrée 2005, une trentaine de classes de seconde ont permis aux élèves de l'Académie de suivre cette option expérimentale.

I.2. L'option sciences du Lycée Gérard Philipe de Bagnols sur Cèze

Une équipe d'enseignants de mathématique, de physique et de sciences de la vie et de la terre s'est formée dans cet établissement pour proposer un projet répondant à l'appel d'offre du rectorat. Les constats à l'origine du projet de cette équipe étaient qu'ils observaient dans leur pratique une orientation mal motivée vers les filières scientifiques — le goût pour les sciences, la recherche, le plaisir de comprendre restant des motivations très marginales —, un cloisonnement des enseignements scientifiques et un manque d'autonomie des élèves.

Ce projet s'inscrivait aussi dans la démarche de lutte contre la désaffection des filières scientifiques en recrutant pour cette option des élèves qui a priori n'auraient pas choisi un parcours scientifique (option MPI par exemple) et en essayant de susciter chez eux le goût pour les sciences. Les objectifs principaux de cette équipe étaient :

- travailler sur le concept plutôt que sur le thème ;
- répondre à un certain nombre de questions généralement occultées dans l'enseignement scientifique, telles que :
 - comment savons-nous qu'une chose est vraie ?
 - comment se sont construites les idées scientifiques ?
 - quelle est ma représentation « a priori » de la réalité et comment la science la modifie-t-elle ?
- établir un dialogue entre les disciplines ;
- introduire les règles du débat scientifique ;
- favoriser le travail en autonomie, le travail en groupe, les activités de recherche sur des supports divers.

Le projet s'est articulé autour d'une méthode de travail organisée en cycles. Chaque cycle est choisi en fonction de son intérêt interdisciplinaire ; pour être éligible, le sujet doit être déclinable dans les trois disciplines. Pour chaque cycle, un travail initial de préparation des enseignants est suivi de la réalisation concrète dans les classes et permet une production.

- Point de départ : une proposition de travaux pratiques, d'activité, de module ..., dont le scénario est rédigé par l'un des trois professeurs (à chaque cycle de travail le scénario de départ est dans la problématique d'une des trois matières, une différente à chaque fois). Les deux autres professeurs préparent ensuite un prolongement, une contradiction, une application, une généralisation (tout ou presque est possible) sur le concept choisi par le premier enseignant mais avec la méthodologie de sa matière (première instauration du dialogue entre les disciplines).
- Déroulement : les élèves travaillent par groupe de 3 à 6. Dès le début de l'activité, lors de sa présentation chaque groupe produit un *commentaire a priori* qu'il présente aux autres groupes. Les activités proposées par les enseignants sont ensuite réalisées, pendant des séquences disciplinaires (trois séquences en général par discipline).
- Production finale : la dernière période du cycle est consacrée à la production d'un mémoire composé des commentaires a priori et à posteriori (découvertes retenues) des groupes. Ce mémoire comporte ainsi l'ensemble des résultats validés à l'issue d'un débat par la « communauté scientifique ». Le terme de communauté scientifique est ici entendu au sens de Marc Legrand¹ : elle est composée de l'ensemble des élèves et des enseignants de l'option sciences.

¹ Marc Legrand « Débat scientifique en cours de maths » in repères IREM N° 10.

Un cycle de ce type dure à peu près trois semaines (9 heures élèves) d'où une dizaine de cycles sur l'année, 3 à 4 cycles étant initiés par chaque professeur. A certains moments du cycle, les élèves doivent se trouver en présence d'au moins deux professeurs pour que le concept reçoive différents éclairages et que le débat soit provoqué.

Ce projet a pu aboutir grâce à la collaboration et la motivation d'une équipe d'enseignants déjà impliqués dans un travail interdisciplinaire mené dans le cadre des TPE (travaux personnels encadrés) notamment.

1.3. *L'équipe Enseignement Scientifique de l'Irem de Montpellier*

Une équipe pluridisciplinaire (mathématiques, physique, chimie, biologie) comprenant des enseignants du secondaire et de l'Université Montpellier II s'est constituée en septembre 2004 à l'Irem de Montpellier. Cette équipe a aussi associé l'équipe des enseignants de Bagnols sur Cèze. Les objectifs de cette équipe étaient :

- analyser l'expérience ;
- produire des ressources ;
- permettre des échanges entre différentes options sciences de l'Académie (9 en 2004-2005, 25 en 2005-2006) ;
- permettre des interventions d'universitaires auprès de lycéens ;
- évaluer l'impact des options sciences sur les élèves.

Des réunions de trois heures une fois par mois à l'Irem de Montpellier et l'utilisation d'une plate-forme de travail ont permis les échanges entre les différents membres de cette équipe interdisciplinaire. L'ensemble du travail de l'année 2004-2005 a été mis en ligne sur le site de l'Irem, de l'APMEP, du Rectorat.

1.4 *Le travail de l'année 2004-2005*

L'équipe d'enseignants du lycée de Bagnols a essayé d'atteindre ses objectifs à travers six cycles différents.

Cycle 1. La démarche scientifique (proposition conjointe des trois enseignants).

Il s'agissait de mettre en évidence, pour la mise en pratique d'une démarche scientifique, à la fois les différentes méthodologies des trois matières (observation, abstraction, démonstration, expérimentation, hypothèses, interprétations...) et la convergence des objectifs poursuivis (produire des résultats, généraliser, prévoir) ainsi que la cohérence se dégageant de l'ensemble. A l'issue de ce cycle les élèves ont ainsi pu confronter la démarche scientifique dans les trois matières, ce qu'ils ont résumé de la façon suivante sous la forme indiquée page suivante.

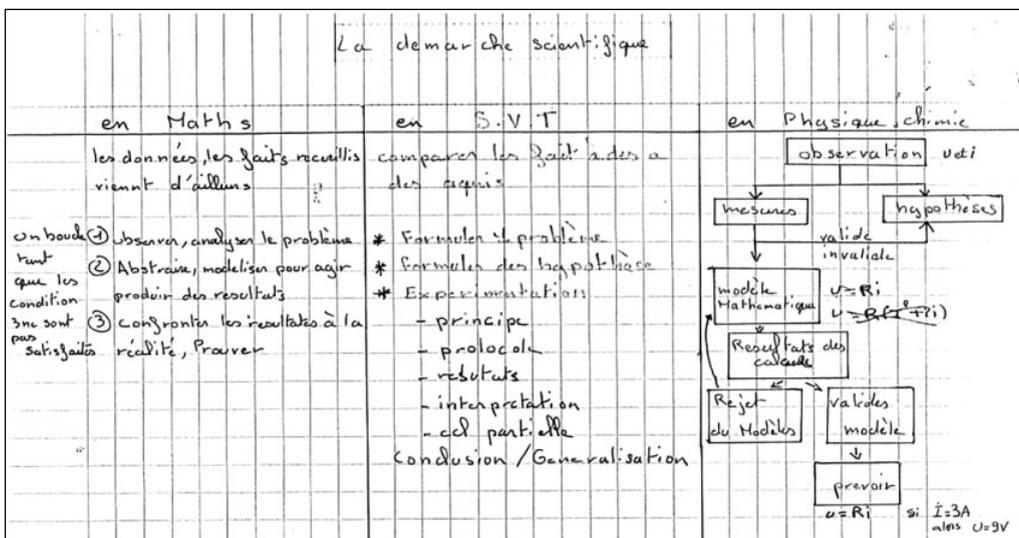
Cycle 2. Infiniment grand (proposition de l'enseignant de science de la vie et de terre).

Un travail en équipe des élèves (construction d'une maquette du système solaire dans la cour du lycée) a permis la présentation de la maquette à d'autres élèves et d'assumer collectivement le résultat obtenu. Ce travail avait aussi pour but de donner de la cohésion au groupe et de bien insister sur le fait que la science est un travail collectif.

Cycle 3. Infiniment petit (proposition de l'enseignant de physique).

Les élèves ont découvert une expérience fondatrice dans l'histoire des sciences, l'expérience de Franklin. Ils ont pu observer que l'émergence d'un nouveau concept n'est pas forcément liée à la création de tech-

L'OPTION SCIENCES...



nologies nouvelles, mais qu'elle peut dépendre de la construction intellectuelle d'un nouveau cadre pour interpréter le phénomène observé.

Cycle 4. Evolution de phénomènes en fonction du temps (proposition des enseignants-chercheurs de l'Université).

Il s'agissait d'étudier le passage du statique au dynamique (tout est en mouvement) et aussi de prendre conscience que tout n'est pas linéaire (*en fonction de ne signifie pas nécessairement proportionnel à*).

Cycle 5. Négligeable ou pas ? (proposition de l'enseignant de mathématique).

Ce cycle permettait d'étudier comment les trois matières interprètent le sens du mot *négligeable* :

- en physique : la sensibilité des instruments amène à s'interroger sur ce qui est mesurable ;
- en sciences de la vie et de la terre : les pos-

sibilités de nos sens nous limitent à ce qui est sensible, et aussi à la façon dont notre cerveau interprète les données recueillies par nos sens ;

— en mathématique : les théories proposent des formules, mais tout est-il calculable ? Quelle importance attribuer aux facteurs d'échelle ?

Cycle 6. Promenade scientifique (proposition conjointe des trois enseignants).

Pour finir agréablement l'année, une promenade dans la ville de Bagnols a été organisée afin de mettre en œuvre les nouvelles attitudes développées pendant les cycles précédents. Ce qui est scientifique dans cette promenade c'est l'attention portée au monde qui nous entoure et les informations qui sont relevées et peuvent être ensuite retransmises :

- la flore (un herbier) ;
- le terrain (nature et ensoleillement) ;
- la situation (repérage et cartographie).

II. — L'interdisciplinarité au cœur de l'option sciences

L'objectif de l'option sciences n'est pas d'apporter de nouvelles connaissances propres à chacune des disciplines : ceci est l'objet des cours spécifiques de mathématiques, physique et sciences de la vie et de la terre. Cet enseignement doit au contraire aborder des thèmes plus généraux, communs aux différentes disciplines, il doit en particulier permettre aux élèves :

— de développer un esprit scientifique fait de *curiosité* et *d'analyse critique*. La curiosité est en effet un des moteurs fondamentaux de la science et l'esprit critique en est le garant ;

— de savoir mettre en place une véritable *démarche scientifique basée sur le questionnement et la réflexion*. Pour exercer une science il faut en effet être capable de mettre en oeuvre plusieurs angles d'approche de manière à pouvoir aborder tout type de questions aussi difficiles soient-elles ;

— d'acquérir *des méthodes et des pratiques scientifiques, tant sur le plan expérimental que théorique*. Les méthodes et les pratiques scientifiques sont en effet communes aux différentes sciences dites dures, mais également aux sciences sociales (sociologie, économie, géographie, etc.).

Cet enseignement devrait mettre en valeur le fait que *le raisonnement scientifique est une caractéristique commune aux différentes matières enseignées* (sciences de la vie et de la terre, mathématique ou physique). Même si elles diffèrent et possèdent des spécificités propres, les disciplines scientifiques communiquent et se retrouvent autour d'objectifs et de méthodes communs. Notons par ailleurs que l'apprentissage de la science, le développement de l'esprit critique, l'autonomie ne peuvent se

faire sur un « terrain » vide d'outils mathématiques. Sans maîtrise de cet outil, les autres aspects perdraient du sens.

Ainsi, les sujets d'étude transversaux peuvent être très diversifiés dans la mesure où ils constituent avant tout un support de travail. L'objectif est que, au-delà du thème, l'élève retienne avant tout un savoir-faire. Cela devrait l'aider à mieux appréhender les enseignements disciplinaires classiques et lui donner un atout dans la poursuite de ses études scientifiques.

II.1. L'état d'esprit dans lequel on souhaite mettre l'élève : curiosité et esprit critique

Un thème d'étude doit d'abord stimuler la curiosité des élèves. La curiosité est en effet un facteur important, voire fondamental, dans la recherche scientifique. C'est elle qui pousse le physicien à construire d'énormes accélérateurs de particules (le boson de Higgs existe-t-il vraiment ?), le biologiste à explorer la forêt tropicale (qu'y a-t-il là dedans ?), et le mathématicien à découvrir de nouveaux théorèmes (cette propriété est-elle vraie tout le temps ?).

L'enseignement de l'option permet l'éveil de la curiosité des élèves à travers l'étude de sujets transversaux, dans laquelle ils jouent un rôle plus actif que lors des enseignements classiques. Cette curiosité accrue (car cultivée) devrait leur donner un atout important dans la suite de leurs études, et renforcer leur motivation. L'esprit critique fait partie de la panoplie de tout scientifique, qui doit pouvoir l'exercer y compris sur son propre savoir. L'enseignement devrait donc comporter un apprentissage à l'analyse des résultats obtenus dans l'expérimentation, des méthodes employées, voire du sujet traité. La capacité de juger en permanence de la pertinence des actions qui

sont menées est développée, dans l'objectif d'apprendre aux élèves à mieux progresser dans la difficulté. Cette connaissance de la manière de traiter les problèmes, qui n'est pas (ou peu) possible dans les cours traditionnels - on y dispense des enseignements fondamentaux - est l'un des piliers de cet enseignement à caractère plus méthodologique.

Pour résumer, l'éveil de la curiosité, le questionnement et la réflexion sont des éléments primordiaux pour aiguïser l'esprit critique de l'élève dans les différentes disciplines.

II.2. La démarche scientifique

Un moment important de la recherche scientifique est celui de la construction des problématiques. On cherche à poser du mieux possible le problème que l'on va étudier, à savoir le plus clairement possible pourquoi on va mettre en œuvre tout un attirail de méthodes et d'outils expérimentaux, pourquoi on va passer tant de temps à la paillasse, devant une feuille blanche, ou devant un écran d'ordinateur.

Cette construction de la problématique s'accompagne ainsi d'un certain nombre d'interrogations : quel est le contexte ? quels sont les outils à ma disposition ? comment vais-je m'y prendre ? combien de temps cela va-t-il me prendre ? Le scientifique va donc mettre en œuvre différentes pratiques ou méthodes en fonction de cette analyse, qui devraient lui permettre de répondre à la question posée.

Notons cependant que, même si le résultat d'un travail scientifique permet parfois de répondre clairement à des questions elles mêmes parfaitement énoncées, il arrive également souvent que le problème s'éclaircisse au cours de l'étude et qu'il n'apparaisse bien posé

que lorsqu'on l'a finalement résolu. Par ailleurs, si des résultats viennent contredire une intuition, une attente ou une théorie, il n'y a pas échec : une réponse négative à une question posée n'est pas plus mauvaise qu'une réponse positive, l'essentiel est qu'il y ait réponse.

Dans cet enseignement, l'interdisciplinarité va permettre la mise en œuvre de plusieurs problématiques croisées autour d'un même objet central. En mettant l'objet d'étude en commun dans les différentes disciplines, on crée une mobilisation autour d'un objet. La transversalité de l'approche et le croisement disciplinaire sont les clés de la réussite de cette option. Ainsi l'étude de l'œil ne concerne pas que la biologie, car l'optique géométrique, de même que les mathématiques liées à la représentation des couleurs, nous font comprendre la vision de différentes manières.

Finalement chaque objet apparaît dans sa complexité — à peine ébauchée en réalité. Cela met en relief le fait que chaque science est une construction de l'esprit et que ne voir dans l'œil que le nerf optique, c'est un artificialisation de l'objet, une réduction. Pour un même objet d'étude, l'approche multi-disciplinaire permet de poser plusieurs questions et de proposer différents outils (mathématiques, techniques physiques, procédé biologiste), tout en gardant un unique objectif (comprendre l'œil, le pont du Gard). L'élève comprendra ainsi que même si le questionnement est dépendant de la matière, la démarche scientifique est la même. On lève ici le cloisonnement artificiel entre discipline. L'élève comprendra plus facilement que certains outils (mathématiques) peuvent être communs aux trois disciplines et comment la rigueur du développement mathématique peut être modulée (approximation) dans les sciences appliquées. On se doit d'aiguïser son

sens critique vis-à-vis d'un résultat obtenu. Il pourra de lui-même faire des allers-retours entre discipline selon le problème posé.

Enfin, et c'est l'objet du prochain paragraphe, l'élève sera confronté au fait que même si les questions et les outils changent d'une discipline à l'autre, les méthodes restent les mêmes pour toutes les sciences.

II.3. *De la méthodologie : expérience et théorie*

Outre les pratiques propres à chaque matière (*démonstrations en mathématique, expériences en physique, enquêtes dans les sciences humaines, cultures en grand nombre pour la biologie, etc...*), un certain nombre de pratiques scientifiques sont communes à l'ensemble des disciplines. Elles sont en premier lieu la rigueur (dans la problématique, l'expérimentation, la discussion) ; l'honnêteté vis-à-vis des résultats expérimentaux ; la pertinence des résultats en les reclassant dans un débat général et actuel.

Les méthodes de travail utilisées pour répondre aux problématiques posées (quel que soit le contexte) sont elles aussi communes aux différentes disciplines. On peut les séparer en deux grands groupes : des méthodes théoriques — ou conceptuelles — d'un côté, et de l'autre, des méthodes expérimentales — ou empiriques. Les sciences jouent de cette dialectique : d'une part, le scientifique cherchera à avancer des théories sur des bases expérimentales, et d'autre part il réalisera des expériences pour confirmer ou infirmer des hypothèses théoriques. La conceptualisation des phénomènes et le besoin de théorisation sont des caractéristiques majeures de l'appareil scientifique. En réalité, le scientifique aime posséder des modèles qui expliquent ce qu'il voit. C'est

ainsi qu'une caractéristique de l'approche scientifique suppose un mouvement d'aller-retour, du modèle à l'expérience, de l'abstrait au concret, du général au singulier.

Dans la mesure où les méthodes théoriques conceptuelles sont propres aux différentes disciplines, nous n'évoquerons ici que les méthodes expérimentales. L'élève verra ainsi qu'un problème donné vu par différentes disciplines peut être résolu grâce à une démarche scientifique commune qui repose sur des méthodes identiques entre disciplines même si les outils nécessaires peuvent être différents.

Expérimentation et analyse des résultats : une méthodologie transversale !

— La collecte des données expérimentales requiert une définition claire des protocoles et beaucoup de rigueur dans leur application. L'expérimentation commence donc par l'écriture des protocoles et la présentation des différents paramètres. Ces principes s'appliquent en biologie lors de la manipulation des cellules, en physique pour la mesure d'une grandeur physique en fonction d'un paramètre, en mathématiques appliquées, mais aussi en sciences humaines au travers d'enquêtes à caractère sociologique ou économique. La technicité employée dans la fabrication de questionnaires ou bien dans la mise œuvre d'expériences, sera le résultat d'un savoir faire.

— Le traitement des données obéit aux techniques mathématiques de représentation de fonctions ou bien aux règles statistiques s'appliquant aux grands ensembles. Dans tous les cas la rigueur et la rationalité sont les bases des discussions concernant les résultats bruts, indépendamment du contexte scientifique. Ensuite le placement des résultats dans le

contexte scientifique général, sera encore une fois le résultat d'un savoir faire acquis par l'expérience professionnelle, et souvent caractéristique de la pensée de chacun.

— La discussion scientifique requiert une bonne connaissance du contexte. C'est à ce niveau que l'acquisition des connaissances propres à chaque discipline prend une importance majeure. Il faudra donc effectuer un retour sur la discipline, qui se fera naturellement dans la mesure où il n'y a pas un « prof » d'option sciences, mais des professeurs de mathématique, physique, sciences de la vie et de la terre.

III.— UN EXEMPLE

Un des cycles d'étude du lycée de Bagnols sur Cèze en 2004-2005 est intitulé « Négligeable ou pas ? » Cette notion, abstraite a priori, relève d'une approche qui dépasse le cadre strict des disciplines. En effet, toute discipline se trouve confrontée au problème du négligeable à travers la question « est-il raisonnable de négliger certaines grandeurs et jusqu'à quel point ? », qui se transforme parfois en « peut-on faire autrement que de négliger certaines grandeurs ? ». Le débat entre les trois disciplines, ou plutôt entre les enseignants qui les représentaient, conduisit ainsi à proposer aux élèves trois problématiques :

- ce qui est calculable ;
- ce qui est négligeable ;
- ce qui est sensible.

Les enseignants de mathématique, physique et science de la vie et de la terre ont ensuite chacun interrogé ce concept et ces problématiques avec les outils propres de leur discipline. Ils ont ensuite proposé des activités particulières en essayant de montrer comment cette notion — le négligeable — prend

du sens à travers les possibilités et les limites des outils utilisés par chaque discipline : moyens de calculs, théories, instruments, sens.

Pour chacune des trois matières, les activités commencent par une *situation déclenchante* qui doit faire naître la curiosité. Le travail s'effectue en binôme ou trinôme, ce qui permet de développer l'initiative et l'autonomie des élèves et de leur donner le goût de chercher et de comprendre. Les résultats obtenus sont ensuite confrontés lors d'un débat qui amène des conclusions (éventuellement partielles). Sans présenter l'ensemble des textes élèves², nous essayerons de montrer pour chaque discipline les caractéristiques des travaux proposés.

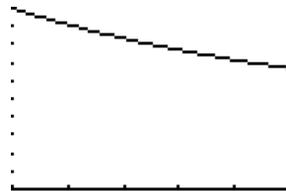
III. 1. *Partie mathématique*

L'activité a été construite en trois parties, chacune de ces parties a fait l'objet d'une séance d'une heure trente.

Première partie : la fonction inverse vue de près (situation déclenchante).

On s'intéresse à la sensibilité liée aux moyens de calculs ou de représentation.

Les élèves doivent obtenir avec leur calculatrice des représentations de la fonction inverse sur des fenêtres du type $[10^n ; 1,5 \times 10^n]$ $[0 ; 1 \times 10^{-n}]$ en faisant varier n dans $\{0,1,2,4,8,16\}$. Le résultat est que tous les écrans sont identiques :



² En ligne sur <http://www.irem.univ-montp2.fr/options-sciences/opscbagnolsnop.html>

Ce phénomène a suscité nombre d'interrogations. Passés les premiers moments d'étonnement et les exclamations des groupes quand ils ont découvert les six écrans identiques malgré les énormes différences d'ordre de grandeur, le *format* (au sens de la télé, 4/3, 16/9, le présentateur du journal télévisé avec la tête aplatie) a rapidement émergé des discussions. Les élèves ont ensuite été demandeurs d'une explication un peu détaillée sur le mode d'affichage de la calculatrice.

Leur conclusion a été qu'en mathématique seule comptait l'échelle qu'on s'était fixée et peu importait la réalité (ou le réalisme) de la représentation obtenue (les 3,5 cm de hauteur de l'écran représentant 1 dix millième d'unité et les 6 cm de sa largeur 10 000 unités). En mathématique, c'est nous qui décidons, ont-ils conclu !

Notons que l'écran de la calculatrice fonctionne sur des concepts définis par des règles mathématiques. L'outil de mesure est ainsi le fruit d'un concept mathématique. L'homme a inventé la calculatrice, elle obéit donc à ses lois. Nous en sommes donc théoriquement le maître, mais sa manipulation peut réserver bien des surprises.

Deuxième partie : la relativité à 100 ans ! Calculable ou négligeable ?

L'activité était construite avec deux objectifs :
— de rabattre un peu la prétention de la conclusion obtenue à la première partie par nos mathématiciens en herbe ;
— de faire une vulgarisation de la relativité restreinte à l'occasion de son centenaire et de l'année de la physique.

Pour composer deux vitesses v_1 et v_2 , on doit appliquer la formule $\frac{v_1 + v_2}{(1 + v_1 v_2 / c^2)}$ (rela-

tivité restreinte). Cette formule s'oppose à l'idée intuitive que les vitesses s'ajoutent. Les élèves doivent la mettre en œuvre avec l'exemple suivant.

Exemple : Je marche assez vite dans le sens de la marche dans le TGV. Le TGV roule à 360 km/h et je me dépêche à 9 km/h. Je me dis en regardant la voie ferrée que je suis en train de faire du $360 + 9 = 369$ km/h, ou encore en unité S.I, $100 + 2,5$ m/s. Mais la Relativité me dit que je fais une erreur... laquelle ?

Au cours de l'étude de ce premier exemple, les élèves ont découvert que pour la calculatrice $100 + 2,5$ et $\frac{100 + 2,5}{(1 + 100 \cdot 2,5 / c^2)}$ étaient exac-

tement égaux. L'erreur faite en négligeant la théorie était invisible ! Ils revinrent donc sur leur conclusion de la première partie et conclurent plus modestement que même en mathématique, la réalité pouvait nous contraindre à négliger sans être négligeant.

Pour les autres exemples de cette partie, les élèves ont pris successivement pour valeurs de v_1 et de v_2 : $v_1 = c$ et $v_2 = 9$ km/h, puis $v_1 = c$ et $v_2 = c/2$ et enfin $v_1 = 3c/4$ et $v_2 = c/3$.

Passé l'intérêt anecdotique et les questions historiques, cette activité fut un très bon exercice d'entraînement au calcul littéral, aux simplifications de fractions, aux changements d'unité, activités problématiques pour des secondes mais qui furent exécutées sans rechigner dans ce contexte. Au cours de cette partie, les élèves apprécièrent beaucoup la découverte de la formule d'addition des vitesses et ce simple artifice de calcul permettant que la « somme » des vitesses ne dépasse jamais le maximum autorisé (la vitesse c de la lumière) les a beaucoup impressionnés.

Troisième partie : approximations. *Egalité ou approximation ?*

Ce travail qui consiste à tester la phrase « $1/(1+a)$ est à peu près égal à $1-a$ » pour différentes valeurs de a et d'évaluer les erreurs commises, est beaucoup plus proche du travail habituel en module de maths : tableaux de valeurs et interprétations des graphiques obtenus. Le commentaire sur les erreurs et les valeurs approchées faisait bien le lien avec les parties physique et sciences de la vie et de la terre de ce cycle.

III. 2. Partie physique

La situation déclenchante. En sciences physiques, les élèves sont amenés assez tôt à négliger des valeurs de grandeurs physiques. Au collège par exemple, les rayons lumineux issus du soleil sont considérés en optique comme parallèles vus de la Terre ; au lycée, en seconde, la masse des électrons d'un atome est négligée devant celle du noyau. Par la suite certains élèves sont tentés de négliger tout ce qui tendrait à compliquer le raisonnement ou le calcul. D'autres, par contre, ne négligent rien dans leur calcul, restant dans une vision très mathématique, alors que cela n'apporte pas plus au niveau de la compréhension du phénomène physique. Il s'agissait donc de faire réfléchir les élèves, à la notion de grandeur négligeable à travers un petit questionnaire.

Les activités réalisées. A travers les trois exemples abordés, on montre par des expérimentations, des situations où le physicien est amené à négliger certains paramètres. Ces expérimentations ont été faites sous forme de trois ateliers. La séance de travaux pratiques de 1h30 fut suivie d'une séance de mise en commun des résultats et de discussions.

Première activité : peser une goutte d'eau et comparer sa masse à 200 g d'eau. *Limites d'un instrument de mesure.*

Pour cet atelier, les élèves disposaient de balance au gramme près assez peu réactives aux très faibles variations de masse. Ils devaient évaluer la masse d'une goutte d'eau puis peser une masse d'eau et cette même masse d'eau plus une goutte d'eau. La limite de la sensibilité de l'instrument de mesure (*ici la balance*) est ici mise en évidence pour justifier que l'on néglige la masse de la goutte d'eau.

Deuxième activité : courant dans une résistance électrique de forte valeur. *Calculable et mesurable ?*

Dans cet atelier, les élèves ont travaillé sur un circuit électrique comportant trois résistances en parallèle, dont une est de très forte valeur. En appliquant la loi d'Ohm, les élèves ont pu *calculer* les intensités des trois courants qui traversent les trois résistances. L'un des courant est si faible qu'il ne put être mesuré par l'instrument de mesure disponible au laboratoire (ampèremètre).

Lors de la discussion qui a clôturé cette séquence, on est revenu sur le fait que tout ce qui est *calculable* n'est pas *mesurable*. D'autre part, peut-on tenir compte de cette très faible intensité de courant si on sait qu'elle est de l'ordre de l'intensité de fuite dans l'air dans lequel est plongé le circuit ?

Troisième activité. *Vitesse du son et vitesse de la lumière dans l'air. Ordre de grandeur*

Dans cet atelier, les élèves devaient *mesurer* la durée que met le son pour parcourir la distance de quelques mètres séparant deux

microphones reliés à un oscilloscope. Ils devaient aussi *calculer* la durée que met la lumière pour parcourir la même distance connaissant la célérité de la lumière. Alors que la première durée peut être aisément évaluée grâce à des appareils communs en laboratoire, la deuxième est assez inaccessible avec ce même niveau de matériel. Les deux célérités ne sont pas en effet du même ordre.

La discussion a par la suite porté sur cette notion d'ordres de grandeurs qui est justement au programme de la classe. Plus généralement, un parallèle a été fait lors de cette discussion avec les mathématiques, où finalement d'après les élèves, on peut ne rien négliger si l'on veut. Un des buts de cette séquence était de montrer qu'il n'y pas de divergence à ce niveau entre la physique et les mathématiques.

III. 3. *Partie SVT*

Après avoir vu qu'en mathématique, on n'a de limites que celles que l'on se donne, qu'en physique, l'étude d'un phénomène était limitée par la sensibilité des appareils de mesure dont on dispose, nous avons essayé de montrer que notre perception du réel était bornée par la sensibilité de nos organes des sens. Nous avons choisi la vision comme exemple, mais la même étude aurait pu être menée pour les autres sens. La séance a été organisée sur 3 heures.

La situation déclenchante. La séance débute par la projection d'illusions d'optique pour montrer que ce que nous voyons n'est pas forcément la réalité. De cette observation a émergé un problème : comment expliquer que nous ne percevions pas la réalité telle qu'elle est ? Nous avons alors supposé que l'organe de la vision, l'œil, possédait des imperfections qui

limitaient notre perception du réel. Pour valider ou infirmer cette hypothèse il fallait comprendre comment fonctionne l'œil (étude anatomique) et se former les images (perception des couleurs, pouvoir séparateur), ce qui a conduit à réaliser les activités suivantes.

Les activités réalisées.

Première activité : L'étude anatomique et histologique de l'œil.

Capacités travaillées : réaliser une dissection, saisir des informations à partir du vivant, utiliser un microscope optique.

Bien que la dissection de l'œil de lapin ait un peu impressionné les élèves, ils ont très vite joué le jeu et réalisé des dissections de qualité leur permettant de replacer les différents constituants de l'œil sur un schéma.

Deuxième activité : La formation des images sur la rétine et ses limites.

Capacités travaillées : suivre un protocole, saisir des informations, mettre en relation ces informations, pratiquer un raisonnement, réaliser un calcul.

Les très nombreuses expériences ludiques et faciles à réaliser sur la netteté de l'image reçue, la perception des couleurs, le pouvoir séparateur de l'œil ont remporté un franc succès auprès des élèves. Elles nous ont permis de mettre en évidence quelques limites de la perception visuelles ainsi que quelques « imperfections » de l'œil pouvant expliquer certaines des limites mises en évidence. A la fin de cette séquence, les élèves ont vu que l'organe de la vision possédait de nombreuses limites et donc qu'en sciences de la vie et de la terre les limites étaient imposées par notre organisme. On a pu ainsi comparer avec les deux autres matières cette « notion » de « limites ».

Dans le cadre de la démarche suivie dans cette séance, nous avons montré que l'œil possédait des imperfections, des limites de fonctionnement, mais ces imperfections sont compensées (sauf cas pathologique) par le traitement de l'information visuelle réalisé par les structures corticales visuelles. L'hypothèse de départ était donc fautive : ce ne sont pas les imperfections de l'œil qui peuvent expliquer les illusions d'optique. Pour ne pas laisser les élèves sur cette question ouverte, nous avons consulté un site sur les illusions d'optique qui apporte certaines réponses.

Troisième activité : Les illusions d'optiques.

Capacités travaillées : consulter un site Internet, trier des informations.
(Partie très appréciée des élèves qui auraient aimé y consacrer plus de temps.)

Globalement, les points positifs de cette séance furent que les élèves ont pris plaisir à réaliser de nombreuses manipulations variées et surtout ludiques. Ils ont cependant bien saisi cette idée de limite imposée par le vivant et l'ont facilement comparée à cette idée de limite dans les deux autres matières. Le principal point négatif est le temps consacré à cette séquence. Certains élèves ont eu des difficultés à suivre le rythme soutenu des manipulations et auraient aimé approfondir leurs recherches sur les illusions d'optiques. De ce fait, le compte rendu réalisé suite à cette séance a été difficile à réaliser pour certains.

IV.— Conclusion

La désaffection des filières scientifiques, surtout à l'Université, pose problème à divers pays dans le monde. L'une des raisons de cette désaffection peut être la façon dont sont enseignées les matières scientifiques lors de

la scolarité secondaire : cloisonnement entre les disciplines et absence de réel enjeu interdisciplinaire. Les options sciences expérimentales des classes de seconde de l'Académie de Montpellier créées en 2004 nous paraissent être un cadre propice pour que justement puisse naître auprès des élèves un goût pour les sciences et un véritable travail scientifique et interdisciplinaire.

Ayant repéré ce qui fait sens dans le travail et l'esprit scientifique, comme le raisonnement, les méthodes expérimentales, la curiosité, l'esprit critique et l'autonomie, il s'agissait de mettre en œuvre ces caractéristiques du travail scientifique lors des études particulières proposées aux élèves. L'interrogation sur un concept, plutôt que sur un thème, pour les différents cycles proposés relève de cette problématique. Cette interrogation globale permet à chaque discipline de répondre au questionnement posé à sa manière et avec les outils qui lui sont propres. Il n'y a plus de matière prestataire de service, chacune développe ses propres outils et les confronte aux résultats des autres mais chaque matière respecte le cadre de l'approche scientifique. Ainsi, au delà des différences de traitement et d'utilisation des outils, l'élève peut reconnaître un même problème. Celui-ci se décline avec des méthodes similaires (questionnement, expérience, débat, conclusions), mais des outils différents : moyens de calculs, appareils de mesure, appréhension des organes des sens. Le dialogue entre les disciplines naît ainsi de la reconnaissance d'un même problème qui est étudié sous divers points de vues.

Cette façon d'appréhender le dialogue entre les disciplines est certainement propre aux enseignants du lycée de Bagnols sur Cèze, et d'autres équipes d'enseignants d'options

sciences ont développé des stratégies différentes. Dans tous les cas, si l'investissement personnel des enseignants est important, il se révèle

le fructueux et il nous semble essentiel que des équipes d'enseignants curieux et motivés veuillent tenter l'aventure.

Bibliographie

Fretigne Patrick (2003) La crise des vocations scientifiques. *Bulletin Math en Seine de l'APMEP Haute Normandie*.

Gras Régis, Bardy Philippe, Parzys Bernard, Pécal Michèle, Richeton Jean-Pierre (2002) Pour un enseignement des mathématiques problématisé au lycée. *Brochures APMEP N° 150 et 154*.

Legrand Marc (1993) Débat scientifique en cours de mathématiques et spécificité de l'analyse. *Repères-IREM N° 10*.

Lobry Claude (2004) Mathématiques et autres disciplines. *Repères-IREM N° 57*.

Rival Michel (1996) *Les grandes expériences scientifiques*. Edition points sciences. Le Seuil

Références sur Internet :

* **Documents de l'option sciences de Bagnols sur Cèze (2004/2005)**

<http://www.irem.univ-montp2.fr/optionsciences/opsbagnolsnop.html>

* **Une réflexion sur l'enseignement des sciences :**

Astolfi Jean Pierre : <http://www.scienceaction.asso.fr/jpastolfi.html> (petite bibliographie)

* **Une association : l'APMEP :** <http://www.apmep.asso.fr/>

- création des options sciences : <http://www.apmep.asso.fr/optsc041.html>

- informations sur les sciences :

<http://www.apmep.asso.fr/apmsci03.html#consulter>

* **Une interview de Jean Pierre Richeton (2005) sur les options sciences :** <http://www.dma.ens.fr/culturemath/> (dossiers, coup de projecteur)

* **Un problème international :**

Fourez Gérard (1999) L'enseignement des sciences : en crise ?

<http://www.fundp.ac.be/cethes/scienriseRN.html> (Belgique)

* **Un point de vue historique sur l'enseignement scientifique :**

http://www.inrp.fr/lamap/main/historique/enseign_scienc3.htm

* **Perez Pierre : « L'œil et la vision ».** Logiciel libre téléchargeable sur le site de l'Académie de Toulouse <http://ophtasurf.free.fr>