ATELIERS PRESENTES PAR DES MEMBRES DE LA COMMISSION INTER-IREM MATHS SCIENCES EXPERIMENTALES.
Clermont-Ferrand. Journées de l'APMEP, octobre 2006

Quatre professeurs de mathématiques, membres de la CII Maths sciences expérimentales, ont présenté conjointement des ateliers, en lien avec leurs travaux au sein de cette commission, lors des journées de Clermont-Ferrand, en octobre dernier. Il s'agit de Renelle TAKVORIAN, de la régionale d'Aix Marseille, professeur à l'Isle-sur-la-Sorgue (84), Pierre LOPEZ, de la régionale de Toulouse, professeur à Albi (81), Gérard ARMENGAUD, de la régionale de Limoges, professeur émérite à Brive-la-Gaillarde (19), Pascal ROUFFIGNAC, de la régionale de Limoges, professeur à Limoges (87).

La Commission Inter-IREM maths sciences expérimentales renouvelée a trois ans d'existence. Constituée modestement grâce à l'ancienne commission qui était plus tournée vers l'astronomie, elle a pris un nouveau visage.

Les débuts ont été dynamisés par les compte-rendus d'expériences pédagogiques où le professeur de mathématiques a travaillé avec son collègue de physique. La plupart des membres enseignent ou ont enseigné dans des lycées où les sections STI et S-SI sont représentées, ce qui implique une coopération plus naturelle et bien dans l'esprit de ces établissements entre maths, physique-chimie, physique appliquée, mécanique, électronique, électrotechnique. Les professeurs de mathématiques présents travaillent ces thèmes interdisciplinaires au sein de groupes ou d'ERR de leurs IREM.

Exemples d'expériences partagées :

les lentilles convergentes (optique géométrique) à l'aide de Cabri-Géomètre ;

radioactivité en Terminale S (fonction exponentielle, loi binomiale) ;

cristallographie en Première S (géométrie dans l'espace, vecteurs) ;

lancer d'un projectile avec vitesse initiale en Terminale S (primitives, fonction dépendant d'un paramètre) ;

loi des gaz parfaits (fonction inverse en Seconde) ;

maths et musique (cf. article préparé pour la revue Repères) ;

SCIENTIBUS à Limoges (recherche d'expériences dans lesquelles on intègrerait les mathématiques, projet en lien avec une équipe CNRS de Bordeaux et Telecom) ;

projet HIPPOCAMPE à Marseille (immersion en situation de recherche d'une classe de Première S, en l'occurrence à la fac de Luminy ; thème général : comment découper l'espace, qu'est-ce qu'une forme ? croissance irrégulière).

Une réflexion apportée par Pierre LOPEZ, à partir de travaux à l'IREM de Toulouse menés conjointement par des professeurs de mathématiques et sciences physiques, partagée lors de son atelier : Il s'agit de constats et de principes.

Premier constat : Actuellement, comme dans l'histoire, les mathématiques et les sciences physiques s'interrogent réciproquement. Les sciences physiques sollicitent les mathématiques pour résoudre des problèmes qu'elles rencontrent dans les recherches, et, inversement, les mathématiques fournissent aux sciences physiques des outils de résolution.

Deuxième constat : par le fait-même qu'elles doivent permettre de prévoir, les sciences physiques ne peuvent pas se passer de mathématiques.

Troisième constat : Les sciences physiques, et plus généralement toutes les sciences appliquées, utilisent des mathématiques de plus en plus sophistiquées, et ceci est encouragé (paradoxalement ?) par l'apparition de logiciels, notamment ceux de calcul formel.

Quatrième constat : Dans la vie des lycéens, les sciences physiques et les mathématiques sont liées.

Premier principe : Le sens que nous privilégions est le sens allant des sciences physiques vers les mathématiques. Il ne s'agit pas de rechercher des situations à contexte physique (concrètes ou pseudo-concrètes) pour « illustrer » certaines notions mathématiques, mais plutôt de voir dans la pratique du physicien comment sont utilisées les mathématiques.

Deuxième principe : On veut éviter au professeur de sciences physiques de faire des mathématiques, et au professeur de mathématiques de faire des sciences physiques. On considère qu'il y a une spécificité aux deux enseignements, et que, si ceux-ci interagissent, ils ne sauraient se confondre.

Troisième principe : Les situations que les lycéens rencontrent en cours de sciences physiques sont l'occasion pour le professeur de mathématiques de contextualiser des techniques plus ou moins explicites des programmes (le « ou moins » est fondamental pour notre recherche). Evidemment, il s'agit de prendre en charge pendant les cours de mathématiques l'acquisition des outils et des techniques dont le physicien pourrait avoir besoin.

Quatrième principe : Une collaboration entre les professeurs de mathématiques et de sciences physiques est nécessaire. Elle doit aller vers des progressions concertées.

A noter que ce travail a débouché sur des propositions dont on peut prendre connaissance à travers différents articles publiés dans Le fil d'Ariane, publication de l'IREM de Toulouse et de l'APMEP.

Atelier de Renelle TAKVORIAN, à partir d'une présentation sous Power-Point :

Il s'agissait simplement de décrire l'histoire de la Commission, ses buts, ses perspectives, afin de susciter un débat, cf. introduction ci-dessus.

Présentation plus détaillée du stage Hippocampe par Renelle TAKVORIAN :

Ce stage consiste en une immersion, en situation de recherche, d'une classe à la faculté des sciences de Luminy (Marseille). Le projet est initié conjointement par la faculté de Luminy et l'IREM de l'académie d'Aix Marseille. La classe concernée était une classe de Première S, en 2005-2006. Choix du thème général : comment découper l'espace ? qu'est-ce qu'une forme ? croissance irrégulière. Le stage s'est déroulé en décembre, afin que des pré-requis aient été travaillés depuis septembre et que les élèves et leurs professeurs puissent bénéficier des retombées sur le reste de l'année.

Au début, présentation par les responsables du stage des tuteurs, quatre doctorants en mathématiques, en charge chacun de deux groupes. Présentation de la formule et des structures de travail. Constitution des groupes par les professeurs de la classe, répartition en fonction des compétences propres à chacun : aisance de parole, qualités artistiques, qualité des connaissances mathématiques, degrés de motivation.

Exposé des thèmes de recherche : les bureaux de poste, routes et chemins de fer, les squelettes, découpage du champ de maïs, lissage des polygones, carrelage et pavage. Comme prévu, les professeurs de la classe ne sont pas présents dans les groupes de travail, pour ne pas interférer dans les relations élèves-tuteur. Les élèves sont en situation de recherche, et non d'apprentissage.

Pendant deux demi-journées, travaux des groupes.

A mi-parcours, chaque groupe expose ses premiers résultats devant trois autres. Cette phase est prévue pour provoquer échanges, questions et approfondissements.

Suite des ateliers, début des posters : affiche de présentation : les différentes étapes de la recherche du groupe, les questionnements, la modélisation, l'expression de règles mathématiques.

En fin de parcours, présentation des posters au public présent, composé des professeurs, des tuteurs, de chercheurs n'ayant pas participé au stage, travaillant dans différents domaines : mathématiques, sciences humaines, cristallographie, physique des particules, astronomie, informatique).

Puis c'est au tour des chercheurs de présenter aux élèves leurs domaines de recherche, les applications, leurs conditions de travail, leur motivation, leur réflexion sur l'intérêt de la recherche.

Immédiatement après le débat de clôture, les élèves ont manifesté, par sketches et chants, leur plaisir d'avoir participé à cette aventure, une expérience nouvelle, une découverte du milieu de la recherche. Le travail de deux groupes servira de base à un chapitre du cours de maths (géométrie dans l'espace), à la deuxième intervention dans leur lycée d'un chercheur en cristallographie, dans le cadre de la liaison maths-sciences expérimentales.

Autour des lentilles minces convergentes, par Gérard ARMENGAUD

Au départ, un petit problème pratique que tout le monde a résolu (ou tenté de résoudre) : où le photographe doit-il se placer pour que son sujet tienne tout entier sur sa photo ?

Procédons par étapes :
tout d'abord mise ne place d'un modèle physique,
puis sa simulation avec cabri-géomètre,
enfin, pour en savoir plus, l'étude d'un modèle mathématique.
Cette démarche peut être proposée aux élèves de Première S.

1) <u>Un problème (… c'était beau la photographie)</u>

Quelle distance minimum doit séparer un personnage, tenant un drapeau de 2,4 m de haut, d'un appareil photo 24×36, dont l'objectif a une focale fixe de 50 mm, pour que l'image « entre » sur la pellicule ?
Tout photographe amateur sait bien évidemment résoudre pratiquement le problème en se déplaçant. L'étude suivante n'est donc pas la recherche d'une solution, mais sa motivation est de l'ordre de « comment ça marche ? »

2) <u>Un modèle physique</u>

Il est obtenu en assimilant l'objectif de l'appareil photo à une lentille mince convergente.
On rappelle que, pour une telle lentille,
tout rayon entrant, parallèle à l'axe optique passe par le foyer image F',
tout rayon entrant, passant par le foyer objet F, ressort parallèle à l'axe optique,
tout rayon passant pas le centre O n'est pas dévié.
Ces trois propriétés physique de ces rayons lumineux seront choisies comme axiomes dans l'étude mathématique.

3) <u>Une simulation du modèle physique</u>

<u>A Mise en place de la simulation du modèle physique</u>

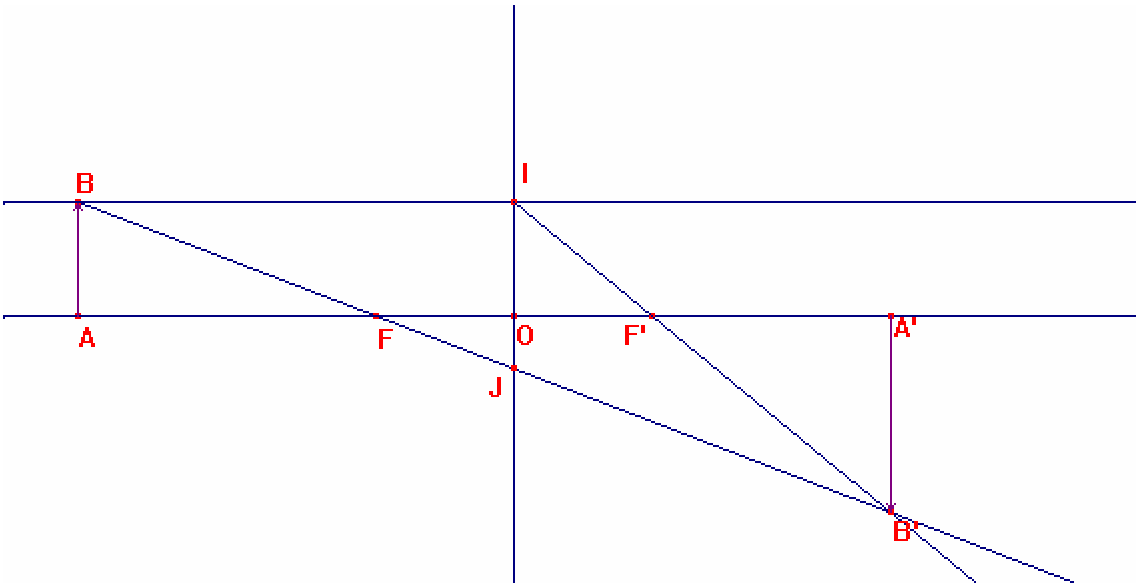
a) Dans le cadre de l'enseignement de sciences physiques, on peut bein sûr étudier expérimentalement le modèle physique.

b) On peut aussi en faire une simulation avec un logiciel de géométrie dynamique (nous avons utilisé Cabri-Géomètre). Pour définir l'image M' d'un point M, on choisit deux rayons issus de M, l'un parallèle à l'axe, l'autre passant par le foyer objet. Après la lentille, ces deux rayons déviés se coupent en un point M' image de M. Avec cabri, on conjecture que l'image d'un segment perpendiculaire à l'axe est un segment perpendiculaire à l'axe.

c) Il est possible, avec une démonstration mathématique, utilisant les vecteurs ou les triangles semblables, de prouver cette conjecture à partir de la définition de l'image d'un point et des trois propriétés des rayons particuliers, choisies comme axiomes.

B Utilisation de la simulation du modèle physique

[AB] est l'objet, [A'B'] est son image. Le point A est mobile sur l'axe de la lentille. Les longueurs AO et A'B' varient en sens inverse, cf. figure ci-dessous.



Si la simulation permet de bien appréhender le fonctionnement du modèle, elle ne permet pas de résoudre graphiquement le problème posé. Ceci pour une question d'échelle : les distances « côté objet » sont de l'ordre du mètre et de l'ordre du centimètre « côté image ».

On peut donc justifier ainsi la nécessité de l'étude d'un modèle mathématique.

4) Un modèle mathématique. On se contente d'une description…

a) Expression du grandissement en fonction de la distance objet-lentille.

On note x la distance OA entre la lentille et l'objet, y = g (x) désigne le grandissement $\frac{A'B'}{AB}$.

La suite consiste en l'étude de g , en lien avec les réalités physiques.

b) Le grandissement ne doit pas dépasser $\frac{24}{2400}$. Valeur minimale de x ?

c) Sens de variation de la fonction g sur $[f\ ;+\infty[$, où f = OF.

d) Limites de g.

e) Influence du changement de focale. (x est fixé, la variable est f).

5) <u>Et pourquoi pas un autre problème ?</u>

a) Le problème de la mise au point.

Quelle distance doit séparer un objectif de focale 50 mm de la pellicule, pour que la photo d'un personnage situé à 3 m, puis à 1 m, soit nette ?

Pour résoudre ce problème, il est intéressant d'établir l'expression de la distance d, lentille-image, en fonction de la distance x, lentille-objet.

b) Expression de d en fonction de x.
c) Loi de conjugaison de Descartes
d) Retour à l'exemple.
e) Lien entre grandissement et distance objet-lentille
f) Mais où commence donc l'infini ?

La discussion dans l'atelier a porté sur l'enchaînement entre conjecture, expérimentation. Comment passer au numérique par l'intermédiaire d'une courbe, que l'on peut tracer à l' aide de cabri ? La démonstration se fait après conjecture et simulation, c'est formateur pour les élèves. On passe au numérique à partir de raisonnements géométriques, ceci permet aux élèves un décloisonnement des différentes parties des mathématiques. Ceci permet, après une bonne concertation, un travail conjoint entre professeurs de mathématiques et sciences physiques, cela nécessite des échanges préalables et un enchaînement des différentes parties, qui traite quoi ?

Comment exploiter un TP de physique dans le cadre d'une séance de module de Seconde ?

par Pascal ROUFFIGNAC, avec l'aimable collaboration de Gérard ROGUES, professeur de physique-chimie au lycée Léonard Limosin à Limoges.

Les élèves (une classe de Seconde générale) ont d'abord réalisé un TP en physique-chimie, dont voici le descriptif :

MESURE DE DIMENSIONS ET DE DISTANCES EN ASTRONOMIE

<u>A Travail préparatoire</u> :

1) Informations historiques et géographiques

Qui étaient Eratosthène, Anaxagore ? Où se trouvent Alexandrie ? Assouan (anciennement Syène) ? Quelle est la distance entre ces deux villes ?

2) Vocabulaire

Rechercher le sens des mots suivants : méridien, parallèle, zénith, radian, solstice

3) Connaissances pratiques :

a) Quelle est la dimension la plus facilement accessible pour une boule ? Comment peut-on trouver le diamètre d'une boule à partir de la réponse précédente ?
b) Il existe des appareils permettant de mesurer directement le diamètre d'une boule. Pouvez-vous en citer deux ?

4) Connaissances de géométrie :

a) Tracer un cercle de rayon R et placer deux points A et B sur ce cercle. Soit d la longueur de l'arc de cercle AB. Tracer les rayons [OA] et [OB]. Soit α la mesure de l'angle entre les deux rayons. Quelle relation peut-on écrire entre d, R et α ?

b) Soit un triangle DEF, rectangle en E tel que EDF = α ; DE = h , EF = l. Etablir la relation entre h, l et α.
c) Sur une figure avec deux droites parallèles et une sécantes, repérer les angles correspondants, alternes-internes, opposés par le sommet.

B Détermination du diamètre d'une grosse boule :

1) Découverte de la méthode
   a) principe :
   On dispose d'une boule dans laquelle sont plantées deux baguettes passant par le centre de la sphère. On éclaire la boule par une lanterne puissante, suffisamment éloignée (ou une lanterne produisant un faisceau de lumière parallèle), de telle façon que les baguettes soient dans le même plan vertical et que l'une n'ait aucune ombre sur la sphère. Faire un schéma du dispositif.
   b) calculs :
   Soit h la hauteur de la baguette, d la distance entre les 2 baguettes B1B2, l la longueur de l'ombre. Expliquer comment on peut obtenir la circonférence de la boule c, puis son diamètre D.
2) Expérience
   Utiliser la maquette fournie.
   a) Faire un schéma de la maquette. Indiquer l, d, h sur le schéma.
   b) Résultats : mesurer h, l et d.
   c) Calculs : déterminer le diamètre D de la boule à partir des mesures que vous venez d'effectuer.
   d) Vérifier le résultat en mesurant directement le diamètre de la boule.
   Conclure.

C Détermination historique du rayon de la Terre :

Deux siècles avant JC, Eratosthène, un philosophe grec qui vivait en Egypte, avait remarqué qu'à Syène, à midi, le jour du solstice d'été, le Soleil ne donnait aucune ombre et éclairait le fond du puits. Le même jour, à Alexandrie, ville située plus au nord, un obélisque donnait une ombre dont on pouvait mesurer la longueur.
Eratosthène déduisit de cette mesure que les rayons solaires faisaient un angle de 7,2 ° avec la verticale d'Alexandrie. On savait également, qu'en parcourant 100 stades par jour, les caravanes de chameaux partant de Syène mettaient 50 jours pour relier Alexandrie.
Les hypothèses d'Eratosthène : la Terre est ronde, le soleil est très éloigné de la Terre, donc, les rayons de lumière qui arrivent sur la Terre sont pratiquement parallèles entre eux.
Questions :

1) Faire un schéma de la circonférence de la terre montrant les positions S et A de Syène et Alexandrie (situées sur le même méridien). Tracer les directions des verticales en ces lieux. En quel point se coupent-elles ?
2) Sur un second schéma plus grand que le premier, représenter un puits à Syène et un obélisque à Alexandrie. Tracer un rayon du soleil éclairant le fond du puits à Syène, et un autre passant par le sommet de l'obélisque à Alexandrie. Représenter son ombre.
3) Indiquer l'angle α sur le schéma. Où retrouve-t-on cet angle ?
4) Comment Eratosthène avait-il fait pour déterminer la valeur de l'angle α ?

Le stade était une unité de longueur de l'époque d'Eratosthène. Un stade = 160 m environ. Calculer la distance entre les deux villes. En déduire la circonférence de la Terre, puis son rayon.

Travail en atelier : à partir de cette fiche de TP, il s'agissait de construire une séance de module de mathématiques de Seconde, dans le cadre des configurations de base. Comment effectuer un travail conjoint avec le TP de physique ? Quel rôle du professeur de mathématiques dans le travail préparatoire ? Le TP se fait en degrés et comporte une bonne introduction au radian. La partie historique est à introduire avant le TP. Cette activité a été pour le groupe une occasion d'échanges sur nos pratiques pédagogiques, nos facilités et nos difficultés de coopérer avec le professeur de physique-chimie.