Atelier n°3 du mardi 22 août 2006

DÉMARCHE ET EXPÉRIMENTATIONS SCIENTIFIQUES

Animatrice : Marie-Josèphe SCHMITT, professeur au lycée de Cluses, IREM de Grenoble.

Nous[1] nous sommes proposés pendant cet atelier de faire une présentation rapide des modalités de mise en place de “Démarche et expérimentations scientifiques” dans notre lycée, puis d’entrer dans notre démarche et nos évolutions en trois points :

- Analyser un problème de mathématique non guidé.
- Présenter le travail fait lors de la sortie "mer de glace" dans les trois matières scientifiques. Ici nous travaillions sur le même thème mais sans interactions entre les disciplines.
- Et enfin présenter un travail mené d’abord dans les deux disciplines math-physique puis physique-chimie sciences de la vie et de la terre, autour de la cristallographie.

I. Présentation rapide de “Démarche et expérimentations scientifiques”

Nous[1] avons ouvert à la rentrée scolaire 2002 cet atelier scientifique en seconde dans le but d’inciter les jeunes, filles et garçons, à poursuivre leurs études dans les filières scientifiques après bac. Il reposait sur :

- Un travail de fond sur la démarche scientifique dans les trois disciplines : Sciences de la Vie et de la Terre, Physique Chimie et Mathématique (pas ou peu d’apports théoriques).
- Des thèmes choisis par les professeurs.
- Trois heures consécutives (planning à la charge des professeurs).
- Un groupe d’élèves réduits (18 au maximum).

<u>En physique et en sciences de la vie et de la terre</u> :

- L’objectif est posé par le professeur sous forme de questions à l’ensemble des élèves.
- Travail par petits groupes pour y répondre.
- Chaque groupe part sur une piste et propose une solution et une vérification expérimentale (protocole, expérience, conclusion) pour explorer la piste.
- Conclusion en commun puis rédaction à l'aide de TICE (exemple en annexe2).

<u>Pour les mathématiques</u> :

Par petits groupes, choix d’un problème non guidé, dans une liste proposée par le professeur.

- Traitement du problème choisi.
- Exposé de la démarche et des résultats à l’ensemble de la classe.

II Analyse d’un problème de mathématiques

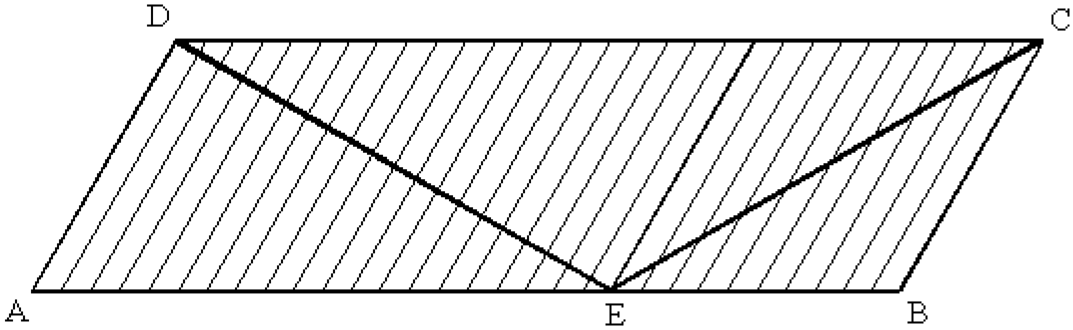
J’ai proposé dans l’atelier de l’UE, l’analyse du premier problème que je soumets en tout début d’année aux élèves, la consigne était la suivante:

[1] Claude Hudry et Marie-Claire Bangil pour les Sciences de la Vie et de la Terre, Bernard Pascal et Laurent Escourrou pour la Physique Chimie, Michel Lamarre et moi-même pour les mathématiques.

Résoudre de plusieurs façons différentes ce problème et pour chacune d'entre elles donner les connaissances suffisantes pour la mettre en œuvre.

I. Exercice 1 : "*Illusion de Sander*"[2]

- Quel est le trait le plus long DE ou CE ? Commencer par répondre rapidement sans faire de mesure.
- Mesurer ensuite et faire un raisonnement pour conclure de manière définitive sachant que : ABCD est un parallélogramme, BC = BE, l'angle DAE mesure 60° et les hachures sont équidistantes.



<u>Commentaire</u> :

A priori, l'impression visuelle peut laisser croire que la diagonale DE est plus longue que la diagonale EC.

Nous sommes donc dans un cas où l'élève doit montrer que ce qu'il voit est faux!

Ce travail qui est proposé pendant une séance d'une heure et demie aux élèves travaillant par petits groupes donne lieu à de nombreuses démonstrations (voir annexe 1) avec des entrées diverses :

- Par les angles.
- Par les mesures de longueur.
- Par les isométries.

Les élèves doivent rédiger leur solution et la présenter à l'ensemble de la classe.

<u>Intérêt</u> : Problème non guidé accessible à des élèves sortant de troisième, ayant plusieurs entrées , donc qui montre à l'élève qu'il n'y a pas toujours La Solution.

III Présentation du travail fait autour de la sortie "mer de glace"

Vivant à quelques kilomètres de Chamonix, nous avons décidé d'exploiter cette richesse et avons programmé des ateliers autour d'une sortie d'une journée sur la mer de glace, accompagnés d'un glaciologue:

<u>En Mathématiques</u> :

- Détermination d'une hauteur par la méthode de la croix du bûcheron (voir annexe 3).
- Evaluation du volume de glace passant entre deux repères au cours d'une année.
- Evaluation du volume de glace manquant depuis 1985 entre deux repères.
- Calcul de la masse d'un rocher de granite.

<u>En Physique-Chimie</u>

- Altimétrie par barométrie - Température d'ébullition de l'eau. (À Cluses et sur le glacier)
- Détermination de la chaleur latente de fusion de la glace par calorimétrie.
- Mesurer la température du glacier.

<u>En Sciences de la Vie et de la Terre</u>

- Mesure de l'albédo et explication de certains phénomènes (voir annexe 2)

[2] Extrait d'une fiche donnée en septembre 2001 en "option Sciences" au lycée Jean Monnet de Strasbourg

– La végétation et le sol:
  - Décrivez la végétation (arbres et arbustes), montrez que nous sommes dans la limite supérieure de la forêt.
  - A l'aide du papier pH, mesurez le pH de la glace, de l'eau de ruissellement et du sol. Concluez.
  - Réalisez un profil du sol à l'échelle et donnez les caractéristiques des différents horizons.

Les élèves ont travaillé en groupes et devaient rendre un dossier par matière. Nous avons aussi visité la galerie des cristaux à côté de la mer de glace ce qui nous a donné l'idée de travailler en bidisciplinarité cette fois-ci autour de la cristallographie.

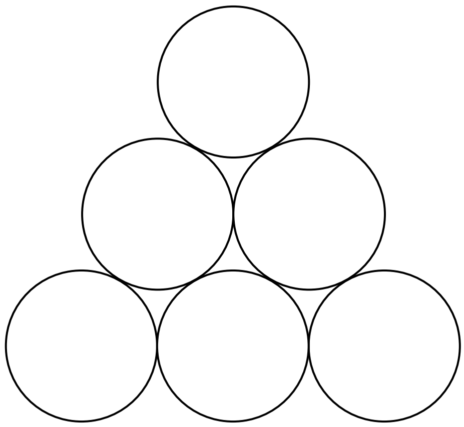
IV Cristallographie

A) Présentation du travail Math Physique-Chimie sur la cristallographie

Nous nous proposons de travailler sur les empilements de sphères identiques et pour simplifier le problème nous regardons déjà ce qu'il se passe dans le plan.

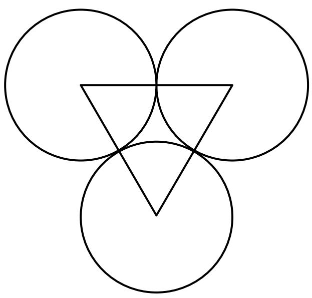
☞ Problème : comment recouvrir le plan de disques identiques qui ne se chevauchent pas de manière à ce que la surface recouverte soit la plus grande possible? Quel est alors le taux de recouvrement?
(Ceci relève d'un Pb d'optimisation dont certains cas sont ouverts si l'on se borne à une partie du plan, dans le plan le résultat ne se démontre pas facilement!)

Les élèves proposent assez vite la disposition ci-contre :



Nous leur affirmons que c'est effectivement la meilleure mais que ce n'est pas facile à montrer.

☞ Travail d'analyse pour calculer le taux de recouvrement : maille triangulaire régulière.



Dans cette maille nous avons trois sixièmes de disque, d'où un rapport de $\pi\frac{\sqrt{3}}{6}$, soit environ 91%. Nous avons affirmé aux élèves que c'était le meilleur.

<u>Passage aux sphères et donc à l'espace</u>.

1) On regarde la <u>première couche :</u>

☞ <u>Question</u> : Avec combien de sphères identiques une sphère donnée peut-elle être en contact au maximum ?
Travail au compas pour les élèves.

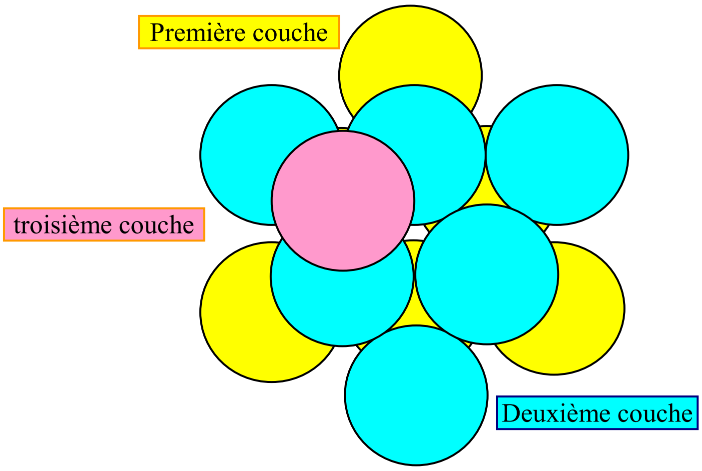
2) <u>Deuxième couche</u> : Comment la positionner sur la première ?

Il semble naturel de mettre les sphères dans les creux.

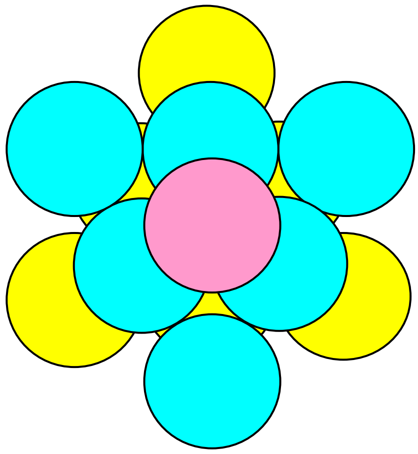
☞ Problème : il faut montrer alors que les sphères placées dans les creux (pas n'importe lesquels) sont tangentes.

3) Troisième couche :

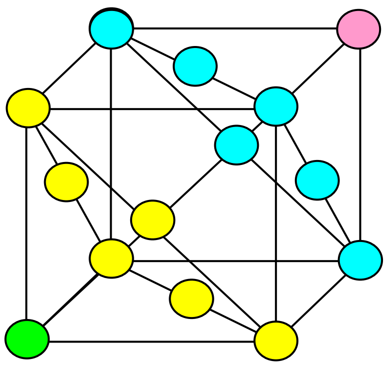
☞ Deux possibilités : Soit une sphère de la troisième couche occulte exactement une sphère de la première couche (Système hexagonal).



☞ Soit une sphère de la troisième couche occulte exactement une sphère de la couche de rang zéro. C'est le système cubique à faces centrées (cuivre métallique)



Tous deux ont la même compacité, il est plus facile de travailler avec l'empilement cubique à faces centrées pour faire le calcul:



Nous avons donc en tout quatorze sphères qui définissent une maille volumique cubique à faces centrées.

Dans cette maille volumique nous faisons calculer aux élèves la proportion de sphère contenue dans le cube et le rapport entre le côté du cube et le rayon des sphères(elles sont tangentes!).On obtient un taux de compacité de $\pi\frac{\sqrt{2}}{6}$ soit d'environ 74%.

B) Présentation du travail Physique-Chimie Sciences de la Vie et de la Terre.

Etude expérimentale de la formation de quelques cristaux ioniques

En Physique Chlorure de sodium, sulfate de cuivre, nitrate de magnésium, thiosulfate de sodium ou hyposulfite de sodium.

– Notion nécessaire : la solubilité: introduite grâce à un exercice de dissolution de chlorure de sodium

- Technique d'obtention des cristaux : chauffage de l'eau (100ml) à 80° et dissolution de 105% du sel que réclamerait une saturation à 25° et laisser refroidir le temps nécessaire.

Les observations ont montré que les cristaux obtenus étaient plus ou moins gros suivant les groupes d'élèves et que cela était vraisemblablement dû à des vitesses de refroidissement différentes des diverses solutions salines. Ce problème a été analysé par le collègue de SVT.

<u>En SVT</u>

- Question : pourquoi les cristaux ne sont pas tous de la même taille ?
- Comment obtenir des petits cristaux, des gros cristaux ?

<u>Séance 1 : 1h30</u>

- Présentation de 2 échantillons de roche : granite et basalte.
- Observation des différents minéraux, différence de taille.
- Facteurs pouvant intervenir sur la taille ? Mise en place des expériences par les élèves.
  - Ions en solution : sulfate de cuivre et chlorure de sodium dans des boîtes de Pétri mis à des températures différentes.
  - Soufre fondu et refroidi à différentes températures.

<u>Séance 2 : 1h30</u>

- Observations des résultats et conclusions.
- Soufre : température externe élevée : refroidissement lent : gros cristaux.
- Ions : température externe élevée : évaporation intense : petits cristaux.
- Taille des cristaux dépendant de leur vitesse de croissance.
- Observation au microscope de la formation des cristaux de sels à partir d'une solution en chauffant avec une lampe ou non.

<u>Séance 3 : 1h30</u>

- Observation au microscope de lames minces de basalte et de granite : distinction entre structures grenue et microlithique.
- Expliquez la mise en place de ces roches.

C. Prolongements possibles

<u>En Physique-Chimie</u> :

- Les différents systèmes de cristallisations (7).
- Travail à la binoculaire pour déterminer le système de cristallisation du cristal que le groupe a traité. (Difficile !)

<u>En Mathématiques</u> :

- Travail sur les disques de même diamètre recouvrant une partie limitée par exemple par un triangle équilatéral, un carré, un rectangle (tartelettes dans la boite de pâtissier…)
- Nous avons travaillé sur les polyèdres réguliers[3], définition par exemple/contre-exemple, et construction avec cure dents et pâte à fixe, limite de la construction et passage au papier/crayon.
- Travail sur les symétries du cube (on pourrait se borner aux déplacements).

[3] Voir article paru dans la revue "Petit x" n°70, édité par l'Irem de Grenoble.

Annexe 1

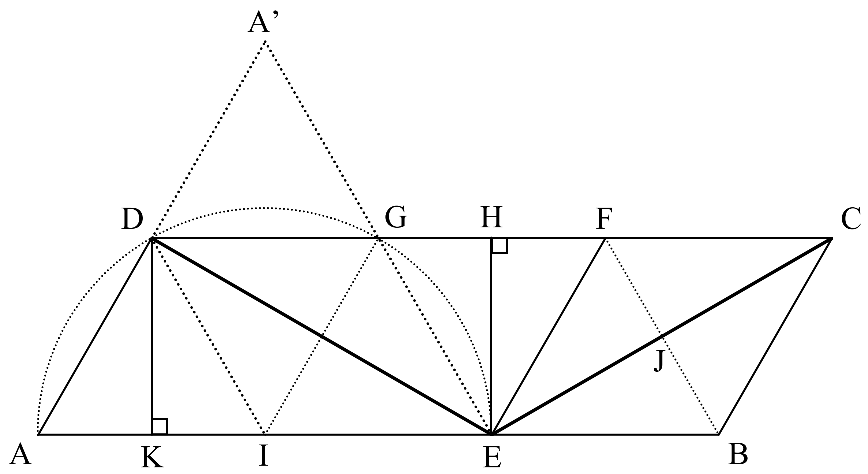
Eléments de résolution (non exhaustif)

A priori, l'impression visuelle peut laisser croire que la diagonale DE est plus longue que la diagonale EC.

1- *En comptant les hachures on trouve AE = 2 EB, d'où… AE = 2 AD…*

Comme AD = ½ AE et que $\widehat{DAE} = 60°$, on en déduit que le triangle ADE est rectangle en D comme moitié d'un triangle équilatéral.
Ou encore : soit I le milieu de [AE]. Le triangle DAI isocèle en A ayant un angle de 60° est équilatéral d'où ID = IA = IE… d'où ADE est rectangle en D (réciproque du "théorème de l'angle droit"). Ou encore I, milieu de [AE] est équidistant de A, D et E, etc.

D'autre part, comme BC = BE, le parallélogramme EBCF est un losange et donc BCF est un triangle équilatéral et, par exemple, $\widehat{ECF} = 30°$.



- *Le triangle ADE étant la moitié d'un triangle équilatéral et le triangle BCF un triangle équilatéral, on a alors ED =* $\dfrac{AE\sqrt{3}}{2} = AD\sqrt{3}$ *et CJ =* $\dfrac{BC\sqrt{3}}{2} = \dfrac{AD\sqrt{3}}{2}$ *et comme EC = 2 CJ…*
- *Les angles $\widehat{ADC}$ et $\widehat{DAE}$ sont supplémentaires comme angles consécutifs d'un parallélogramme. D'où $\widehat{EDC} = \widehat{ADC} - \widehat{ADE} = 120° - 90° = 30° = \widehat{ECF}$! Le triangle DEC est donc isocèle en E !*
- *Soit G milieu de [DF] donc tel que (IG) // (AD)… on obtient des losanges isométriques DIEG et CFEB d'où ED = EC…*

2- *On peut aussi partir en projetant E sur [DC] en un point H qui s'avère être le milieu de [DC], le triangle DEC est donc isocèle.*

3- *On peut également projeter le point D sur[AB] en K et translater le triangle ADK en BCK', on obtient alors KK'CD rectangle dont E est le milieu de [KK'], d'où ED = EC…*

Annexe 2

L’albédo (document d'un groupe d'élèves non corrigé)

A l’aide d’un **luxmètre**[4], nous avons calculé l’albédo de plusieurs matériaux. C’est à dire que nous avons mesuré la quantité de lumière renvoyée par la surface par rapport à la quantité de lumière reçue par cette même surface en utilisant le calcul suivant :

$$\frac{\text{Quantité d'énergie reçue par la surface}}{\text{Quantité d'énergie renvoyée par la surface}}$$

Le résultat, nommé albédo est toujours inférieur à 1. En prenant des mesures lors de la sortie, nous avons pu réaliser le tableau suivant :

énergie solaire	**Reçue en lux**	**Renvoyée en lux**	**albédo**
matière			
sol	53000	5100	0,10
glace	1600	900	0,56
roches	50000	11500	0,23
vêtement foncé	50000	3000	0,06
vêtement clair	11000	2000	0,18
végétation (rhododendron)	28000	1200	0,04

Plus l’albédo est petit, plus la surface absorbe de chaleur, et donc si l’albédo est élevé, la surface réfléchira plus de chaleur.

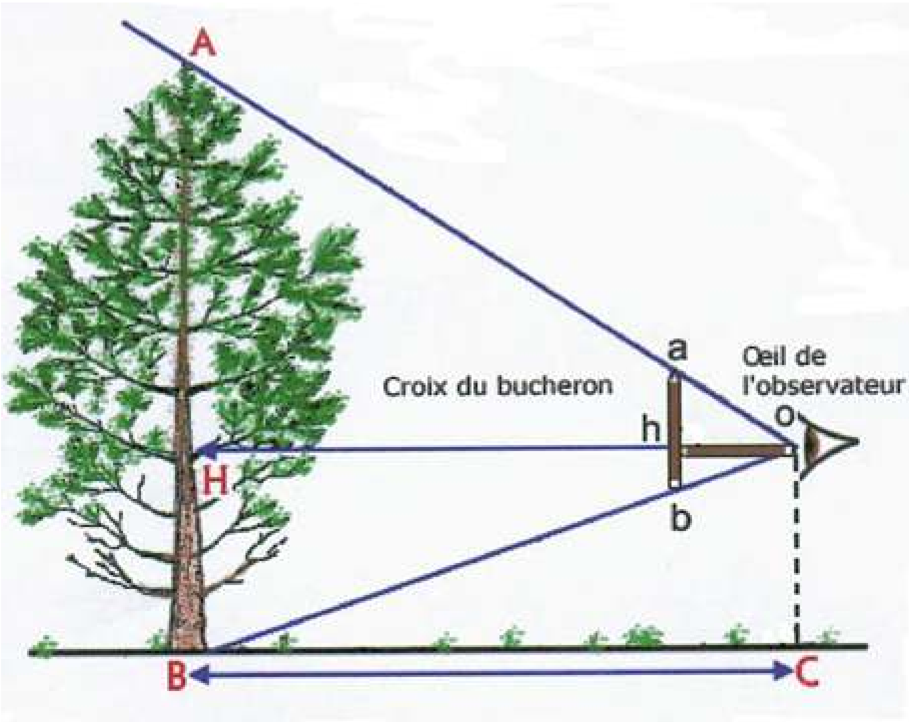
[4] **Luxmètre** : appareil servant à mesurer la quantité d’énergie reçue ou/et renvoyée par la surface.

Sur la photo suivante, on voit bien que la neige autour du rocher a fondu. En effet, l'albédo de la roche est égal à 0,23 donc la roche retient 77 % de la chaleur. Ce qui fait que ce rocher emmagasine la chaleur et fait fondre la neige autour.

Sur cette deuxième photo, on voit que les bouts de bois, tombés de l'arbre au printemps sont encastrés dans la neige. Pour expliquer ce phénomène, nous avons besoin de l'albédo. En effet, le bois, ayant une couleur plus foncée que la neige, a un albédo inférieur à celui de la neige. Donc il emmagasine plus de chaleur et fait fondre la neige qui se trouve au dessous de lui. Il s'enfonce donc de cette façon dans la neige.

Annexe 3

La croix du bûcheron



Estimation d'une hauteur à l'aide de la croix du bûcheron

- Prendre deux bâtons de même longueur (sur le schéma ab = oh).
- Placer le bâton [oh] parallèle au sol et le bâton [ab] parallèle à l'arbre.
- Se placer face à l'objet à estimer (ici l'arbre).
- Faire coïncider sur une même ligne, le pied de l'arbre (le point B), le point b et son œil, faire de même, en se déplaçant si nécessaire, pour que coïncide le haut de l'arbre (le point A), le point a et l'œil.
- Lorsque les deux extrémités de l'arbre sont bien alignées avec les points a et b et l'œil, mesurer la distance entre soi et l'objet (BC sur le schéma).
- **La hauteur de l'arbre (ici AB) est alors égale à la distance BC.**

Justifier cette méthode, puis la mettre en œuvre pour estimer la hauteur d'un arbre, d'une habitation...

Pouvez-vous estimer l'erreur réalisée si le bâton [oh] n'est pas rigoureusement parallèle au sol ?