

L'atelier DE.VO.RE les sciences une aide à l'orientation scientifique des élèves de troisième

Benoît Le Brun & Emilie Quéma

Le principe :

Depuis maintenant deux ans, nous avons monté un atelier de découverte scientifique à destination des élèves de troisième de notre établissement.

Cet atelier, nommé « DE.VO.RE. les sciences » (pour DÉcouverte d'une VOcation de REcherche en sciences), réunit 15 élèves de troisième sélectionnés sur lettre de motivation et après concertation avec les professeurs principaux de quatrième.

L'atelier a lieu toute l'année à raison de deux heures par semaine, placées en fin d'après midi (15h-17h). Il n'y a généralement pas de travail à faire à la maison, mis à part les bilans que nous demandons régulièrement aux élèves sous forme de diaporama ou de texte.

Les élèves de l'atelier sont répartis sur 3 ou 4 classes de troisième du collège et les 2 heures hebdomadaires de l'atelier se déroulent en même temps que l'option DP3⁽¹⁾, les autres élèves n'ayant pas cours pendant ce temps. Certains de nos élèves suivent également l'option Latin ou Grec. Les élèves sont généralement de bon niveau et ont montré un intérêt certain pour les sciences.

Nous travaillons beaucoup en salle informatique, ce qui explique ce nombre de 15 élèves (nos salles infos sont pourvues de 15 postes élèves). C'est également un groupe suffisamment petit pour pouvoir facilement proposer des visites de laboratoires, observatoires, show-room, ... Nous sommes tous les deux présents à chacune des séances sauf obligation professionnelle, les deux heures étant payées dans le cadre de l'accompagnement éducatif.

Les objectifs et le déroulement :

a) **Les objectifs** de l'atelier sont doubles :

- Permettre à de « bons » élèves de troisième de découvrir des applications des notions mathématiques du collège et quelques-unes de la classe de seconde (algorithmique, vecteurs) dans des thèmes scientifiques divers.

(*) collège Fantin Latour, Grenoble. benoit.le-brun@ac-grenoble.fr

(**) collège Fantin Latour, Grenoble. emilie.quema@ac-grenoble.fr

(1) DP3 : option facultative de découverte professionnelle, de 3 heures.

- Fournir des pistes aux élèves pour leur orientation future. L'intervention d'une dizaine de scientifiques tout au long de l'année avec des parcours divers et des thèmes de recherche variés leur permet de découvrir des domaines susceptibles de les intéresser pour le futur.

b) Le déroulement :

L'année est découpée en cinq périodes, regroupant chacune la découverte d'un ou deux thèmes scientifiques. Pour chacun des thèmes, un ou plusieurs chercheurs sont venus présenter leur métier, leur cursus universitaire et leur domaine de recherche et nous avons approfondi certaines notions purement mathématiques nécessaires à la bonne compréhension des notions exposées.

Dans certains cas, les intervenants ont posé une question scientifique aux élèves de l'atelier qui ont eu une ou deux séances pour y réfléchir. Le bilan a ensuite été présenté aux chercheurs.

Les thèmes scientifiques abordés cette année ont été:

- Algorithmique : apprentissage des notions de base de l'algorithmique.
- Programmation : réalisation de programmes simples à l'aide du langage Python.
- Robotique : fonctionnement d'un robot en lien avec les activités précédentes.
- Astronomie : lois du mouvement des planètes. Visite de laboratoire.
- Cryptographie : utilisation des nombres premiers, principes de base de la cryptographie et fonctionnement des codes secrets
- Mécanique : modélisation du comportement de pièces mécaniques dans les moteurs de fusée.
- Neurosciences : utilisation des outils statistiques pour l'analyse du comportement d'animaux. Visite de laboratoire.
- Modélisation 3D : fonctionnement, du réel au modèle. Visite de la plateforme 3D de Grenoble INP.
- Électricité : notions de base, grandeurs, travaux pratiques de mesures de courant, de génération de signaux à l'IUT de mesures physiques.

Le groupe a généralement été motivé par les activités proposées.

Les séances se sont toujours déroulées dans une bonne ambiance.

Les interventions des chercheurs ont été ponctuées de discussions intéressées et pertinentes de la part des élèves aussi bien sur leur cursus que sur le contenu de leur recherche.

Développements sur certains thèmes étudiés pendant l'année et sur les notions mathématiques abordées.

Astronomie : nous avons décidé cette année de nous intéresser à la comète Ison qui aurait pu nous offrir de belles séances d'observations. Malheureusement, elle s'est brûlée les ailes en s'approchant du soleil. Nous avons néanmoins profité de son passage pour faire étudier aux élèves les trois lois de Kepler grâce à des fiches trouvées sur Internet (site.physagreg.fr) et adaptées à des élèves de troisième.

La première loi concerne la nature de la trajectoire. Les coniques ne sont pas au programme de troisième mais il est parfaitement possible de faire tracer la trajectoire de Mercure autour du soleil à partir de données d'angles et de distances. On peut faire vérifier expérimentalement que la somme des distances aux foyers de tout point de la trajectoire est constante.

La deuxième loi est plus difficile à exprimer mais la mise en œuvre expérimentale est très intéressante. Il s'agit de la loi des aires qui dit que l'aire balayée par une planète autour du soleil est constante par unité de temps. En faisant découper des secteurs elliptiques de la trajectoire sur le même intervalle de temps dans du carton, les élèves prennent conscience que la masse des secteurs est identique et donc que leur aire est la même. Le passage à la vitesse des planètes qui est différente selon le point de la trajectoire est plus délicat à expliquer d'autant que cela arrive en fin de séance.

La troisième loi concerne le rapport a^3/T^2 (a étant le demi-grand axe de l'ellipse et T la période de révolution de la planète). Ce rapport ne dépend pas de la planète.

Nous avons utilisé des données relatives à Mercure, dont l'orbite a une excentricité notable (c'est de loin la plus grande parmi celles des planètes du système solaire). Avec les données du tableau de la trajectoire, il est nécessaire de faire une petite règle de trois pour trouver la période. On donne ensuite, ou on fait trouver selon le temps disponible, les valeurs de a et T pour les autres planètes du système solaire et la conclusion arrive toute seule.

À ce travail sur les lois de Kepler, nous avons rajouté des calculs de vitesses et de distances astronomiques, accessibles dès la quatrième, qui ont permis un retour sur les puissances et la notation scientifique : calcul de la vitesse d'un point de la Terre dû à la rotation terrestre, calcul de la vitesse de la Terre dans sa révolution autour du soleil, calcul d'une année lumière et des différentes distances à l'étoile la plus proche du soleil, diamètre de la galaxie, ...

Voici les données de la trajectoire de Mercure utilisées pour le TP.

Indice	Date	Angle (α) en degré	Distance r en U.A.	Distance à reporter (échelle 30 cm pour 1 UA)	Vitesse v en km/s
1	1995.0720	0	0,3075		58,9
2	1995.0725	31	0,3150		57,8
3	1995.0730	60	0,3360		54,6
4	1995.0804	85	0,3630		50,9
5	1995.0809	106	0,3920		47,3
6	1995.0814	124	0,4180		44,2
7	1995.0819	140	0,4400		41,7
8	1995.0824	155	0,4550		40,1
9	1995.0829	169	0,4640		39,1
10	1995.0903	183	0,4670		38,8
11	1995.0908	197	0,4620		39,3
12	1995.0913	211	0,4500		40,6
13	1995.0918	227	0,4320		42,6
14	1995.0923	244	0,4080		45,4
15	1995.0928	263	0,3810		48,6
16	1995.1003	286	0,3520		52,4
17	1995.1008	312	0,3260		56,1
18	1995.1013	342	0,3100		58,6
19	1995.1018	13	0,3090		58,7

Algorithmique et programmation

Deux objectifs pour ce thème :

- comprendre comment fonctionne un programme en donnant quelques notions d'algorithmique ;
- appliquer ceci à la robotique.

Nous nous sommes appuyés sur les fiches de travail d'Y. Monka (www.maths-et-tiques.fr).

Nous commençons par une utilisation avancée du tableur avec le calcul de la suite de Fibonacci puis de la formule d'Euler permettant d'approcher le nombre π .

$$\pi = 2 \times \left(1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \times \frac{2}{5} + \frac{1}{3} \times \frac{2}{5} \times \frac{3}{7} + \frac{1}{3} \times \frac{2}{5} \times \frac{3}{7} \times \frac{4}{9} + \dots \right)$$

Les plus rapides pourront aller jusqu'à la formule de Viète. Ces deux formules ne sont pas évidentes à programmer sur un tableur pour des élèves de troisième.

Les séances suivantes concernent l'algorithme et la programmation. Nous travaillons sur l'affectation, les boucles voire l'affectation conditionnelle pour les plus rapides. Nous faisons à chaque fois le lien entre algorithme et programmation avec le langage Python. Les algorithmes sont testés à la main sur des valeurs numériques avant d'être traduits en langage Python.

Nous avons ensuite pu appliquer les acquis des séances précédentes pour programmer le déplacement d'objets sur un écran : gestion des bords, rebonds, rotation, ..., puis la gestion du déplacement d'un robot en prenant exemple d'un aspirateur automatique dans une pièce vide rectangulaire. Cette application n'a pas été terminée faute de temps, nous espérons pouvoir la reconduire l'an prochain dans son ensemble.

Neurosciences

Pour cette thématique, les statistiques sont à l'honneur. Nous reprenons le travail sur tableur initié en début d'année pour des calculs de moyenne. Nous introduisons la notion d'écart à la moyenne en parlant d'écart-type. L'utilisation de la fonction du tableur et le graphique permettent aux élèves de comprendre cette notion sans en expliciter le calcul. Le travail sur les êtres vivants va nous amener à utiliser les gaussiennes. Nous introduisons donc ces courbes à partir de différentes données trouvées sur Internet. Au niveau du tableur, cela implique l'utilisation de différentes formules (« nb.si » entre autres pour compter le nombre de valeur dans un intervalle donné).

Vient le temps de l'application sur deux jeux de données, dont un sera acquis par les élèves. Nous travaillons sur des souris mutantes dont un gène a été modifié ce qui a pour effet de modifier des caractéristiques physiques de certaines parties de leurs cellules nerveuses mais également de modifier leur comportement.

Les élèves ont travaillé sur les caractéristiques des neurones en comparant des mesures effectuées par les chercheurs sur les souris mutantes et les souris test. Ils ont eu à se demander si un écart de moyenne entre deux jeux de données était significatif ou non, c'est-à-dire si on pouvait attribuer cet écart au hasard (les données ne diffèrent pas assez, et donc on conclut qu'il n'y a pas de différence entre souris mutantes et souris test) ou bien si cet écart est assez marqué pour qu'on conclue à l'existence d'une différence.

Leur réflexion a été confrontée aux décisions prises par les chercheurs. Dans le deuxième test, ils ont eu à mesurer des temps d'action des souris mutantes et des souris test pour les comparer. Au cours de ce travail statistique, ils ont donc pu aborder la dispersion des données expérimentales et le moyen d'en rendre compte dans les résultats d'expérience. Le problème du faible nombre d'échantillons a également été posé.

Voici un exemple de données sur lesquelles ont eu à travailler les élèves et la question qui leur a été posée:

Les résultats sont en secondes (il s'agit d'un temps d'interaction).

Est-ce que le comportement des souris test et des souris mutantes est significativement différent ?

N° de souris	Test	mutantes
1	116	47
2	77	19
3	86	58
4	67	55
5	54	56
6	50	22
7	33	55
8	75	63
9	92	41
10	82	39

Cryptographie

C'est la plus mathématique des thématiques, la cryptographie se basant beaucoup sur les nombres premiers mais également sur les calculs modulo n . Nous introduisons donc les calculs en binaire, en lien avec la première thématique sur la programmation et l'informatique puis dans des bases différentes (nous avons travaillé en base 26 pour le décodage de message dont le code associe une lettre à un nombre). Puis des exercices d'addition et de multiplication modulo 7 car c'était l'exemple choisi par notre intervenant. Nous avons travaillé sur le codage dit « El gamal » dont voici le principe :

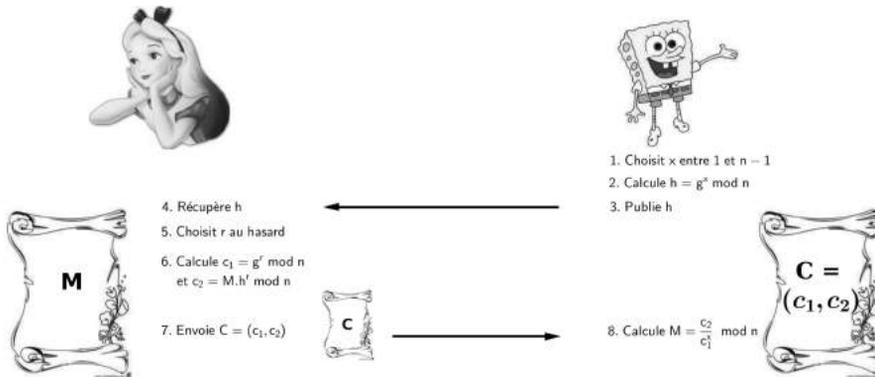
Alice, dont la clé publique est $g = 3$ veut envoyer le message M (compris entre 0 et $n - 1$) à Bob.

Bob possède la clé (x, h) :

– x est sa clé privée : il la garde secrète.

– h est sa clé publique : il la donne à tous ceux qui veulent lui écrire.

Voici le schéma du décryptage :



Deux exemples :

1) La clé publique de Bob est $h = 2$.
Alice veut envoyer $M = 6$ à Bob.
Elle choisit $r = 4$. Que recevra Bob ?
Retrouve M .

2) La clé privée de Bob est $x = 2$.
a) Que vaut sa clé publique ?
b) Il reçoit $C = (2, 2)$. Déchiffrer ce message..

Pour la deuxième partie, il nous a fallu anticiper un peu le programme car les élèves n'avaient pas encore abordé la résolution de système à deux inconnues. Nous avons abordé ce thème par une résolution graphique grâce à Géogebra.

La résolution de système est utilisée pour le partage de secret.

Les nombres a et s sont inconnus.

On donne à chaque élève un papier qui contient les coordonnées d'un point $M = (x ; y)$ de la droite d'équation $y = ax + s$. Voici les consignes données.

1) Tout seul, vous ne pourrez pas trouver s . Pourquoi ?

2) À deux, vous pourrez trouver s . Pourquoi ?

3) En vous mettant par deux, vous obtenez un système de deux équations à deux inconnues (a et s). Résolvez ce système et trouvez le secret.

Enfin, le chercheur qui intervenait avait besoin que les élèves sachent que l'identité de Bezout avait toujours une solution. Nous avons donc proposé une activité autour de cette identité avec résolution de plusieurs cas assez simples.

Mécanique

Pour cette thématique, deux chercheurs du CEA sont venus nous parler de la modélisation mécanique du comportement de pièces utilisées en ingénierie spatiale : une pièce d'un moteur de fusée et la « colle » utilisée pour assembler deux pièces d'un miroir spatial de grande dimensions.

Nous avons donc travaillé sur la notion d'action-réaction en faisant intervenir les forces et les vecteurs. Deux notions qui ne sont plus au programme de troisième mais qui étaient nécessaires pour comprendre les présentations. L'un des chercheurs est venu avec des legos pour illustrer les sommes de forces et le principe d'action-réaction. Après l'application de ce principe au décollage d'une fusée, les intervenants ont abordé la notion de contrainte et déformation de matériau pour en étudier le comportement. Les notions mécaniques sont rudes pour les élèves mais l'application à la science spatiale fait mieux passer le sujet.

Bilan

Malgré la difficulté de certaines interventions et de certaines notions mathématiques, l'atelier plaît beaucoup aux élèves. Les retours très positifs nous permettent de le reconduire pour la troisième fois cette année avec 15 nouveaux élèves. Nous devons tous les ans faire une sélection car nous avons trop de demandes (une vingtaine par an, l'idée de travailler deux heures de plus sans note peut refroidir certains élèves de troisième). Certaines thématiques vont changer, d'autres vont rester identiques avec quelques évolutions.