

Séjour scientifique

Patrick Radoszycki et Nadia Souchon
avec la collaboration rédactionnelle
de Monique Leenhardt

Sur l'initiative de deux professeurs de mathématiques de lycées d'Albi, (M. Radoszycki, professeur au lycée Bellevue et Mme Souchon, professeur au lycée Rascol) deux classes de terminale S sont parties pour un voyage à Paris du 8 au 12 décembre 2000, dans un but scientifique. Les 24 élèves de terminale S-Biologie et les 35 élèves de terminale S-technologique étaient accompagnés, outre leurs deux professeurs de mathématiques respectifs, d'un professeur de philosophie Mme Boutet et d'un professeur de physique-chimie M. Chiffre. Au programme figuraient la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette, le Conservatoire National des Arts et Métiers, le Muséum National d'Histoire Naturelle, le Palais de la Découverte et l'Institut Henri Poincaré où était prévue une rencontre avec des chercheurs. Voici des extraits de leur récit de ce séjour.

Préparation du voyage (racontée par les professeurs)

Ce voyage avait été annoncé et préparé dès le début de l'année et, les buts ayant été décrits, cela avait créé une motivation pour « ouvrir » le cours de mathématiques sur l'extérieur. Par exemple, à l'occasion de l'étude des nombres complexes, les élèves de terminale S-Techno se sont intéressés aux fractales, échangeant des informations glanées dans des revues ou sur Internet. De même, en terminale S-SVT, on a eu l'occasion d'évoquer quelques conjectures célèbres et d'échanger autour de l'actualité des mathématiques (problèmes à un million de dollars...). Nous avons aussi travaillé avec les professeurs de philosophie. La motivation était de poser des questions au chercheur que nous allions rencontrer, mais aussi de travailler sur la démarche scientifique, le lien des mathématiques avec les autres sciences, la place et la spécificité des mathématiques, ... Ainsi, lors de la rencontre de nouvelles notions ou de nouvelles façons d'aborder un problème, peu à peu surgissaient des questions qui permettaient d'ancrer dans la réalité mathématique certains concepts vus en philosophie, et inversement surgissaient en philosophie des questions s'appuyant sur leur vécu des sciences. (Voir en annexe 1 la liste des questions qui avaient été préparées.)

Nous avons présenté chaque musée dans sa particularité.

En SVT, le professeur a préparé un questionnaire sur la visite de la grande galerie de l'évolution du Muséum d'Histoire Naturelle.

Nous avons fait également l'historique de l'Institut Henri Poincaré, son but, son rôle dans la recherche scientifique, l'importance de sa bibliothèque. Nous avons insisté sur Émile Borel, fondateur de l'IHP (Albi est situé entre Saint-Affrique et Montauban... !). Afin de voir de plus près comment travaille un chercheur en

mathématiques, nous leur avons conseillé la lecture de la biographie de Paul Erdős. Pour préparer la visite du CNAM, nous avons insisté, surtout avec les élèves de S-techno, sur son histoire et sur l'importance de la vulgarisation scientifique. Une synthèse des documents avait été commentée aux élèves les préparant à apprécier ce musée dans sa dimension historique, les sensibilisant à la beauté et à l'émotion que dégagent ces collections et leur présentant le rôle actuel du CNAM dans la formation et la recherche.

D'autre part les élèves étaient informés au fur et à mesure de l'avancement des démarches pour l'organisation du voyage. En plus du travail intégré au cours, nous prenions 5 minutes en début d'heure. Nous avons pris aussi une heure de vie de classe pour la présentation des visites. Le travail demandé aux élèves a été fait en dehors des cours. Une réunion avec les élèves et leurs parents a été organisée autour des objectifs et des modalités pratiques du voyage.

Nous avons découpé les visites en différents thèmes et les élèves, par groupes de 2 à 4, devaient s'inscrire pour un ou plusieurs thèmes par site, de manière à couvrir l'ensemble des parties que nous avons choisies.

Les visites (d'après les récits d'élèves)

Pour chaque musée, voici quelques points qui ont particulièrement marqué les élèves en mathématiques.

La Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette

Les fractales : Les élèves ont retenu que les figures géométriques classiques, si elles sont utilisées depuis fort longtemps pour modéliser les formes naturelles et les constructions, ne sont pas adaptées à des formes très irrégulières qui apparaissent aussi bien dans des contextes scientifiques spécialisés (dépôt électrolytique, front de percolation, ...) que dans des objets familiers (formes des montagnes, des côtes de la Bretagne ou du chou-fleur, ...). La géométrie fractale propose de nouveaux objets permettant la mathématisation de ces formes complexes. Une des propriétés fondamentales des fractales est la « self-similarité » à toutes les échelles : en grossissant n'importe quelle partie, on retrouve une structure similaire à la structure globale. En conséquence, un objet fractal contenu dans un volume fini peut avoir une longueur ou une surface infinie. Fractal vient du latin FRACTUS qui signifie « brisé ».

Le CNAM

Une exposition temporaire « Portraits d'objets mathématiques » a particulièrement retenu l'attention des élèves. Cette exposition a été réalisée par Michel Séméniako qui a utilisé la photographie stéréoscopique. Accrochés aux murs sont disposés des sortes de tableaux représentant des objets aux formes et aux géométries variables. Ces objets sont dits « mathématiques ». Au pied de chaque tableau se trouve une sorte de pupitre qui permet de voir les objets du tableau en relief. Puis au centre de la salle se trouve la reproduction de chacun des objets représentés sur les tableaux.

Le CNAM possède plus de 200 modèles de géométrie construits soit en fil de soie, soit en carton, cristal ou plâtre comme ceux photographiés et exposés. Les modèles

présentés dans cette exposition ont été construits entre 1860 et 1880 par C. Muret, géomètre de la Ville de Paris, sous la direction d'E. Levasseur, membre de l'Institut. Ils sont destinés à l'enseignement supérieur. Ils permettent l'étude des surfaces réglées, paraboliques, hyperboliques, conoïdes, des surfaces hélicoïdales, des pénétrations et des multiples polyèdres comme les polyèdres étoilés de Poinot ou les polyèdres semi-réguliers de Catalan(*).

Le Palais de la Découverte

Ici aussi une exposition temporaire « Autour du compas » a fait l'objet de l'attention particulière des élèves. Ils ont retenu que la naissance de la géométrie était due aux arpenteurs Égyptiens qui utilisaient la droite et le cercle dans leurs travaux. Euclide formalisa les opérations des arpenteurs par un système complexe de définitions et d'axiomes ; la droite et le cercle deviennent ainsi des objets abstraits. Parmi les exemples de courbes, les élèves ont retenu les sections coniques et les premières propriétés de l'ellipse et de l'hyperbole.

L'Institut Henri Poincaré

Le point de départ a été la visite de la très riche bibliothèque de l'IHP commentée par la bibliothécaire, Madame Hélène Nocton. Cette dernière a fait d'abord l'historique de l'IHP et a impressionné les élèves par sa connaissance du monde des mathématiques. L'Institut attire des chercheurs du monde entier tant en mathématiques qu'en physique théorique. En relation avec d'autres centres dans le monde, l'Institut peut fournir un maximum de documents aux personnes travaillant dans ces lieux ou dans d'autres pays. Des séminaires y sont organisés toute l'année autour des travaux les plus récents. Ils permettent à des chercheurs du monde entier de se rencontrer et d'échanger.

Ensuite les élèves ont rencontré deux chercheurs en mathématiques, Jean-Michel Maurel, professeur à l'ENSET de Cachan et spécialiste de mathématiques appliquées, et Jean-Michel Kantor, professeur à l'Université Paris 6 Jussieu, spécialiste de mathématiques pures et créateur de l'espace mathématique à La Villette. Les élèves avaient préparé toute une batterie de questions. Ils n'ont pas pu toutes les poser, par manque de temps et aussi parce qu'ils étaient intimidés. Mais ils ont eu des éléments de réponses. Le débat leur a paru très riche (cf. Annexe 2). Dans un premier temps les chercheurs leur ont brièvement expliqué leur métier et l'intérêt des mathématiques. En effet, on peut rendre compte du réel à l'aide de formules mathématiques, l'ordinateur est un excellent outil qui permet d'effectuer de nombreux calculs très rapidement. La recherche est guidée par les attentes de la société : plus celle-ci est demandeuse, plus la recherche sera dynamique. Toute question nouvelle appelle une nouvelle théorie. Le mathématicien a son rôle à jouer dans la société par l'étude des modèles. Question méthode, pour un problème qu'on ne sait pas résoudre, on peut utiliser un problème plus simple pour pouvoir y répondre. On peut aussi résoudre un problème en le généralisant (exemple : les conjectures de Fermat). Les questions qui généralisent ouvrent souvent le problème.

(*) NDLR : La SBPMef publie un bel ouvrage sur Catalan. Cf. page 25 de la plaquette de septembre 2001.

Une théorie peut être par la suite enseignée au public.

Ensuite, on leur a présenté une série de petits films sur des notions mathématiques : les nombres irrationnels, la mesure du temps, Kepler et les empilements de sphères, les problèmes de navigation et la notion de plus court chemin...

Le retour

Chaque petit groupe d'élèves a donc ramené des notes brèves sur les thèmes qu'il avait choisis et a présenté le résultat de son travail sur une disquette (traitement de texte, images scannées, ...) sans l'aide des professeurs. Ces différents travaux ont été corrigés, puis rassemblés dans la brochure compte rendu. Chacun a pu ainsi bénéficier du travail de tous, car il est bien sûr impossible de tout voir dans un musée, et il est intéressant de comparer les différentes approches. Cette production est disponible sur les sites Internet de nos lycées et de l'Académie de Toulouse.

Après le voyage, mis à part la rédaction de la brochure, nous avons continué à échanger ce que nous pouvions lire ici et là dans les médias à propos des mathématiques, mais de moins en moins souvent à l'approche du bac.

Conclusion des professeurs

Nous voulions faire sentir à nos élèves que la vulgarisation scientifique et, en particulier, mathématique, est possible et nécessaire et leur donner l'appétit d'une culture scientifique. La visite du CNAM témoignait très fortement de la volonté de vulgarisation et de promotion des avancées scientifiques dans le monde de l'industrie et de l'économie en général. Par ailleurs le « débat » avec des chercheurs à l'Institut Henri Poincaré a apporté une large ouverture sur le rôle et la place des chercheurs dans la société.

Nous pensons que ce projet aura motivé les élèves et, en particulier, les filles pour une orientation scientifique et qu'il les aidera dans leur poursuite d'études.

Impressions des élèves

Céline : Nous sommes arrivés à Paris au petit matin après une nuit dans le bus, nous voilà donc prêts pour notre première journée dans la capitale (...).

Élodie : Le voyage était très bien organisé et le but scientifique était clairement exprimé à travers les différents musées que nous avons pu visiter. Ma préférence se porte sur le Conservatoire National des Arts et Métiers (car il se rapporte plus à mon projet d'études supérieures dans la mécanique) avec sa magnifique exposition de mécanismes et d'objets mécaniques en bois. Mais la représentation du pendule de Foucault m'a également intéressée.

Julien : Points forts : La Villette, le Palais de la Découverte, l'exposé sur la lumière Laser, les soirées, ... Points faibles : les repas au restaurant de la rue de Rivoli.

Yannick et François : Ce voyage fut agréable à tous points de vue. L'ambiance qui y régnait était parfaite, la résidence aussi, les visites ainsi que les ballades à pied agréables. Le rythme imposé pour faire tout cela fut difficile à suivre mais l'envie de tout voir était présente.

Ce voyage a permis de renforcer des liens déjà existants dans la classe et en a créé de nouveaux, et pour cela on vous remercie. Seule la durée du séjour serait à revoir car 5 jours à Paris c'est peut-être un peu juste pour prendre le temps de tout apprécier à sa juste valeur.

Notre visite la plus constructive et la plus intéressante était la Cité des Sciences et de l'Industrie de La Villette, mais à notre plus grand regret cette journée fut trop courte pour tout visiter. De même pour la grande galerie de l'évolution car c'est notre spécialité.

Annexe 1 : Questions préparées en cours de philosophie et de mathématiques

Sur le statut de l'objet mathématique :

- Les mathématiques traitent-elles d'objets réels ou d'objets construits par l'esprit ? S'il s'agit d'objets réels, de quelle sorte de réalité s'agit-il ?
- Pensez-vous que les mathématiques sont des « essences » ou des « formes » indépendantes du monde sensible comme de l'esprit qui les conçoit ? Les concepts mathématiques ne sont-ils que de simples « fictions logiques », des abstractions symboliques commodes, mais dénuées de tout contenu intuitif ?
- Êtes-vous du même avis que le philosophe Jean Toussaint Dessanti qui observe que les mathématiques ne sont, au bout du compte, « ni du ciel, ni de la terre » (La philosophie silencieuse, 1975) ?
- Que reste-t-il à explorer dans les mathématiques ?
- La philosophie peut-elle nous aider dans le raisonnement mathématique ?
- Les limites des mathématiques sont-elles atteintes ?
- Pensez-vous qu'un jour aucune nouvelle découverte ne sera possible ?

Sur la question des méthodes :

- On a tendance à accentuer en mathématiques le rôle de la démonstration rationnelle, est-ce que l'utilisation de l'informatique introduit une part d'expérimentation ?
- Comment dans sa pratique un chercheur en mathématiques prend-il en compte le statut des axiomes ou des postulats ?
- La rigueur mathématique exige-t-elle que tout soit démontré ?
- L'infini « actuel » est-il concevable ?
- Quel a été pour vous le mathématicien le plus influent dans les mathématiques d'aujourd'hui et pourquoi ?

Sur un registre plus personnel :

- Aimez-vous la littérature et la philosophie ?
- Comment êtes-vous entré à l'IHP ?
- Comment s'est développé pour vous le goût pour les mathématiques ?
- Que vous apportent les sciences dans le quotidien ?
- Comment vous est venue l'idée de devenir mathématicien ?
- Quel niveau d'études et quelles qualités doit-on avoir pour faire ce métier ?

- Qu'est-ce que vos recherches ont de concret ?
- Est-ce que la carapace d'une tortue représente une fractale ?
- Pensez-vous que la recherche en mathématique va évoluer ?
- Pourquoi les jeunes chercheurs émigrent-ils ?
- Selon vous quel est le plus grand mathématicien du monde ? Euclide ? Thalès ?
- Vous est-il arrivé de vouloir mettre en doute la validité de certains postulats ?
- Cherchez-vous en mathématiques pures ou appliquées ?

Annexe 2 : Résumé du débat avec un chercheur

- Beaucoup de chercheurs sont aussi des enseignants.
- Les recherches effectuées par ces personnes dépendent des attentes de la société, ils ne sont pas entièrement libres de leur recherche.
- La recherche est aussi conditionnée par les progrès techniques.
- Il y a régulièrement des nouvelles théories en mathématiques.
- Les mathématiciens vont partir d'une situation qui se trouve dans la nature et ils vont chercher à l'expliquer.
- Les mathématiques ne sont pas visibles et, quand elles se voient, elles ne sont pas lisibles.
- Le langage mathématique n'est pas compris par le grand public.
- Le métier des mathématiciens est de résoudre des problèmes.
- Ce que ça apporte aux mathématiciens : du plaisir et un but.

La recherche dans le monde

- L'état ne gère pas les scientifiques, ils doivent être en relation avec le monde actuel.
- Les scientifiques sont libres.
- La recherche n'existe que si la société est dynamique.
- La recherche est conditionnée par les progrès techniques.
- Les sciences utilisent toujours les nouvelles technologies.
- La société attend un contact avec les mathématiciens (la majorité des scientifiques produisent leur savoir grâce à des conférences...).
- La recherche existe quand la société est dynamique ; elle est conditionnée par le fait de la mise à disposition de la technologie (les ordinateurs aident beaucoup les chercheurs).