

Apprenti chercheur

Nicolas Vanlancker

Dès PLOT n° 9, nous vous présentions l'association MATH.en.JEANS. Depuis, cette association a bien grossi. Son essor repose sur des investissements individuels. L'enthousiasme de Nicolas Vanlancker est perceptible dans cet article. Alors, pourquoi pas vous ?

Parfois, il est frustrant, pour un enseignant de mathématiques, de ne pouvoir laisser aux élèves le temps de chercher... Explorer toutes les idées, les confronter à celles des autres, formuler des hypothèses, les tester et observer les contradictions. Toutes ces expériences me semblent nécessaires à la formation de l'esprit scientifique et sont l'essence de la réflexion mathématique. Dans les pratiques « habituelles » d'enseignement, certaines activités permettent aux élèves d'explorer les méandres de leur raisonnement (problèmes ouverts, débat scientifique, narration de recherche...), mais elles sont souvent limitées (par le temps, le nombre d'élèves). C'est pour répondre à ces envies personnelles que j'ai créé un atelier de pratique scientifique « MATH.en.JEANS » il y a 5 ans au collège Jean Jaurès de Vieux-Condé. Cette activité mathématique se déroule en plusieurs étapes que je vais vous présenter.

Faire de la recherche avec un mathématicien

Ouvert aux élèves volontaires, l'atelier MATH.en.JEANS propose de réfléchir pendant un an, à raison d'une heure par semaine, sur des sujets de recherche mathématique proposés par un chercheur. Cette année, notre atelier est accompagné par Michael Balan, du laboratoire LAMAV* de Valenciennes. Lors de la

séance inaugurale, il est venu présenter aux élèves deux problèmes :

- trouver, si elle existe, la stratégie gagnante (qui permet de gagner à coup sûr) au jeu de Chomp (comment faire manger par l'adversaire le carré empoisonné d'une tablette de chocolat),
- trouver toutes les formes polygonales permettant de créer des « stamp folding puzzles » (combien de façon y a-t-il de plier une bande de n timbres).

Les deux thèmes qu'il a choisis sont proches de la recherche mathématique actuelle : le premier est un sujet encore ouvert aujourd'hui, le second est une simplification d'un problème non résolu de pavage d'un plan par polygones.¹

Les heures suivantes, les élèves, partagés en deux groupes (entre 4 et 8), se sont lancés : premiers essais, premières hypothèses. Très vite, les idées fusent et se contredisent. De nouveaux essais sont nécessaires : quelques dessins, plus ou moins précis, quelques tentatives de démonstrations, des temps de discussion, de débat...

Très vite, les élèves doivent définir leur méthode : comment cerner au mieux leur sujet, réduire le champ d'étude, ou le morceler. Les idées sont analysées, pour être démontées ou vérifiées, via une démonstration. Certaines sont rejetées, abandonnées ou mises de côté.

Nicolas Vanlancker est professeur de mathématiques au collège Jean-Jaurès de Vieux-Condé (59) ; il est secrétaire de l'association MATH.en.JEANS

¹ Le site de l'association

<http://mathenjeans.fr> contient des centaines de sujets proposés les années précédentes.

* Laboratoire de Mathématiques et de leurs Applications de Valenciennes

Plusieurs fois dans l'année, le chercheur reviendra rencontrer les élèves : il valide les avancées, marque les étapes, reformule avec les élèves les points de blocage. Lors de l'une de ses venues, il aidera les élèves à accoucher de l'idée sur laquelle ils butaient depuis plusieurs semaines.

Le professeur, pendant un atelier MATH.en.JEANS, reste en retrait. Il ne transmet pas le savoir : il aide les élèves à le construire. Il ne les guide pas, ou très peu, il corrige les erreurs « parasites », celles qui pourraient gêner la réflexion sans être l'enjeu de celle-ci (erreur de calcul, erreur d'inattention...). Si des éléments théoriques sont nécessaires à un moment, c'est le chercheur qui les apportera.

D'un point de vue mathématique, les formes classiques de raisonnement vont être employées durant cette première phase de l'atelier : disjonction de cas, raisonnement par l'absurde, utilisation de contre-exemples... Même si les termes ne sont pas posés, ces techniques sont utilisées naturellement (alors qu'elles sont parfois difficiles à transmettre dans un cours). Voici des phrases échangées lors de la recherche du groupe « stamp folding puzzles » : « Commençons par étudier les triangles. Quand on aura fini, on fera les quadrilatères et ainsi de suite », les élèves ont bien compris la nécessité d'ordonner la recherche, de séparer les différents cas. Ils utiliseront d'ailleurs la méthode mise en place avec les triangles pour résoudre le problème avec les quadrilatères.

Il est aussi fréquent que, par nécessité, lors de la résolution d'un problème, les

élèves introduisent naturellement un codage, des symboles, ou des lettres pour représenter des grandeurs inconnues. Ils utilisent alors les bases de calcul littéral, qui les rebute pourtant en classe. Cette année, le groupe « jeu de Chomp » travaillait avec des rectangles de grandeurs indéfinies. Ils ont naturellement décidé de coder les longueurs en lettres et les largeurs en chiffres, afin de pouvoir parler de la case D5. Ils ont naturellement mis en place un codage, indispensable à la compréhension au sein du groupe. Plus tard, ils parleront d'un rectangle $m \times n$, m étant la longueur et n la largeur. Ils effectueront des calculs sur ces m et n . Je ne leur ai jamais suggéré d'utiliser les lettres, c'était une évidence pour eux.²

Lors de cette phase, les élèves sont donc réellement des « chercheurs ».

Contrairement à un travail fait en classe, le temps de l'atelier ne se compte pas en minutes mais en heures. C'est une richesse indéniable pour poursuivre la réflexion. Il est d'ailleurs plus que fréquent que les élèves prolongent la séance après la sonnerie « pour finir ce qui est commencé », « parce qu'on est en train de trouver... ».

Petit à petit, les élèves arrivent à dominer leur sujet et réunissent une petite collection de résultats. Évidemment, tous les groupes ne répondront pas à la question initialement posée, mais tous les élèves auront participé. Il n'y a d'ailleurs pas de sélection dans cette action : tout le monde peut participer. Cette année, deux élèves de quatrième qui auraient pu intégrer le cursus SEGPA en arrivant au collège ont souhaité participer et ont pris toute leur place dans cette réflexion.

² Ce sont des élèves de quatrième et de troisième.

Confronter ses résultats : vivre un congrès

Tout chercheur professionnel participe à des congrès. Ce sont des moments d'échanges essentiels, qui permettent de partager les idées, de vérifier les résultats, de s'inspirer des idées des autres...

L'association MATH.en.JEANS organise donc tous les ans un congrès de trois jours pour ces chercheurs en herbe. À tour de rôle, les groupes d'élèves présentent leurs travaux, sous forme d'exposé en amphithéâtre ou sous forme d'animation dans de plus petites salles. Parallèlement, d'autres animent des stands, permettant des échanges plus faciles, des manipulations, des essais... Les élèves ont aussi la possibilité d'assister à des conférences de mathématiciens.

Victime du succès de son action, l'association MATH.en.JEANS organise maintenant plusieurs congrès simultanés : Lille, Poitiers et Copenhague cette année, Épinal, Gap, Bobigny et Vienne l'année dernière...

Les élèves de Vieux-Condé ont donc participé au 23^{ème} congrès sur le campus de Lille 1 Sciences et Technologies du 30 mars au 1er avril 2012, intitulé « Mes Maths sans boss ».

Pendant ces 3 jours, ils ont cohabité avec les 800 autres participants : des élèves de primaire, des collégiens, des lycéens, des étudiants (de classes prépas, de licence...). En réussite ou en échec scolaire, issus de milieu aisé ou défavorisé, tous ces élèves se sont retrouvés sur un pied d'égalité pour échanger sur les stands, essayer les animations proposées, se rencontrer autour des mathématiques.

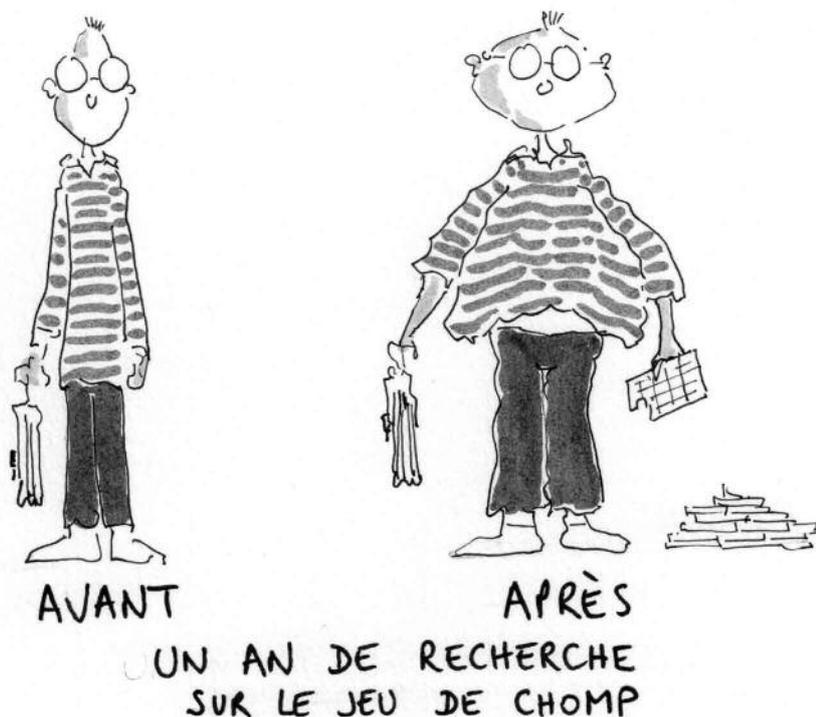
Mes élèves ont également assisté aux exposés de différents ateliers, à la confé-

rence de Jean-Paul Delahaye (autour du jeu de la vie), à celle de Dominique Barbolosi (autour de l'utilité des mathématiques dans la médecine) et à celle de Gijs Tuynman (autour de la caractéristique d'Euler). Puis vint le moment du passage en amphi. Grand moment de stress, où les élèves sont seuls au micro, avec l'appui d'un diaporama. Le professeur reste dans son siège, essayant d'envoyer des ondes positives...

En moins d'un quart d'heure, les élèves doivent présenter leur sujet, l'expliquer (difficile quand on le connaît par cœur), être audibles, compréhensibles, convaincre, susciter l'intérêt de leur auditoire... Ils ont préparé leur texte et essaient de s'éloigner de leurs notes. Ils se passent la parole, avancent les diapos.

Le groupe ayant travaillé sur le Jeu de Chomp est le premier à passer. Les élèves expliquent les différentes stratégies qu'ils ont trouvées pour gagner. Puis ils invitent un membre de l'assistance à venir jouer contre eux. Ils doivent gagner. Mais l'un d'eux s'emmêle : il a expliqué comment gagner à coup sûr et est en train d'offrir la victoire à son adversaire. Alerté par ses camarades, cet élève se rend compte de son erreur et triche ouvertement pour annoncer « j'ai gagné ! ». Le public a perçu qu'il maîtrise son sujet. Son erreur lui est profitable, les spectateurs ont parfaitement compris la stratégie gagnante qu'il voulait appliquer.

Dans le groupe qui a travaillé sur les « stamp folding puzzles », l'élève qui débute l'exposé est en grande difficulté scolaire. Il annonce le nom de ses camarades, le nom du chercheur et le titre du sujet. Comme convenu, il passe ensuite la parole. On ne pouvait pas demander plus à cet élève sérieux et impliqué toute l'an-



née. Il a rempli son contrat et a osé prendre la parole devant 300 personnes !

Au bout de dix minutes d'exposé, le chairman (un chercheur mathématicien) lance la session de questions. Les élèves spectateurs interrogent les conférenciers amateurs, ceux-ci bafouillent, ont du mal à clarifier leur réponse... C'est le moment le plus difficile, aussi bien pour les élèves que pour l'enseignant, qui n'intervient pas. L'un de mes groupes ne comprend pas la subtilité de la question qui leur est posée. Ils ont étudié les pavages par symétrie axiale et le spectateur leur demande de réfléchir à un pavage par d'autres transformations. Pourtant, un élève se lance très vite et répond avec aplomb : il répète la conclusion de son sujet. Pour lui, l'auditeur n'a pas compris ce qu'il a expliqué pendant son exposé. Cette réponse n'est sûrement pas celle attendue par le spectateur mais c'est sa réponse, il s'en est sorti tout seul, sans le secours du professeur. Les applaudisse-

ments marquent la fin de l'exposé. Les élèves sont fiers. Ils ont surmonté leur peur, ils ont expliqué leurs résultats, ils sont allés au bout de leur exposé. De plus, ils ont découvert la fac, un lieu qu'ils fréquenteront peut-être plus tard.

Pour l'un des groupes du collège, le stress de la présentation a été amplifié par la présence de caméras : cette année, certains exposés ont été filmés par l'université. Les élèves du collège se retrouveront donc sur la web TV de Lille 1.³

Tout comme pour un chercheur professionnel, la participation au congrès a permis à mes élèves de vérifier chacun des résultats annoncés, de se confronter au questionnement des autres élèves, des professeurs ou aux réflexions des mathématiciens présents. De plus, la présentation orale les a forcés à clarifier au maximum leur pensée. Leurs avancées ont été validées par les pairs : mes élèves ont terminé la phase de recherche.

³ 15 vidéos d'exposés MATH.en.JEANS sont disponibles sur Lille 1 TV. Pour les retrouver facilement, taper « mathenjeans Lille 1 TV » dans un moteur de recherche. Celle de mon collège s'appelle « Jeu de Chomp ».

Conclure la recherche : écrire un article

La phase de rédaction est inhérente à la phase de recherche. « *Ce qui se conçoit bien s'énonce clairement* ». Comme tout chercheur qui doit publier des articles, l'association MATH.en.JEANS invite les ateliers à transcrire leur recherche sous forme d'un article scientifique en vue d'une publication des actes du congrès.

Mais c'est la phase la plus difficile du projet. Le « soufflé est retombé » après le moment de « bouillonnement » qu'a été le congrès et les élèves ne reviennent pas facilement aux séances consacrées à l'article.

Dans mon collège au moins, tout travail de rédaction est souvent douloureux. Quelle que soit la matière, les élèves n'écrivent pas facilement. On peut dire qu'écrire leur recherche les inspire peu. Ils l'ont beaucoup ressassée et se contentent de recopier les notes préparées pour l'exposé oral. Pourtant, l'article scientifique demande plus que cela. Ce n'est ni un compte rendu d'expérience, ni une narration de recherche. Cela demande un travail énorme de reformulation, d'abstraction difficile à atteindre pour les élèves de collège. Ce fut d'ailleurs l'objet de la réunion entre professeurs organisée lors du congrès lillois : la rédaction d'un article scientifique est-elle à la portée de collégiens ? La question fait débat chez les enseignants.

Au prix d'une relecture par le professeur, qui doit souvent mettre la main à la pâte, les articles aboutissent enfin. Ils sont ensuite transmis au chercheur, qui va les relire, les corriger et, si possible, les valider.

Les élèves envoient alors leur article à

l'association, en espérant qu'elle arrive à mettre en place la publication attendue.⁴

Faire vivre différents apprentissages au sein de cette recherche

Pour l'enseignant, un tel atelier permet d'aborder des aspects qu'il est plus difficile de mettre en valeur dans le travail quotidien : le travail en autonomie, la prise d'initiative, l'expression orale, l'utilisation d'outils informatiques non dédiés aux mathématiques...

Mais cet atelier m'offre surtout la possibilité de laisser une plus grande liberté aux élèves. Il me permet de leur laisser le temps, les laisser construire le raisonnement, imaginer leur solution, sans devoir les arrêter à la première hésitation. Il me permet de les laisser pousser leurs idées jusqu'à leur contradiction ou leur validation. Il me permet de ne pas être celui qui apporte toujours trop rapidement le savoir ou la solution. Les élèves sont donc pleinement acteurs de la construction des mathématiques.

Malheureusement, c'est trop souvent le moment de la semaine où j'ai l'impression de faire le plus de mathématiques.

En lycée, un créneau favorable : l'Accompagnement Personnalisé (AP)

La réforme du lycée a mis en place l'Accompagnement Personnalisé. C'est un cadre idéalement adapté à cette expérience : les heures d'AP sont souvent communes à toutes les classes d'un même niveau ; il s'agit alors de recruter sur l'ensemble des classes concernées un groupe d'élèves désireux d'approfondir, ce qui est tout à fait à portée. L'heure de MATH.en.JEANS est alors incluse dans l'emploi du temps des élèves comme du

⁴ Faute de professeurs bénévoles en nombre suffisant, l'association MATH.en.JEANS n'arrive pas à relire les articles au rythme auquel elle les reçoit. Elle est à la recherche de toute bonne âme volontaire.

⁵ Des dossiers types sont disponibles sur le site de l'association et permettent de trouver quelques arguments.

professeur, et rémunérée comme une heure de cours, situation éminemment plus confortable qu'un club de mathématiques organisé à la pose méridienne éventuellement rémunéré par quelques HSE ou comme un atelier de pratique scientifique dont le créneau est difficile à trouver.

Le jumelage

Dans l'idée originelle de l'action MATH.en.JEANS, 2 ateliers (ou plus) de 2 établissements différents travaillent sur les mêmes sujets et se rencontrent lors de plusieurs séminaires dans l'année pour confronter leurs découvertes. Ce n'est pas très facile à mettre en place (il faut trouver un autre établissement, pas trop éloigné, les transports d'un établissement à l'autre sont une organisation lourde et perturbent les autres cours), mais ça vaut le coup : les élèves sont souvent fort réticents à mettre au propre leurs raisonnements. Une idée générale, une démarche intuitive même fort peu étayée leur suffit puisqu'elle les convainc. Ils sont naturellement amenés à rédiger des démonstrations plus solides s'il faut les présenter à un autre groupe.

Quelques points négatifs tout de même...

L'enthousiasme, la découverte, changer les habitudes sont stimulants en effet mais cette action comporte un côté assez lourd. Les déplacements pour les séminaires et pour le congrès sont coûteux, il faut donc trouver des subventions. Il y a probablement dans votre académie un dispositif pour encourager ce type d'initiative (les projets scientifiques sont souvent soutenus).

Mais cela veut certainement dire des dossiers à monter, souvent seul.⁵ Ils devront présenter le projet de manière argumentée et détaillée et il faut reconnaître que cette charge de travail est parfois conséquente (surtout si les demandes de subvention sont multiples afin de boucler un budget). La demande doit être effectuée longtemps à l'avance (souvent l'année précédente) pour être validée par le Conseil d'Administration de l'établissement...

Pour le déplacement au congrès, il faut également organiser le séjour, réserver un hôtel, des billets de train, avec un service SNCF pas du tout en phase avec le fonctionnement d'un gestionnaire administratif, organiser le transport jusqu'à la gare, généralement à des heures très matinales. Il faut enfin accompagner les élèves au congrès, gérer leur énergie foisonnante (et leur résistance au sommeil...) et éviter qu'ils ne s'éparpillent.

Sortir des sentiers battus demande un investissement certain, peu soutenu par l'institution, ce qui pourrait rebuter de nombreux collègues. Mais le jeu en vaut la chandelle : les élèves y mettent en œuvre de belles mathématiques, prennent des initiatives, développent des raisonnements poussés et formateurs. Leur enthousiasme est une gratification qui récompense de tous les efforts fournis.