

DÉMARCHE D'INVESTIGATION EN MATHÉMATIQUES : L'EXEMPLE DES ATELIERS MATH.EN.JEANS

Isabelle DUBOIS*

Résumé – Après avoir présenté l'association MATH.en.JEANS et ses activités, nous expliquons le principe et l'organisation des ateliers MATH.en.JEANS. Ces ateliers scientifiques permettent à des groupes d'élèves de tout niveau scolaire de mener de véritables recherches en mathématiques. Nous mettons ensuite en évidence les différentes caractéristiques de ces ateliers favorisant la mise en oeuvre d'une véritable démarche d'investigation en mathématiques.

Mots-clefs : démarche d'investigation, recherche en mathématiques en milieu scolaire, ateliers MATH.en.JEANS, ateliers scientifiques

Abstract – After having presented MATH.en.JEANS association and its activities, we explain the principle and the organization of the MATH.en.JEANS workshops. These scientific workshops make it possible groups of pupils of any school level to undertake true research in mathematics. We then highlight the various characteristics of these workshops supporting the implementation of a true inquiry-based approach in mathematics.

Keywords: inquiry-based approach, research in mathematics at school, MATH.en.JEANS workshops, scientific workshops

PRÉSENTATION DE L'ASSOCIATION MATH.EN.JEANS ET DE SES ACTIONS

1. *L'association MATH.en.JEANS*

L'association MATH.en.JEANS fut créée en 1990 en France, par Pierre Audin et Pierre Duchet, suite à une première opération menée en 1985-1986, intitulée « 1000 classes – 1000 chercheurs », suivie d'un projet pilote MATH.en.JEANS mené sur l'année scolaire 1989-1990.

L'association est soutenue par le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) et est agréée par le Ministère de l'Éducation Nationale. D'autres partenaires institutionnels ou associatifs la parrainent ou la soutiennent. Elle a obtenu en 1990 le prix de la démarche scientifique au Salon PERIF (réunissant des projets scientifiques en Ile de France), et en 1992, le prix d'Alembert de la Société Mathématique de France.

Le principal objectif de l'association est de soutenir et promouvoir la mise en place d'ateliers de recherche en mathématiques dans les établissements scolaires. Le nom de l'association correspond à un acronyme : **M**éthode d'**A**pprentissage des **T**héories mathématiques **e**n **J**umelant des **E**tablissements pour une **A**pproche **N**ouvelle du **S**avoir. Cet acronyme met en valeur le principe de ces ateliers : permettre à des élèves de découvrir les mathématiques autrement, par une véritable démarche de chercheur, tout en favorisant les échanges entre pairs. Toutefois, nous pouvons également considérer le nom de l'association au premier degré : les élèves font des mathématiques de façon décontractée –sans évaluation, sans compétition-, pour le plaisir.

2. *Les activités de l'association MATH.en.JEANS*

Nous présentons ci-après les différentes activités menées par l'association. Le détail des activités peut être consulté sur le site de l'association (<http://mathenjeans.free.fr/amej/>).

* IUFM de Lorraine – France – dubois@univ-metz.fr

Comme dit plus haut, la principale activité de l'association consiste à organiser des ateliers de pratique mathématique en milieu scolaire. Ce point sera développé dans le paragraphe II.

L'association mène également des actions de sensibilisation et de vulgarisation, par le biais d'animations et d'expositions, et par l'organisation de son congrès annuel. Elle conçoit également des ressources documentaires et pédagogiques, participe à la formation de formateurs ou d'enseignants, ainsi qu'à des recherches et expérimentations en éducation, notamment sur la problématique des situations-recherche.

3. Développement des ateliers MATH.en.JEANS

En 1989-1990, le projet pilote MATH.en.JEANS comportait 26 élèves, 2 enseignants et 1 chercheur. Les ateliers se sont vite développés, tout d'abord en région parisienne, puis en province et à l'étranger.

Depuis l'année scolaire 2009-2010 le cap des 1000 élèves concernés a été franchi, et l'année 2010-2011 a connu la création de nombreux ateliers dans les lycées français à l'étranger. C'est ainsi que l'association a dû scinder le congrès national 2011 en quatre lieux afin de faire face aux difficultés d'organisation inhérentes à ce développement. Le tableau 1 donne les statistiques des cinq dernières années (source : Rapport d'activité, année 2010).

	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011
Ateliers	59	66	73	85	112
Collèges et écoles	21	28	34	46	49
Lycées, universités, MJC	38	37	39	39	61
Collèges-lycées					2
Ateliers jumelés	26	30	37	49	59
Professeurs			142	169	221
Chercheurs			66	73	94
Elèves	568	619	840	1033	1378
Collèges et écoles	255	321	481	623	588
Lycées, universités, MJC	323	298	359	410	754
Collèges-Lycées					36

Tableau 1 – Statistiques des ateliers MATH.en.JEANS entre 2005 et 2011

Les établissements concernés par un atelier MATH.en.JEANS sont essentiellement des collèges et des lycées ; des ateliers ont existé et existent encore en école primaire et dans l'enseignement supérieur, mais de façon marginale. D'autre part, nous pouvons noter que seulement la moitié environ des établissements sont jumelés, malgré le principe fondateur de l'association. Cela est notamment dû aux difficultés concernant la mise en œuvre pratique de jumelages. Concernant la nature des jumelages, il est intéressant de savoir que des établissements de niveaux différents peuvent être jumelés (collège-lycée, école-collège ou lycée-université), ce qui représente un facteur d'enrichissement des jumelages.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN ATELIER MATH.EN.JEANS

4. *Les acteurs d'un atelier MATH.en.JEANS*

Un atelier MATH.en.JEANS fonctionne dans un établissement scolaire (primaire, secondaire ou universitaire), durant une année scolaire complète.

Un atelier fait intervenir trois types de personnes : des élèves volontaires de tout niveau et de différentes classes, des enseignants de l'établissement chargés de l'encadrement, de la mise en œuvre et de l'animation de l'atelier, et un chercheur –i.e. un mathématicien « professionnel », ayant une expérience du métier de chercheur- proposant des sujets de recherche et suivant l'avancement des travaux d'élèves.

Dans le cas d'établissements jumelés, le chercheur est commun aux deux ateliers, et propose les mêmes sujets.

L'effectif des ateliers n'est jamais très élevé, en général une dizaine ou vingtaine d'élèves. Les élèves se répartissent par petits groupes en fonction des différents sujets proposés.

5. *Organisation et soutien institutionnel d'un atelier*

Tout atelier MATH.en.JEANS est une composante du projet de l'établissement dans lequel il se situe, et le projet est voté au Conseil d'Administration. L'établissement soutient et aide à la mise en œuvre de l'atelier. Suivant le cas, l'atelier s'inscrit ou non dans un dispositif institutionnel. Par exemple, depuis la réforme du lycée engagée en 2009-2010, un atelier peut s'insérer dans le cadre de l'accompagnement personnalisé en classe de seconde (secondaire5, 15-16 ans). Dans une grande majorité des cas, un atelier fonctionne sous forme d'un « club » -à l'instar d'un club sportif ou culturel-, c'est-à-dire en dehors des créneaux réservés à l'enseignement obligatoire. De plus, la plupart des ateliers s'inscrivent dans le cadre du dispositif national des ateliers scientifiques et techniques, encadrés par la circulaire n°2001-046 du 21 mars 2001, et actualisés par la circulaire n°2004-086 du 25 mai 2004. Les monteurs d'un projet d'atelier MATH.en.JEANS peuvent ainsi s'inscrire dans ce cadre et déposer un dossier auprès de la Délégation Académique à l'Action Culturelle de leur rectorat.

D'autres institutions ou partenaires d'un niveau local, régional ou national soutiennent les ateliers ou l'association : rectorats, inspection régionale, inspection générale, ministère de l'Education Nationale, Centre National de la Recherche Scientifique... Ce soutien peut se traduire par une reconnaissance pédagogique de ces ateliers, par le paiement d'heures d'encadrement pour les enseignants, par le remboursement des frais de déplacement pour le chercheur, et bien sûr par des subventions.

Les collectivités locales et territoriales (municipalités, conseils généraux, conseils régionaux) apportent également un soutien financier important, particulièrement déterminant pour l'organisation du congrès national. Un atelier a en effet besoin de moyens afin d'organiser les rencontres entre établissements jumelés et participer au congrès national (transport, hébergement, restauration)...

6. *Déroulement d'une année*

Nous prendrons l'exemple d'ateliers jumelés, pour lesquels l'organisation est plus riche qu'un atelier isolé.

Un atelier MATH.en.JEANS se déroule sur une année scolaire selon des séances hebdomadaires d'une durée de 1h à 2h, parallèlement dans chacun des établissements

jumelés. Ces séances sont ponctuées de séminaires, réunissant sur une demi-journée ou une journée entière, les acteurs des deux établissements et le chercheur. En général, les ateliers peuvent organiser 3 à 4 séminaires sur l'année. Le congrès national, se déroulant fin mars, est un moment fort de l'année : durant trois jours, il réunit les acteurs de tous ateliers nationaux et internationaux, ainsi qu'un public extérieur.

En début d'année scolaire se met en place une première phase de mise en route de l'atelier, durant laquelle : les élèves sont informés et recrutés -ils le sont parfois l'année précédente- ; le chercheur expose ses sujets ; les élèves en choisissent un ; le fonctionnement et le contrat de recherche sont expliqués.

Nous pouvons ensuite découper idéalement une année en plusieurs périodes, ponctuées par les séminaires et le congrès (Audin & Duchet, 2009, pp.350-351).

La première période est une phase exploratoire, caractérisée par la compréhension du sujet par les élèves, l'émergence des premiers essais et des premières idées. Le premier séminaire permet la mise en commun sujet par sujet des premiers travaux. Il en ressort un recentrage et une redéfinition des objets de recherche, une identification de questions-cibles, et de pistes pour les recherches ultérieures ; une aide conceptuelle peut être apportée par les enseignants ou le chercheur.

La deuxième période est une phase expérimentale, durant laquelle sont explorées les pistes et questions-cibles mises en exergue lors du premier séminaire, et durant laquelle les premiers résultats émergent. Le deuxième séminaire permet une mise en commun et un débat autour des premiers résultats obtenus, et favorise l'orientation et l'organisation des recherches ultérieures.

La troisième période est une phase constructive caractérisée par la consolidation et la structuration de la recherche, avec notamment la prise en compte par les élèves de l'enjeu de la preuve, la clarification des différents statuts des énoncés (conjectures, hypothèses, théorèmes...). Elle se ponctue par le troisième séminaire, permettant un tri et une synthèse des différents résultats obtenus, en vue du congrès à venir.

La quatrième période est une phase de mise en forme, de préparation des communications pour le congrès. Le congrès permet la communication publique, sous différentes formes -exposés, posters, animations sur stand-, des travaux de recherche, et favorise les échanges et les discussions avec un public large : élèves de tout niveau, adultes experts ou grand public.

Pour finir, la dernière période est une phase conclusive durant laquelle les connaissances sont validées, institutionnalisées, les oeuvres finales sont réalisées (articles, expositions...), et des prolongements sont envisagés. Un dernier séminaire bilan peut être alors organisé.

ÉLEMENTS FACILITANT LA DEMARCHE D'INVESTIGATION DANS UN ATELIER MATH.EN.JEANS

7. Les rôles des différents acteurs

Chaque atelier comprend trois types d'acteurs : les élèves, les enseignants de l'établissement, le chercheur. Les rôles de chacun sont définis par une charte pédagogique, ou contrat de recherche, dont on expose les grands principes aux élèves en début d'année scolaire.

Des repères pour les différents acteurs ont été rédigés et mis en ligne sur le site Web de l'association (http://mathenjeans.free.fr/amej/mej_quoi/memento.htm); nous pouvons aussi les retrouver dans un article du bulletin de l'APMEP (Audin & Duchet, 2009, pp.354-358). Nous en exposons ici les idées clés.

Le rôle des enseignants est de présenter, rappeler les objectifs, (re)négocier les règles ; d'observer, être attentif, analyser ; de dévoluer, motiver, responsabiliser ; de faire débattre, débattre, mathématiser ; d'orienter, faciliter, valider la recherche ; d'aider, fournir des outils. La difficulté principale de l'enseignant est de savoir s'effacer, voire se taire, pour laisser les élèves suivre leur cheminement. Ce n'est pas toujours facile, d'autant plus que les élèves sont souvent les propres élèves de l'enseignant, et que les rôles diffèrent de la classe ordinaire. L'enseignant est toutefois garant de la bonne marche du projet, et ne doit pas hésiter à intervenir en orientant les élèves ou en débattant avec eux si ces derniers s'enlisent ou se fourvoient. La posture de l'enseignant peut être facilitée lorsque ce dernier ne connaît aucun élément de réponse (ou très peu) concernant le sujet proposé par le chercheur. Cette situation est assez fréquente.

Le rôle du chercheur est de s'informer, concevoir et présenter des sujets, motiver ; d'encourager, donner confiance, déculpabiliser ; de populariser les mathématiques de la recherche ; d'initier à la démarche de recherche mathématique et à la preuve, légitimer ; de diriger les recherches. Le chercheur est moins présent que l'enseignant, est extérieur à l'établissement, et c'est un professionnel du monde de la recherche. Son rôle est ainsi déterminant, en particulier lors des séminaires qui ponctuent les grandes étapes de l'année. Son regard d'expert permet de diriger les recherches de façon plus pertinente que ne le ferait l'enseignant, et son expérience de chercheur permet de dédramatiser les situations, de rassurer les élèves. De plus, son statut professionnel –souvent impressionnant pour les élèves- permet de valoriser les travaux effectués.

Le rôle des élèves est d'être assidu, et participer sérieusement à l'atelier ; de fonctionner en équipe ; de prendre en charge les activités de recherche, de prendre son temps, de demander de l'aide si nécessaire ; de ne pas hésiter à suggérer de nouvelles pistes ou de nouveaux problèmes ; de garder les traces des recherches effectuées ; d'échanger, vérifier, communiquer ses résultats. Les élèves sont au centre du dispositif ; ils sont responsabilisés, mis en autonomie et valorisés.

Le cadrage ainsi mis en place est garant de la mise œuvre d'une véritable démarche d'investigation pour les élèves.

8. Caractéristiques des sujets proposés

Depuis la mise en place des ateliers, un grand nombre de sujets ont été proposés, pour des élèves de niveaux variés. Le site Web de l'association permet de retrouver presque tous les énoncés depuis sa création.

Les sujets sont proposés par le chercheur en concertation avec les enseignants. Les énoncés correspondent à des problèmes ouverts, toujours pour les élèves, souvent pour les enseignants, et quelquefois pour le chercheur également. Le chercheur s'efforce de rédiger un sujet abordable, accessible, motivant et donnant du sens pour les élèves.

La problématique doit être assez riche et complexe pour pouvoir être étudiée sur une année entière. Il est d'ailleurs rare que les élèves « épuisent » un sujet. Lors du congrès national, du fait des nombreuses interactions ayant lieu, les élèves prennent conscience des limitations de leurs travaux et des problématiques laissées en suspens, ou prolongeant naturellement leurs résultats.

Les thématiques des sujets sont diverses et parfois très éloignées des mathématiques que les élèves côtoient dans leur scolarité. Les problématiques peuvent être des illustrations d'authentiques sujets de recherche contemporaine. D'autre part, le point de départ des énoncés est souvent une situation concrète, posant ainsi la question de la mathématisation ou

de la modélisation du monde réel. Cette richesse des sujets contribue notamment à développer la culture scientifique et mathématique des élèves et les sensibilise aux enjeux actuels de la recherche scientifique.

9. *Quelques éléments clés caractérisant les ateliers MATH.en.JEANS*

Mettons en évidence les caractéristiques essentielles des ateliers MATH.en.JEANS concernant la mise en œuvre d'une démarche d'investigation.

Tout d'abord, le principe fondateur des ateliers est de faire jouer aux élèves le rôle d'un chercheur en mathématiques dans tous ses aspects : appropriation d'une problématique, activités de recherche autour de cette problématique, communications et échanges autour des premières investigations, synthétisation des résultats obtenus, communications orales et écrites des résultats auprès d'un public élargi...

Le temps accordé aux élèves pour leurs activités de recherche est long (une année scolaire) et régulier (séances hebdomadaires). Cela constitue un élément fondamental pour que les élèves puissent s'approprier toutes les phases du métier de chercheur citées ci-dessus.

L'autonomie et la responsabilisation des élèves, la dévolution de la problématique aux élèves sont évidemment les éléments qui permettent à chaque élève de s'engager personnellement dans une démarche d'investigation.

Le choix de donner des sujets attractifs et abordables mais ouverts, riches et profonds est garant de la mise en œuvre d'approches variées par les élèves ; leur imagination et leur créativité est largement favorisée.

L'encadrement assuré par les enseignants et le chercheur, avec pour chacun des rôles complémentaires, évite l'enlisement des travaux ou le découragement des élèves, permet un recadrage des activités, apporte aide, soutien et motivation au groupe.

Un autre aspect fondamental des ateliers est de favoriser au maximum les interactions entre les élèves. Tout d'abord, chaque sujet est travaillé par un petit groupe d'élèves dans un établissement. Ces élèves travaillent en concertation chaque semaine, se répartissent le travail suivant les idées de chacun. Des phases de régulation se mettent en place naturellement. Lorsqu'il y a bien jumelage entre deux établissements, les séminaires organisés permettent d'échanger avec un autre groupe d'élèves, qui aura rarement organisé ses recherches de la même façon. Les interactions sont ainsi très riches. La validation des résultats de chacun, la structuration des connaissances, et la mise en commun des travaux, notamment en vue de la préparation du congrès national, sont bien au cœur de ces échanges lors des séminaires. Et ces aspects constituent bien une partie importante de la mise en œuvre d'une démarche d'investigation. Rappelons également que dans les ateliers, et dans les jumelages, les élèves sont de niveaux variés (classes, cycles, structure, niveau scolaire), ce qui nécessite la mise en place d'un langage commun.

D'autres éléments complètent et enrichissent cette phase de validation, structuration et communication des travaux de recherche : interactions avec les enseignants encadrant l'atelier et avec le chercheur, communications lors du congrès national auprès d'un public élargi et ne connaissant pas la problématique étudiée, rédaction d'un article scientifique, conception d'expositions pour l'établissement...

Nous pouvons mettre en évidence d'autres éléments caractérisant les ateliers. Ainsi, la tenue de cahiers ou de classeurs dans lesquels les élèves consignent les moindres traces des recherches effectuées lors de l'atelier ; c'est un élément fondamental pour les élèves, qui montre l'aspect non linéaire des activités de recherche. Les élèves s'inscrivant dans un atelier

sont des élèves volontaires, s'engageant pour toute l'année (après des séances d'essai éventuelles), et qui ne sont pas recrutés suivant leur niveau en mathématiques. De fait, des élèves faibles ou moyens se retrouvent dans ces ateliers. Les élèves travaillent dans une ambiance décontractée, avancent à leur rythme, sans compétition et sans évaluation. La notion de plaisir à faire des mathématiques autrement est souvent évoquée par les élèves lors des bilans de fin d'année. Enfin, la tenue du congrès national, objectif central pour les ateliers, est un moment important dans la vie des élèves ; il est à la fois source de travail, d'appréhension, de découvertes, et de grand plaisir.

Pour aller plus loin dans la découverte des ateliers, découvrir des exemples de travaux de recherche réalisés, et des témoignages d'enseignants et d'élèves, on pourra consulter le dossier thématique paru dans le Bulletin de l'APMEP n°482 (Fournier, 2009 ; Grihon, 2009 ; Krob, 2009 ; Maréchal, 2009 ; Proal, 2009).

REFERENCES

- Audin P., Duchet P. (2009) MATH.en.JEANS : définition, exemples, contre-exemples, propriétés, démonstrations.... *Bulletin de l'APMEP* 482, 347-358.
- Fournier F. (2009) « L'invasion des uns » dans deux collèges de Midi-Pyrénées. *Bulletin de l'APMEP* 482, 387-403.
- Grihon P. (2009) Analyse comparée de deux sujets traités par des ateliers. *Bulletin de l'APMEP* 482, 371-392.
- Krob D. Dir. (2009) Une recherche sur les polyèdres. *Bulletin de l'APMEP* 482, 393-396.
- Maréchal G. (2009) Une année MATH.en.JEANS dans l'académie de Poitiers. *Bulletin de l'APMEP* 482, 361-370.
- Proal H. (2009) Comment MATH.en.JEANS valorise l'élève. *Bulletin de l'APMEP* 482, 358-360.