LES « APPRENTIS-CHERCHEURS » DE MATH.EN.JEANS

Atelier A3

Pierre DUCHET CNRS, Paris

Jean MAINGUENE IUFM des Pays de la Loire

Cet atelier, réparti sur deux séances avait pour objectifs de faire connaître les actions de type MATh.en.JEANS en primaire, et, après une mise en situation et une réflexion didactique, de discuter sur les difficultés apparentes et sur les apports que cela pouvait présenter pour la formation des maîtres.

L'OPERATION MATH.EN.JEANS

MATh.en.JEANS est l'acronyme de "*Méthode d'Apprentissage des **Th**éories Mathématiques **en** Jumelant des **É**tablissement pour une **A**pproche **N**ouvelle du **S**avoir*". L'objectif est la popularisation des mathématiques vivantes en milieu scolaire et universitaire par la valorisation des résultats et surtout des méthodes de la recherche.
MATh.en.JEANS associe les élèves les plus modestes (40% des actions ont lieu en "REP") et les plus favorisés, les élèves en difficulté et les plus brillants, les filles et les garçons, du primaire à l'université (exemples du projet en Maine et Loire depuis 1997 et de l'option de DEUG A à l'Université de Marseille-Luminy, des "projets d'articulation" CM2-6ème (Nanterre, Melun)).
En mettant les jeunes en liaison avec des mathématiciens et aux prises avec d'authentiques problèmes issus de la recherche actuelle, MATh.en.JEANS inverse la tendance courante de la classe de mathématiques et assigne à l'enseignant un rôle différent.
Pour se lancer dans l'étude, il n'est plus nécessaire de posséder d'avance tous les outils et la démarche de résolution n'est plus détenue par le maître. Certitudes et réponses cèdent la place au doute, au questionnement et à la découverte. Loin d'être réservée à une élite, l'activité s'adresse à tous : c'est par la représentation, le débat critique et la communication que se forgent les connaissances et s'affirment les capacités créatrices.

Ingrédients types du "jumelage MATh.en.JEANS"

Un(e) mathématicien(ne), deux établissements (école, collège, lycée, université...) ; dans chacun, un enseignant et une vingtaine d'élèves choisissant cette activité ; un bouquet de sujets à la fois attractifs et sérieux ; une "méthode" pédagogique et un calendrier prévoyant, sur l'année, un atelier hebdomadaire (travail collectif en petit groupes de 1h30 à 2h) , 4 "séminaires" réunissant tous les participants, et une présentation "officielle" des résultats (communication en congrès + article).
L'opération MATh.en.JEANS touche actuellement plus de 60 établissements et est coordonnée par une association de bénévoles (loi 1901), l'AMeJ (voir annexe 1)

UN MOMENT DE RECHERCHE

Le problème des découpages de Bolyai (voir énoncé en annexe 1) a été exposé et une courte séance de recherche a été proposée aux participants (l'un de nous jouant le rôle du professeur, l'autre celui du chercheur).
Un groupe a plutôt cherché à obtenir un certain nombre k de carrés identiques par découpage du carré de base et montrait la possibilité d'un tel découpage lorsque k est de la forme n^2 ou $2n^2$. L'autre groupe s'est plus intéressé au cas k=3 et aussi à l'obtention d'un triangle de base $\sqrt{3}$ (cela leur paraissait en un certain sens "équivalent", grâce à des découpages intermédiaires faisant apparaître des rectangles de longueur $\sqrt{3}$).
Le premier groupe avait également observé des exemples "d'équivalence" : il revient au même de chercher à obtenir 3 carrés identiques ou un 1 rectangle trois fois plus long que large. La discussion intergroupes et avec le chercheur, ont permis de préciser ces idées d'équivalence, en aboutissant notamment au résultat suivant : la relation "on peut découper A pour former B" constitue une relation d'équivalence...

SPECIFICITE "MAINE-ET-LOIRE"

Des expériences de type MATh.en.JEANS en cycle 3 avaient déjà eu lieu à Nanterre dès 1991-92. (Voir Actes des Congrès 1992,93,94).
Depuis 1997, a lieu en Maine-et-Loire avec le soutien de l'IA et de l'IUFM une action MATh.en.JEANS dédiée aux élèves de fin de cycle 3 des écoles primaires.
1997-1998 Quatre classes de CM2 sur Angers et Saumur, jumelages centre ville – ZEP. Congrès départemental à Angers.
1998-1999 Quatre classes de CM2 sur Angers (en fait une de CM1-CM2) et Saumur, jumelages centre ville - ZEP. Congrès départemental à Angers.
2000-2001 Quatre classes aussi, jumelage de deux classes de CE2 et CE2-CM1 et d'une classe de CM2 avec une classe de 6ème. Congrès départemental à Saumur.
2001-2002 Fonctionnement d'un club math. dans une grosse école d'Angers, les problèmes sont du même type que les années antérieures. 23 élèves venus des quatre classes de CM1 et CM2. Durée : 12 jeudis après la classe (à peu près une heure). Stand au Congrès national.

Voici un exemple de planning :

Date	Activité	Chercheur	Nombre de classes ensemble
5/12/1997	présentation et choix des sujets	oui	1
12/12/1997	séminaire de choix des sujets		1
9/1/1998	travail mathématique		1
16/1/1998	travail mathématique		1
23/1/1998	séminaire sur le travail mathématique	oui	2
30/1/1998	approfondissement du travail		1
6/2/1998	approfondissement du travail		1
6/3/1998	séminaire : préparation du congrès	oui	2
13/3/1998	mise au point de la préparation du congrès		1
20/3/1998	mise au point de la préparation du congrès		1
27/3/1998	congrès	oui	toutes
17/4/1998	rédaction finale, synthèse méthodologique		1

Les objectifs et compétences en jeu ne sont pas uniquement mathématiques mais aussi

transversaux.
1) en mathématiques, tout ce qui concerne la résolution de problèmes.
2) compétences transversales du cycle 3 (langue, traitement de l'information, méthodes de travail, désir de connaître et envie d'apprendre).
3) présenter un autre aspect des mathématiques et de la recherche. Les apprentissages mathématiques réalisés relèvent de l'attitude et de la démarche scientifique (décrite dans la suite de cet article) plus que des notions curriculaires ([1]).

Exemples de problèmes :

Thèmes de l'année 1997-98 (voir les productions d'élèves dans [6]) :
(1) Les couleurs de Guthrie (le problème du coloriage d'une carte de géographie avec le moins possible de couleurs : les pays frontaliers doivent être de couleurs différentes).
(2) Systèmes balançaires (Peser des nombres pour les écrire : inventer son propre système de numération en en forgeant les principes).
(3) Le cavalier d'Euler (Problème ancien du voyageur de commerce moderne : passer partout en minimisant son trajet ou passer dans le plus d'endroits possible dans un délai imparti).
(4) Des pions et des lignes (un pion suffit à surveiller les lignes (horizontales verticales ou diagonales) qui le contiennent. Combien de pions-gardiens suffisent pour surveiller toutes les lignes ?).
(5) Les tresses (Comment dénouer une tresse par addition d'une autre tresse ?).
(6) Pentaminos paveurs (Comment remplir une forme, la plus compacte possible avec des exemplaires donnés ?).
On trouvera en annexe 3 un autre exemple d'énoncé développé.

Bilan :

Succès d'estime de la part des enseignants, grand intérêt de la part des élèves mais aussi difficultés de faire comprendre la démarche à cause de l'ouverture des problèmes : peut-on poser un problème dont on ne connaît pas la solution ?

DES "SITUATIONS-RECHERCHE" ...

Selon une conception dominante et largement répandue dans les milieux éducatifs, la connaissance mathématique chez une personne donnée évolue suivant une progression graduelle.
Schématiquement, on identifie souvent trois niveaux qui peuvent, par exemple, être décrit ainsi (extrait de *Mathématiques du JIPTO* par G. Tomski, Paris 2002, `www.chez.com/jipto`):

- *Niveau initial :* on commence à comprendre la notion de mathématisation ;
- *Niveau moyen* : on acquiert un savoir mathématique qui peut aller du savoir très élémentaire jusqu'à la connaissance des théories mathématiques complexes ;
- *Niveau supérieur* : on est capable de créer du nouveau savoir mathématique.

Une telle conception doit beaucoup aux traditions et aux coutumes de formation ([2]). En fait, comme le montrent les analyses épistémologiques et didactiques des situations existantes dans les ateliers de recherche (concept de "situation-recherche" abordé dans [2] et partiellement développé dans [5]), cette conception s'avère erronée : si elle traduit bien la réalité structurelle

[1] Notons toutefois que la recherche donne sens aux savoirs curriculaires naturellement investis par les enfants dans leurs activités.
[2] Ce modèle progressif se trouve conforté, en fait abusivement, par certaines théories cognitives, notamment par la théorie piagetienne des stades du développement.

de l'organisation scolaire courante, elle tourne le dos à la réalité des processus d'apprentissage en mathématiques.
Nous avançons la thèse explicative suivante :

Thèse 1 : Un sujet ne peut "commencer à comprendre la mathématisation" que lorsqu'il peut créer du savoir mathématique.
Ou, sous une formulation légèrement différente :

Thèse 1' : Un sujet ne peut réellement comprendre une science qu'en la pratiquant, c'est à dire en participant lui-même à l'élaboration de connaissances scientifiques.

Nous nous contenterons ici d'éclairer ces thèses en posant quelques jalons théoriques qui permettent la conception des expérimentations de terrains et l'interprétation de leurs résultats.

Hypothèse 1 (ontologique) : Sur le plan fonctionnel (pour une approche cognitive et didactique), il n'y a pas de différence de nature entre recherche "novice" (c'est à dire sans bagage mathématique important) et recherche "experte" (i.e. supposant un haut niveau théorique et la maîtrise de technologies avancées).

Définition 1 (naïve) : On appelle *recherche mathématique*, toute activité d'un sujet, (ou plus généralement d'une institution A) qui **crée** des connaissances mathématiques pour une institution B.
Dans cette définition la notion essentielle est celle de "*création*" : ce terme indique bien sûr une nouveauté des connaissances construites [3] mais il exprime surtout que **la connaissance produite est apportée <u>par A</u>, <u>non par B</u>**.

Hypothèse 2. ("théorème d'existence") : Dans une institution éducative donnée, l'enfant , à n'importe quel niveau de connaissances initiales, peut pratiquer une recherche mathématique.
Une hypothèse plus forte, en cours de validation expérimentale, suggèrerait que la recherche mathématique (convenablement définie dans un modèle didactique précis) est présente, *de facto*, dans tout processus d'apprentissage ([4]) :

Hypothèse 3 ("conjecture de didacticité") : La *recherche mathématique*, en tant qu'activité d'un sujet étudiant des mathématiques, est <u>*constitutive*</u> du processus d'apprentissage de mathématique. (Cette hypothèse est à rapprocher de l'approche constructiviste de Vigotski).
C'est sur ces hypothèses, alors simples idées, qu'est née l'opération MATh.en.JEANS en 1989-90. Et c'est autour de motivations analogues que se montait en 1991, dans une banlieue défavorisée de Chicago , sous l'impulsion de Léon Lederman (Prix Nobel de Physique 1982) un projet d'une folle ambition : faire *réellement* <u>*pratiquer la science*</u> par les enfants, et ceci dès l'école primaire ([5]). On trouvera en annexe 4 les principes de cette expérience de Chicago.

[3] Nouvauté pour A et, éventuellement (mais pas nécessairement), pour B. Dans tous les cas c'est à l'institution B qu'il incombe d'évaluer cette "nouveauté".
[4] Le fait est que les "phases" de recherche en situation classique de classe passent le plus souvent inaperçue, non seulement parce qu'elles sont courtes, parcellaires et latentes mais surtout parce qu'elles ne sont pas institutionnalisées : elles restent généralement du domaine implicite, privé et individuel. Une preuve indirecte de ce phénomène est la nécessité de renégociation permanente du contrat de recherche entre le maître et les élèves dans les ateliers de recherche (voir notamment [8])
[5] C'est cette expérience de Chicago, qui s'est par la suite propagée en France sous le nom de "La main à la pâte" avec l'impulsion de G. Charpak, autre Prix Nobel : voir [3].

Pas de recherche sans objet :

L'***objet de science*** est l'hypothèse qui fonde la démarche scientifique et permet d'en rendre compte. Il s'enrichit des propriétés qu'on lui prête et est à la fois
- déjà là, donné, antérieur à son aventure scientifique
- construit, résultant de sa description scientifique.

L'objet de science est la force antagoniste à l'effort du chercheur. Il lui apparaît comme lacune de son savoir (cf. [4]) et comme instance de son ignorance.

En mathématiques, "faire de la science" suppose la rencontre par le sujet d'un "objet de science", d'un domaine de réalité problématique faisant question ([6]), devenant objet d'étude ([7]). L'exercice d'une démarche scientifique suppose que cette rencontre soit effective, directe ("concrète" pourrait-on dire), c'est à dire non médié par le professeur... C'est une telle rencontre avec un objet d'étude que nous nommons "***situation-recherche***"([8]).

Dans un sens plus théorique, le mot "*recherche*" (mathématique) apparaît maintenant comme l'activité d'un sujet *en situation-recherche*, activité qui se caractérisera essentiellement par la *transformation* de l'objet d'étude *(*devenu *objet de recherche*) en objet de connaissance soumis à l'expérience de la preuve (mathématique). Un sujet *cherche* s'il se trouve confronté à un objet d'étude sur une durée qui lui permet par une interaction directe avec cet objet, de transformer les représentations qu'il en a ([9]) et d'élaborer ainsi une connaissance.

A ce point, il importe de noter que si l'objet de recherche est lié au "Savoir" qui en permet sa présentation et sa description, il ne peut se confondre avec lui : il n'est en effet objet de recherche qu'en tant qu'il est inconnu : l'objet de recherche est "objet à savoir", non "objet de savoir".

La constitution en savoir d'une connaissance acquise par la recherche suppose donc une seconde transformation, une rupture de la recherche par l'intervention d'une *institution didactique*.

Un modèle détaillé d'un processus de recherche complet est présenté en annexe 5 ([10]): les observations expérimentales montrent, de manière frappante, que du point de vue fonctionnel, la recherche "novice" ne diffère pas de la recherche "experte".

Le tétraèdre didactique :

Au vu de ce qui précède, on conviendra que le fonctionnement des apprentissages dans une situation-recherche ne peut se comprendre que si on fait intervenir explicitement l'objet de recherche (R) comme l'un des pôles fondamentaux des relations didactiques possibles. Au *triangle didactique* traditionnel "Professeur—Élève—Savoir", il nous faut donc substituer un tétraèdre.

---

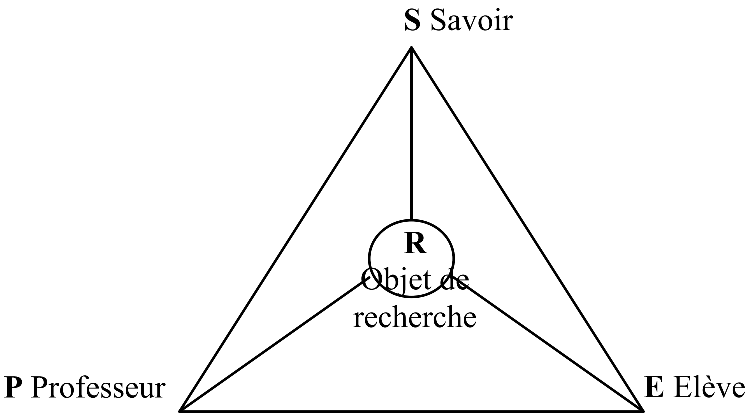
[6] Une intéressante illustration du l'intérêt questionnement "protomathématique" de l'enfant est fourni par [7].

[7] Nous nous inscrivons ici dans la perspective chevallardienne de la didactique comme "science de l'étude ", l'enseignement ne représentant qu'une des formes possibles de l'étude, la recherche en étant une autre...

[8] Ce néologisme semble nécessaire : les notions de "situations-problèmes" (Régine Douady, cf. [1]) et de "situation de recherche" (au sens usuel) sont proches mais différentes, car elles s'inscrivent dans des théories didactiques où l'objet de science n'apparaît que comme objet de savoir et non objet d'ignorance.

[9] On pourrait préciser que cette transformation est orientée par un certain *projet d'étude* et qu'elle obéit à un certain *contrat d'étude*...

[10] La naissance de concepts dans la démarche de preuve s'appuie sur des aller-retours fréquents qui émaillent tout cheminement de recherche. Ils ont été mis en évidence par I. Lakatos [9]. Le débat critique entre groupes de recherches différents est un puissant moyen d'avancement de la recherche : on peut notamment recourir à l'ingénierie du "débat scientifique" de M. Legrand [10] qui se prête bien à une transposition aux situations-recherche.



PISTES POUR LA FORMATION DES MAITRES

La discussion finale de l'atelier a beaucoup porté sur l'attitude des enseignants face aux problèmes, que ce soient des problèmes de type MATh.en.JEANS ou de simples situations-problèmes (au sens de R. Douady). Il en est ressorti que l'on constate une attitude frileuse de nombreux enseignants par rapport à des problèmes autres que ceux bien verrouillés avec une démarche et une solution uniques. Comment faire évoluer cette position, puisque les textes officiels et de nombreux travaux de didactique incitent à utiliser le problème comme un outil ? La conclusion du groupe a été d'envisager de mettre pendant le temps de formation des enseignants un moment de recherche mathématique (à leur niveau) de façon à faire évoluer – et c'est le principe d'une formation - la conception des mathématiques et des problèmes. Peut-être en faisant participer des stagiaires IUFM à des actions MATh.en.JEANS ?
Pour terminer, nous ne pouvons résister à l'envie de citer André REVUZ au chapitre mathématiques de l'Encyclopedia Universalis (reprenant en partie un thème de [13]) :
« Le problème didactique crucial vient de ce que la société donne pour mission à l'enseignant de faire connaître la science faite, alors que l'élève la perçoit comme une science à faire. Si l'enseignant - que la pression sociale par les programmes et les examens, pousse fortement dans ce sens - met trop fortement l'accent sur l'aspect "science faite", le dialogue avec l'élève est vicié dès le départ : l'enseignant imposera, contraindra, et l'esprit de l'élève au lieu de se développer librement et de prendre progressivement de la vigueur sera écrasé par la masse des acquisitions de la science faite. »

Bibliographie

[1] ARSAC G., GERMAIN G., MANTE M., Problème ouvert et situation-problème, IREM de Lyon, Université Lyon I, Villeurbanne, 1991.

[2] AUDIN P., DUCHET P. (1991), La recherche à l'école : MATh.en.JEANS, *Séminaire de Didactique des Mathématiques et de l'Informatique*. n°121, La pensée sauvage, Grenoble, 77-101.

[3] CHARPAK Georges (sous la direction de), Enfants, Chercheurs et Citoyens, Odile Jacob, Paris, 1998. 278 pp.

[4] CHEVALLARD (1995), *Éléments pour l'analyse didactique de "situations de recherche"*, conférence invitée, université d'été, "recherche mathématique et enseignement", *Marseille-Luminy*. 1994.

[5] DUCHET P. (avec la coll. de AUDIN P.), De la recherche à la formation : MATh.en.JEANS, *Actes de l'Université d'été Recherche mathématique et Formation* (Dijon, Juillet 1996), IREM de Bourgogne, 1997, 129-160.

[6] DUCHET P. et élèves des écoles primaires J.-J. Rousseau, C. Bénier (Angers), du Dolmen et J. Prévert (Saumur), Recherches à l'école primaire, *Comptes Rendus MATh.en.JEANS* n° 98-03, Site MATh.en. JEANS, 2001.
http://www.mjcandre.org/pages/amej//edition/9803prim/a98d04version1.html2001]

[7] ENZENSBERGER H.M., Le démon des maths, Seuil/Métailié, Paris, 1998.
Ecrit par un "littéraire", ce livre met en valeur le questionnement de l'enfant comme source de motivation et d'apprentissage.

[8] EYSSERIC P. et al. (1994), Le plaisir de chercher, in *Le Plaisir de chercher en mathématiques et autres textes de didactique*, IUFM de Nice. 9-84.

[9] LAKATOS I. Preuves et Réfutations (essai sur la logique de la découverte scientifique), édition française (en collaboration avec N. Balacheff, traduction de J.-M. Laborde) de Proofs and Refutations, (Cambridge University Press), Hermann, Paris 1984.

[10] LEGRAND M. (1993b) Débat scientifique en cours de mathématiques, *Repères IREM* n°10, Topiques Editions.

[11] *Actes de Congrès*, *Compte-Rendus MATh.en.JEANS*, sur site Internet :
`http://mathenjeans.fr.st`

[12] MITSUMA ANNO, *Jeux mathématiques*, Père Castor, Flammarion, 1992- , 139 F . (Plusieurs volumes)
Où, à partir de 3 ans, l'on peut rencontrer vraiment des "objets d'étude mathématiques" par le truchement de représentations effectives.

[13] REVUZ A. Est-il impossible d'enseigner les mathématiques ? , PUF, Paris, 1980, 150 p.

Annexe I
Carte de visite de l'association "MATh.en.JEANS" (AMeJ) en 2002.

Origines

Lancée par une action pilote en 1989-90 dans le cadre d'une reprise de l'initiative ministérielle "1000 classes-1000 chercheurs", l'opération MATh.en.JEANS s'est doté d'un statut associatif pour mieux coordonner des aides spécifiques qu'elle obtient de ses partenaires.

Rôle

L'association a permis à plus de 2500 jeunes de vivre les mathématiques avec ... plaisir et aussi à de jeunes talents de se révéler. L'association :

- coordonne les actions de terrain (les "jumelages MATh.en.JEANS" et organise un congrès annuel avec actes (520 participants à l'université d'Orsay cette année dont 400 jeunes).
- assure la promotion de sa "méthode", poursuit la réflexion théorique et l'expérimentation de terrain.
- dispense des formations nationales et académiques et réalise des projets pédagogiques spécifiques ("*Chryzode*" (1995), "*Espace*" (1996), "200*0-1-2...Jeunes en recherche*" etc.).
- fut initiatrice et partenaire des congrès satellites juniors qui se tiennent maintenant régulièrement en parallèle des Congrès Mathématiques Européens.

Distinctions

L'association a reçu le prix de la démarche scientifique (salon PÉRIF 1990) et le prix d'Alembert (SMF, 1992).

Parrainage et Partenaires

Soutenue par le CNRS, le Ministère de la recherche et des instances locales de l'Éducation Nationale, l'association est parrainée par d'éminentes personnalités du monde scientifique et éducatif et par la *Société Mathématique de France* (SMF), le *Palais de la découverte* et *l'Association des professeurs de Mathématiques de l'enseignement Public* (APMEP), au niveau académique (Ile de France) et national.
Les principaux partenaires :

- Ministère de la Recherche (aides sur projets) et DRRT ("Ateliers Scientifiques")
- Instances locales de l'Éducation Nationale : projets d'établissement, aides à l'innovation pédagogique et l'action éducative (Rectorats , notamment Créteil et Aquitaine), zones d'éducation prioritaire
- CNRS : département Sciences Physiques et Mathématiques (SPM) et Mission à l'Information Scientifique et Technique (MIST) [manifestations et actions "passion-recherche"]
- Palais de la découverte. [Animations]
- Association ANIMATH. [Formation de formateurs]
- Commission Inter-IREM "Rallyes". [Formation de formateurs].
- IREM de Lyon. [Recherche scientifique].
- Equipe Combinatoire, UMR 7090 du CNRS. Paris [Organisation, contenus scientifiques].
- Equipe "CNAM" du laboratoire Leibniz-IMAG, Grenoble. [Recherche scientifique]
- Collectivités territoriales (organisation des séminaires et des congrès)

Contacts

MATh.en. JEANS 48bis rue Custine, 75018 PARIS
mathenjeans@free.fr ou le site http://mathenjeans.fr.st

Annexe II

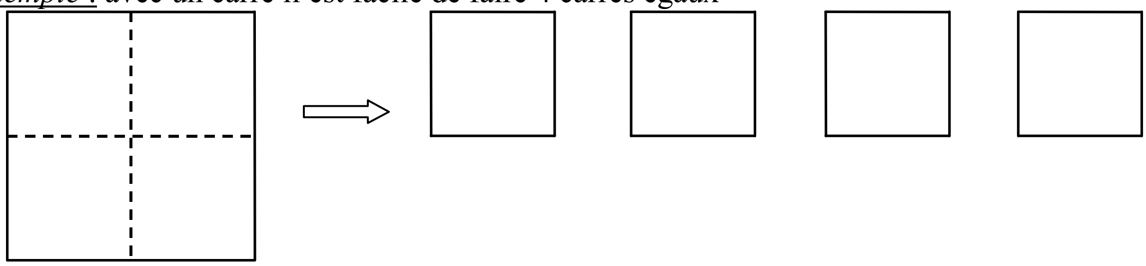
Sujet traité durant la conférence-atelier de La Roche sur Yon. Il est identique à l'un des 4 sujets proposés dans un dispositif «MATh.en.JEANS» pour le cycle 3 en Maine et Loire en 2001-2002.

Les découpages de Bolyai [(1)]

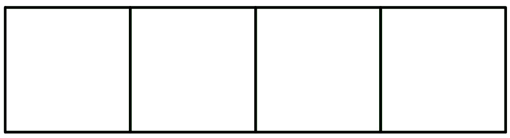
Que peut on fabriquer par découpage ?

On ne veut pas de pertes : tous les morceaux découpés dans une forme doivent être utilisés pour réaliser une ou plusieurs autres formes :

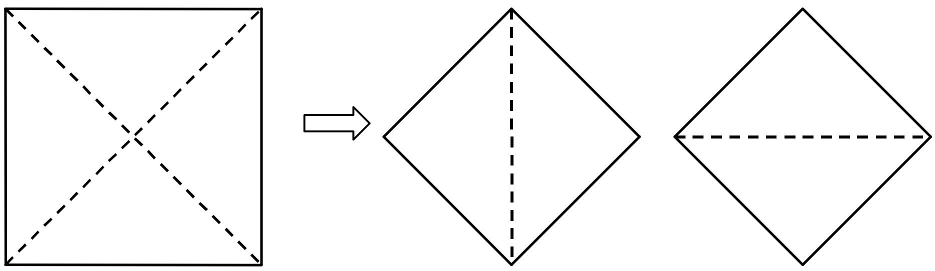
Exemple : avec un carré il est facile de faire 4 carrés égaux



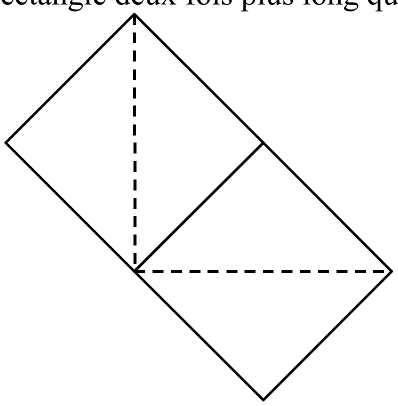
ou un rectangle deux fois plus long que large :



On peut même obtenir 2 carrés de même taille !



ou un rectangle deux fois plus long que large :



[(1)] Trois mathématiciens du XIXème siècle ont traité ce problème : Williams Wallace, Farkas Wolfgang Bolyai et Jonathan Borwein, respectivement en 1831,1832 et en1833. Le fils de Farkas Bolyai, János, est avec Lobatchevski l'un des créateurs de la géométrie "non-euclidienne" (i.e. où l'axiome des parallèles est rejeté).

1) Que peut-on faire en découpant un carré ?

- Peut-on faire 3 carrés égaux et un rectangle 3 fois plus long que large ? 5 carrés ? 6 carrés ? un triangle ?
- transformer un carré en triangle. Essayer d'obtenir le plus de formes différentes possibles pour le triangle final.
- Peut on faire un pentagone avec un carré ? Un hexagone ? ...

2) Peut-on faire un carré avec un rectangle (la feuille "A4" par exemple) ?

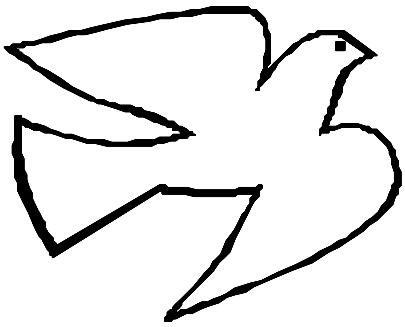
3) Et dans l'espace ? Que peut-on faire à partir d'un cube (essayez avec un morceau de polystyrène, de pâte à modeler ou un cube de gruyère sans trou) ?

Peut-on fabriquer une pyramide ?

Annexe III

Le problème du pigeon voyageur [1]

1) Un pigeon voyageur fait chaque semaine depuis son nid un aller-et-retour à Cholet, un à Baugé, un à Saumur et enfin un à Angers.
Où doit-on établir son nid de façon à ce qu'il parcoure le moins de distance possible par semaine ?



?

Il faut utiliser une carte de la région.

2) Même question en remplaçant Baugé par Vihiers.

3) Le même pigeon voyageur va être utilisé de la même façon mais pour quatre autres villes, que l'on ne connaît pas encore. Peut-on trouver une méthode pour déterminer le meilleur endroit pour son nid comme aux questions précédentes ?

4) Même question avec les villes de Mortagne sur Sèvre, Noyant et Pouancé.

5) Même question avec les villes de Angers, La Roche sur Yon, Laval, Le Mans et Nantes.

[1] ce problème est attribué à Fermat.

Annexe IV

« CLASSROOM PRACTICAL FRAMEWORK… »

(National Center for Improving Science Education) –1994

Ce cadre pour une pratique dans la classe définit 12 repères pour la conduite de l'activité des "ateliers de sciences". Il est conforme au NSES ("nouveaux standards pour l'enseignement des sciences") adopté aux USA à partir de 1998.
[extraits de [3] choisis par nous, P.D. et J.M.]

1. Les élèves *font* de la science.

Prévoir inférer, comparer, estimer.

2. Les élèves enquêtent.

Problèmes ouverts (dont les limites ne sont pas fixées par le contrat d'atelier ou sont inconnues) recherche impliquant la collecte et l'analyse de données, la conception d'expériences (individuellement ou en groupe)

3. Les élèves communiquent

Rapports, exposés, discussions (avec commentaires) , journaux, carnets de bord.

4. Les élèves collectent manipulent et utilisent les données.

Laboratoire, bibliothèques. Orientation vers des preuves (en science expérimentale, les preuves sont "majoritairement" dans le réel, en mathématiques elle sont extérieures au milieu).

5. Les élèves travaillent en groupe

Coopération (répartition des tâches) ou collaboration (communauté des tâches) via des projets, enquêtes etc.

6. Les enseignants pratiquent une véritable évaluation.

Tester la compréhension, la capacité à poser ou à résoudre des problèmes et non la connaissance des faits ou des notions.

7. Les enseignants facilitent l'acquisition.

"Auxiliaires d'étude" : poser des questions ouvertes, encouragement à l'explication et aux projets, questions fouillées qui encouragent la discussion. Rôle de consultant.

8. Les enseignants soulignent les relations avec la vie réelle.

Choix du Site et enrichissement du milieu. Lien avec le travail des scientifiques.

9. Les enseignants intègrent la science, les techniques, les mathématiques.

Socialité de la science, multidisciplinarité.

10. Les enseignants offrent la profondeur plutôt que l'ampleur

Moins de sujets mais des sujets qui durent (des semaines ou des mois)

11. Les enseignants construisent sur ce qui a déjà été compris.

Articulation avec les savoirs antérieurs. Détection des éventuelles incompréhensions

12. Les enseignants utilisent une grande variété de matériels.

Annexe V

Situations-recherche : carte d'orientation.

Chaque pavé "♦" marque une étape identifiable. Les flèches marquent les "itinéraires de progressions de recherche" possibles : ils comportent de fréquents aller-retours.

♦ **Paradoxe - PROBLÈME - OBJET** [fourni *avec* ou *sans* <u>modèle</u>]

↓↑ ***Questionnement***

♦ **QUESTIONS**

↓↑

♦ Exploration, Observation, Information

♦ **FAITS OBSERVÉS** ***Preuve* 1***(externe, pragmatique)*

Modélisation (*langage*)

↑ ↓↑ ***Formulation*** (*explicitation*)

Débat (*en communauté restreinte*)

♦ **LOIS** ***Preuve* 2***(externe, intellectuelle)*

↑ ↓↑ *Théorisation, Mathématisation (1)*

[Associations, Réseaux déductifs]

♦ **THÉORIES LOCALES [systèmes, modèles]** **Phase didactique**

Notions, hypothèses, documentation (théorèmes…)

Souci de cohérence interne

↓↑ *(mais pas encore de validation)*

♦ **CONJECTURES, PROTOTHÉORÈMES** ***Reformulation*, "*Preuve* 3"**

↓↑ (*Argumentation protomathématique*)

Résolution ou Réexamen — Épreuve ; "impérimentation"

Travail de deuil — *décontextualisation,dépersonnalisation*

↓↑

♦ **Objet Scientifique LOCAL** [Énoncé & <u>statut</u> <u>démonstratif</u>]

↓↑

ÉNONCÉ ÉPROUVÉ ***Preuve* 4** (*interne, mathématique*)

Validation (*officielle*)

Vérification ↓↑ critique ***Mathématisation* (2)** (*meta*)

♦ **Objet Scientifique GLOBAL** ***Convention*** (*institutionalisation 1*)

(œuvre mathématique) (*statuation*)

↓ ***écriture*** ↓ ***mathématisation* (3)** ↓ ***institutionalisation* (2)**

♦ **PRODUIT** (articles,…) — **OBJET THÉORIQUE** (théorèmes,…) — **OBJET DE SAVOIR** (cours, leçons,…)

P R O T O M A T H É M A T I Q U E S

M A T H É M A T I Q U E S