

COMITE SCIENTIFIQUE

DES I.R.E.M.

XX

MATHEMATIQUES EN LIGNE

XX

Recueil des
contributions présentées
à la séance du 3 décembre 2004

Ce recueil a été transmis le 26 juin 2005 à l'IREM de PARIS VII (Université Denis Diderot) que le Comité Scientifique remercie pour son aide dans la publication et la diffusion de ce travail.

SOMMAIRE

Préface. Jean-Pierre RAOULT	4
1. Enseigner et apprendre dans la société du savoir : enjeux et questions... Bernard CORNU	6
2. La main à la pâte et l'enseignement des mathématiques. Pierre LENA	12
3. La main à la pâte. Didier POL	14
4. Mathenpoche : de l'exercice à l'outil. Sébastien HACHE	18
5. Expérimentation de Mathenpoche dans l'académie de Créteil. Martine AMIOT	22
6. Travail collaboratif à distance. Résolution de problèmes ouverts. Marie-Claire COMBES	29
7. Expérience d'utilisation de WIMS dans l'enseignement. Fabrice GUERIMAND	38
Postface : Les modifications induites par les mathématiques en ligne dans l'enseignement des mathématiques. Bilan, perspectives et propositions. Gérard KUNTZ	49
Bibliographie	57
Composition du comité scientifique	60

Préface

Jean-Pierre RAOULT
Président du Comité Scientifique des IREM

jean-pierre.raoult@univ-mlv.fr

La décision du Comité Scientifique des IREM de consacrer une séance à des exposés et des débats sur le thème **Mathématiques en ligne** s'inscrit à l'évidence dans l'actualité des préoccupations des enseignants de Mathématiques à tous les niveaux d'enseignement, de l'école élémentaire aux établissements d'enseignement supérieur. Il ne s'agissait donc pas ici d'innover en incitant les IREM à se saisir d'un objet qui serait nouveau pour eux. Tout au contraire les exemples abondent de l'intérêt des IREM pour ce thème :

- existence de nombreux groupes autour des TICE (Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education) dans les IREM,
- création en 2004 d'une Commission Inter IREM « Mathenpoche » afin de concrétiser les liens existant déjà entre nos structures et le travail considérable accompli, dans le cadre de l'association *Sésamath*, par les développeurs de l'exerciciel ainsi nommé,
- abondance ces dernières années, dans *Repères IREM*, de notes ou articles à ce sujet (dont plusieurs dus à Gérard Kuntz, membre du comité scientifique, qui était donc tout désigné pour assurer la préparation de cette séance du CS et la coordination de la publication du présent fascicule).

Notre projet était plutôt de manifester la diversité des approches que peut susciter dans nos IREM la montée en puissance des TICE, avec le triple souci de les situer dans la problématique générale de ces nouvelles techniques au service de l'enseignement, d'évoquer des réalisations pour lesquelles les IREM peuvent apporter à la fois leur savoir-faire pour les enrichir et leur compétence pour les analyser et enfin de discuter, exemples à l'appui, des conditions de mise en œuvre profitables.

Il me plaît d'évoquer aussi notre intention, en imaginant cette séance, de la situer face au souci du maintien du service public qui anime nos instituts ; l'un des risques majeurs inhérents à la diffusion des TICE peut être leur tombée dans le système marchand, tant en ce qui concerne leur élaboration que s'agissant de la mise en place d'officines prétendant les utiliser en compétition avec l'école publique ; il n'est pas indifférent à cet égard que ce soit du sein de la collectivité mathématique dans nos écoles et nos universités que proviennent des outils proposés librement à l'usage entre les mains des enseignants dans les établissements ou éventuellement pour le travail individuel des enseignés. Mais les TIC (sans nécessairement le « E ») induisent, comme nous le dit Bernard Cornu, *des changements profonds dans la société, dans l'éducation, dans les savoirs, dans l'accès aux savoirs, dans l'apprentissage, dans le métier d'enseignant*. Il nous a donc paru opportun de situer les réflexions pouvant être menées dans les IREM à propos des mathématiques dans le cadre plus général des analyses, à l'échelle internationale, sur ces « changements profonds », porteurs de richesses mais lourds de dangers ; c'est le sens de l'exposé que nous avons demandé à Bernard Cornu, de l'INRP.

Les IREM ne peuvent être indifférents au succès du plus connu des outils pédagogiques en ligne actuellement en France, à savoir La main à la pâte (lamap). Conçu pour remédier aux déficiences de l'enseignement des sciences expérimentales à l'école élémentaire, cet outil doit son succès, outre le fait qu'il correspondait à un besoin durement ressenti dans son public potentiel, à la qualité des équipes qui le développent et aux moyens dont il a été doté. La question de la place des mathématiques dans ce cadre est fortement posée et, si elle peut s'améliorer, le rôle des IREM doit, nous semble-t-il, être essentiel. Nous avons été honorés que Pierre Léna, astrophysicien, membre de l'Académie des Sciences et l'un des animateurs de lamap, vienne ouvrir notre journée de travail. Nous avons demandé à l'un des réalisateurs de lamap, Didier Pol, de venir nous la présenter et nous donner son sentiment sur ce que pourrait y être le développement des mathématiques.

Les enseignants de Mathématiques sont de plus en plus nombreux à connaître et pratiquer les logiciels libres que sont *Mathenpoche* ou *WIMS* (*Web Interactive Mathematics Server*). Les équipes qui les développent ont été représentées à notre journée par Sébastien Hache (l'un des responsables de la CII-IREM Mathenpoche) et par Fabrice Guérimand (qui a travaillé sur *WIMS* à l'IREM de Nice et l'a mis en oeuvre, depuis l'université jusqu'au collège où il exerce maintenant).

Par ailleurs une vocation naturelle des IREM est d'observer les TICE « en situation », tant pour expérimenter et analyser les pratiques de leur mise en oeuvre que pour essayer d'estimer, autant que faire se peut, le profit de ces pratiques dans l'éducation mathématique des élèves et des étudiants. En particulier, les IREM sont naturellement amenés à scruter, à cet égard, le fonctionnement de la classe, ou des classes, car une nouveauté capitale est ici la possibilité de mettre plusieurs classes en situation de travail collaboratif. C'est pourquoi nous avons invité deux animatrices d'expériences « en vraie grandeur » : Martine Amiot, IPR exerçant dans le département de Seine-et-Marne, a été sollicitée pour venir nous faire part des conditions de l'emploi de *Mathenpoche* dans la totalité des collèges de ce département et esquisser devant nous les enseignements qu'on peut déjà en tirer (avec à l'appui un film fort vivant et instructif) ; quant à Marie-Claire Combes, membre de notre Comité Scientifique, elle nous a présenté des réalisations de communication scientifique menées sous l'égide de l'IREM de Montpellier : le suivi de la formation à distance des enseignants de mathématiques (dispositif « SFO-DEM ») ainsi que la description et l'analyse du travail collaboratif, sur la résolution de problèmes ouverts, mené à distance par plusieurs classes du Languedoc-Roussillon.

Vous découvrirez en lisant ce recueil d'exposés, ainsi que la Postface rédigée par Gérard Kuntz, les enthousiasmes et les difficultés dont ont su nous entretenir nos participants et dont le Comité Scientifique a débattu dans la foulée. Auparavant, je tiens à rappeler ici ce qui me paraît devoir être l'attitude de notre Comité dans son activité de diffusion de tels recueils : nous n'avons pas vocation à élaborer une doctrine mais au contraire à stimuler largement la réflexion en l'étayant sur l'expression d'options scientifiques et sur la relation critique d'expériences d'enseignement. C'est pourquoi, si le Comité Scientifique prend l'entière responsabilité des choix qu'il a faits pour rassembler les intervenants, le détail des analyses critiques ou propositions qu'on y trouve n'engage que leurs auteurs.

Enseigner et apprendre dans la société du savoir : enjeux et questions...

Bernard CORNU. Chargé de mission TICE, INRP

bernard.cornu@inrp.fr

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) ne se réduisent pas, au sein de l'école, à de simples outils et ressources technologiques pour mieux enseigner et pour mieux apprendre. Elles induisent des changements profonds dans la société, dans l'éducation, dans les savoirs, dans l'accès aux savoirs, dans l'apprentissage, dans le métier d'enseignant. Ce sont certains de ces changements profonds que nous allons présenter ici. Ils conduisent à ce que certains appellent une « société du savoir », qui pose de nouvelles questions, notamment à l'enseignement et aux enseignants.

Les TIC, résultat du développement simultané du traitement de l'information et du transport de l'information, introduisent dans les savoirs des concepts comme ceux d'interactivité, de multimédia, d'hypermédia, etc. Le savoir, numérisé, devient surabondant, il est dynamique et interactif. Mais les TIC conduisent souvent à confondre savoir et information. Il convient de préciser ces notions.

Enfin, les TIC nous imposent de préciser la conception que nous avons de l'école, de l'enseignement, de l'apprentissage, du métier d'enseignant. Dans son rapport à l'UNESCO intitulé « L'éducation, un trésor est caché dedans » (Odile Jacob, 1996), la commission pour l'éducation au XXIème siècle, présidée par Jacques Delors, proposait quatre « piliers » de l'éducation : apprendre à connaître, apprendre à faire, apprendre à vivre ensemble, apprendre à être. Ce sont des enjeux majeurs dans la « société du savoir ».

1. Information, savoir et connaissance.

1.1. A partir du cours de Michel Develay (dans le « campus numérique FORSE »), on peut proposer les définitions suivantes :

- **L'information** est extérieure au sujet. "Elle désigne des faits, des commentaires, des opinions rassemblés sous la forme de mots, d'images, de sons". On peut la stocker, la faire circuler.

- **La connaissance** dépend du sujet et lui est personnelle. Elle est "le produit de la reconstruction par le sujet, en fonction de son histoire, du contexte, des informations qu'il a prélevées". La connaissance est quelque chose que l'on a appris, que l'on a acquis.

- **Le savoir** est une notion plus globale, un ensemble structuré de connaissances, s'appuyant sur un cadre théorique. C'est "une construction qui prend appui sur les connaissances et les transforme par l'élaboration et l'usage d'une formalisation théorique".

Les TIC donnent accès à l'information, traitent l'information ; mais elles ne peuvent faciliter l'accès aux savoirs que dans le cadre d'un processus d'apprentissage.

1.2. L'UNESCO invite à distinguer les notions de « société de l'information » et de « société du savoir », cette dernière incluant une dimension humaine que la première n'a pas :

- **Société de l'information** : ...une société où l'information est une marchandise possédant de la valeur, que l'on peut échanger, acheter, vendre, stocker, transporter, traiter. La société de l'information est technologique, technocratique. La société de l'information est celle du fossé numérique.

- Société du savoir : elle doit être humaine, répondre aux aspirations des hommes, permettre plus de justice, de solidarité, de démocratie, de paix. Ce sont les enjeux humains, sociaux, culturels, politiques qu'il faut prendre en compte pour une société du savoir. La société du savoir s'intéresse aux contenus plutôt qu'à la connectivité, à l'usage du savoir plutôt qu'à son stockage.

C'est donc bien dans la « société du savoir » que nous situons la réflexion sur les nouveaux enjeux de l'enseignement et de l'apprentissage.

1.3. On ne peut confondre « savoirs » et « disciplines ». Les disciplines, notamment celles de l'école, avec leurs programmes, ne suffisent pas à répondre aux grandes questions du monde actuel. La société du savoir doit prendre en compte, outre les disciplines, une approche plus transversale, plus complexe. A titre d'illustration, on peut citer l'ouvrage d'Edgar Morin : « Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur » (Le Seuil, 1999), qui propose **sept composantes pour l'enseignement :**

1. Enseigner les cécités de la connaissance : l'erreur et l'illusion. Faire connaître ce qu'est connaître.

2. Enseigner les principes d'une connaissance pertinente. Saisir les problèmes globaux et fondamentaux pour y inscrire les connaissances partielles et locales. Saisir les objets dans leurs contextes, leurs complexes, leurs ensembles.

3. Enseigner la condition humaine. Enseigner l'unité et la complexité de la nature humaine. Reconnaître l'unité et la complexité humaines en rassemblant et en organisant des connaissances dispersées dans les sciences de la nature, les sciences humaines, la littérature et la philosophie.

4. Enseigner l'identité terrienne. Enseigner l'histoire de l'ère planétaire ; montrer comment sont devenues inter-solidaires toutes les parties du monde.

5. Affronter les incertitudes. Les sciences ont fait acquérir beaucoup de certitudes, mais ont révélé d'innombrables incertitudes. Affronter les aléas, l'inattendu et l'incertain.

6. Enseigner la compréhension, la compréhension mutuelle entre êtres humains.

7. Enseigner l'éthique du genre humain. Réaliser la citoyenneté terrienne. Etablir une relation de contrôle mutuel entre la société et les individus par la démocratie, accomplir l'Humanité comme communauté planétaire.

La société du savoir est celle de la complexité des savoirs.

2. Une société en réseau

L'un des changements majeurs apportés par les TIC est la structuration en réseau. Nous sommes habitués à des structures arborescentes, pyramidales, hiérarchiques, nous accédons à des informations ou nous entrons en contact avec des personnes, le plus souvent par des processus arborescents. Les TIC, et l'Internet en est l'exemple le plus frappant, nous permettent de circuler au sein de réseaux : ensembles de « sommets » reliés par des « arêtes » (par exemple, l'ensemble des pages web, reliées par la possibilité de passer de l'une à l'autre par un « clic »).

Un réseau possède un certain nombre de propriétés essentielles. Généralement, le chemin pour aller d'un sommet à un autre n'est pas unique ; il y a un grand nombre de possibilités, alors que dans une structure arborescente, le chemin d'un sommet à un autre est unique (la « voie hiérarchique »). Ainsi, si l'on n'est pas satisfait par un chemin, on peut en trouver un autre. Un réseau peut être en évolution constante : il s'enrichit, se complexifie en permanence. Bien entendu, un réseau n'est pas exempt de hiérarchies ; des sous-réseaux peuvent se constituer, des hiérarchies s'installer. La communication en réseau fait passer du « un vers un » et du « un vers tous » au « tous vers tous ».

Cela a de nombreuses conséquences. Non seulement l'accès à l'information se fait désormais en réseau, mais la structure de réseau devient centrale. Comment imaginer que, dans une société où le savoir se transmet et s'acquiert en réseau, un système éducatif puisse rester organisé de façon totalement hiérarchique et arborescente ? La structure de réseau transforme (avec des aspects positifs et des aspects négatifs) la société, l'économie, la vie sociale, les loisirs, et bien entendu l'éducation : les savoirs eux-mêmes, l'accès aux savoirs, l'organisation de l'école, du système éducatif, l'enseignement et l'apprentissage, le métier d'enseignant, etc. Le réseau crée un espace « d'intelligence collective ».

3. Intelligence collective.

Les TIC, en transformant la communication, l'accès à l'information et le partage d'informations, en induisant un travail en réseau, favorisent le développement d'une « intelligence collective ». L'intelligence d'un groupe ne se réduit pas à la somme ou à la juxtaposition des intelligences de ses membres. La dimension collective ajoute une part d'intelligence spécifique au groupe. Citons Pierre Lévy, qui a développé le concept d'intelligence collective : "...*Une intelligence partout distribuée, sans cesse valorisée, coordonnée en temps réel, qui aboutit à une mobilisation effective des compétences*" (Pierre Lévy, *L'intelligence collective*, La Découverte, 1997), ou encore : « *Internet est essentiellement un instrument, le plus récent qu'on ait trouvé, pour perfectionner notre intelligence par la coopération et l'échange... La vraie révolution d'Internet n'est pas du tout une révolution de machines, mais de communication entre les êtres humains... Internet est un instrument qui perfectionne notre capacité d'apprentissage et d'intelligence collective... Chaque communauté réalise tout d'un coup qu'elle est une des dimensions de la production de sens humain... Internet nous oblige à expérimenter de nouvelles manières d'être ensemble... L'éthique de l'intelligence collective, qui consiste à entrelacer les points de vue différents, se manifeste largement dans le cyberspace.* » (Pierre Lévy, 2000).

On peut également parler de travail collectif, d'apprentissage collectif, de mémoire collective, de compétence collective, de responsabilité collective. On peut considérer l'école comme un « système apprenant intelligent ».

Un exemple « à la mode » pour comprendre ce que peut être une intelligence collective qui ne se réduit pas à la somme d'intelligences individuelles est celui des fourmis. Individuellement, une fourmi a des capacités très limitées. Collectivement, les fourmis peuvent effectuer des tâches extrêmement complexes : construire des ponts, coopérer pour transporter des objets lourds, trouver le plus court chemin d'un point à un autre, réguler la température de la fourmilière, etc. Cela n'est pas le fruit d'un système hiérarchique (une fourmi qui saurait mieux que les autres et qui dirigerait les autres), mais d'un phénomène collectif, mis en œuvre par un processus de communication de chaque fourmi avec son environnement, la « stygmergie », au moyen de phéromones.

L'école peut être un lieu d'intelligence collective, à condition de développer à la fois la dimension individuelle et la dimension collective dans l'enseignement et dans l'apprentissage. Cela nécessite que les enseignants aient non seulement une compétence individuelle, mais aussi une compétence collective. Il ne suffit pas que chaque enseignant soit compétent, il faut que les équipes d'enseignants soient collectivement compétentes et intelligentes !

4. Des exigences éthiques et déontologiques.

Les transformations profondes de la société par les TIC rendent plus aiguës certaines questions déontologiques et éthiques, et en posent de nouvelles. L'école ne peut les esquiver, les enseignants doivent les prendre en compte. Les TIC, le réseau, la communication, posent dé-

sormais les questions à l'échelle mondiale et non plus au niveau de tel ou tel pays. Les enjeux de l'éducation et de l'accès au savoir doivent être considérés à l'échelle de la planète. C'est ainsi par exemple que, lors du Forum mondial sur l'éducation (Dakar, Sénégal, avril 2000), les pays de l'UNESCO ont réaffirmé l'exigence d'une « Education pour tous », accessible à tous et de qualité pour tous, et ont pris un ensemble d'engagements, comme celui-ci : « ... nous nous engageons collectivement à assurer la réalisation des objectifs suivants :... Faire en sorte que d'ici 2015 tous les enfants, notamment les filles et les enfants en difficulté ou issus de minorités ethniques, aient la possibilité d'accéder à un enseignement primaire obligatoire et gratuit de qualité et de le suivre jusqu'à son terme ; ... ».

Chaque enseignant et chaque équipe d'enseignants partagent la responsabilité d'un tel engagement.

Bien d'autres questions sont posées à l'école et aux enseignants. Celle par exemple de la « marchandisation » du savoir et de l'enseignement, de leur libéralisation. L'éducation devient un marché rentable ; cependant le savoir est un bien public, l'enseignement est un service public et c'est aux enseignants de préserver ce bien et ce service, dans une « société du savoir ». L'école prépare-t-elle des consommateurs ou des citoyens ?

La mondialisation est une autre question majeure, avec ses aspects positifs et ses aspects négatifs. Les enseignants ne peuvent échapper à cette question.

Les TIC risquent d'amplifier les écarts entre les plus riches et les plus pauvres, notamment avec la « fracture numérique ». Cette fracture concerne bien évidemment les pays, mais elle peut se produire aussi localement, dans chaque pays, dans chaque commune, dans chaque école. Un certain nombre de pays et de grandes villes du Monde viennent de créer un « Fonds Mondial de Solidarité Numérique » (inauguré à Genève en mars 2005), afin de tenter de réduire cette fracture. On peut citer à la fois des exemples où les TIC creusent les écarts, renforcent les inégalités et les injustices, notamment dans l'éducation, et des exemples où les TIC ont au contraire permis des avancées considérables dans l'accès de tous à l'éducation et au savoir. Michel Serres assure pour sa part qu'avec les TIC, « un nouvel humanisme universel se fait jour ; l'humanisme devient techniquement possible ! ».

5. L'enseignant, acteur de l'école du futur.

L'évolution de la société, l'intégration des TIC, transforment également le rapport entre la société et l'école. Quelle est l'attitude de la société envers l'école, qu'attend-elle de l'école ? Quelles sont les missions et les objectifs assignés à l'école ? Quelle place, quel statut, quelle attractivité la société donne-t-elle au métier d'enseignant ? Dans la « société du savoir », ces questions se posent à nouveau de manière aiguë. Que deviendra l'école dans la société du savoir, les TIC vont-elles renforcer l'école ou au contraire la rendre moins utile ? L'ordinateur va-t-il détrôner l'enseignant ?

L'OCDE a tenté de proposer des réponses à ces questions en élaborant des « scénarios pour l'école du futur » (*L'école de demain : quel avenir pour nos écoles ?*, OCDE, 2001). Ces six scénarios sont les suivants :

a) Extrapolation du statu-quo :

Scénario 1 : “Systèmes scolaires bureaucratiques forts”. Les bureaucraties restent fortes, les institutions solides ; les “droits acquis” résistent au changement fondamental. L'école souffre de problèmes d'image et de ressources. Enseigner est considéré comme un “art individuel”, une grande attention est portée au perfectionnement professionnel des enseignants.

Scénario 2 : “Extension du modèle de marché” (développement de la concurrence). L’insatisfaction générale envers l’école conduit à remanier les systèmes publics de financement et de scolarisation ; on assiste à un essor de la valorisation et des mécanismes de validation fondés sur la demande, et à une plus grande diversité des prestataires et des professionnels. Cela provoque un creusement des inégalités. Apparaît une large palette de nouveaux professionnels de l’enseignement. Le marché de la formation est en plein essor.

b) "Rescolarisation" :

Scénario 3 : “L’école au cœur de la collectivité” (renforcement du rôle de l’école dans la société, l’école est d’abord un lieu d’insertion sociale et de préparation des citoyens). L’école est au cœur de la collectivité et est considérée comme le centre de formation du capital social. Elle bénéficie d’une confiance marquée de l’opinion publique et d’un niveau élevé de financement public, on constate une plus grande équité sociale. Les enseignants jouissent d’un statut élevé, avec des dispositions contractuelles plus variées, une augmentation des rémunérations, et un rôle important des autres acteurs.

Scénario 4 : “L’école comme organisation apprenante ciblée” (l’école est centrée sur les savoirs et leur transmission). L’école bénéficie d’un niveau élevé de confiance et de financement public ; les enseignants ont un rôle central, qualité et équité sont au cœur des préoccupations. Les enseignants ont un statut élevé, des rémunérations et des conditions de travail satisfaisantes ; le travail en réseau, l’innovation, le perfectionnement professionnel, la recherche sont valorisés.

c) "Déscolarisation" :

Scénario 5 : “Les réseaux d’apprenants et la société en réseau” (renforcement de la coopération). L’insatisfaction envers l’école s’est généralisée, on assiste à un rejet des systèmes scolaires organisés. Des “réseaux de formation” s’organisent dans la “société en réseau” ; la frontière entre enseignant et élève, parent et enseignant, enseignement et collectivité s’estompe. De nouveaux professionnels de l’enseignement apparaissent, recrutés par les opérateurs du marché en réseau (visites à domicile, assistance téléphonique, consultations à leur cabinet...).

Scénario 6 : “Exode des enseignants – la désintégration”. On assiste à une grave pénurie d’enseignants, l’école a atteint un niveau de crise et est menacée de “désintégration”. Les conditions de travail des enseignants se dégradent, le marché de « l’école à la maison » est en plein essor.

Bien entendu, ces scénarios ne sont pas la prédiction de l’avenir. Il s’agit de tendances déjà à l’œuvre et ils invitent les acteurs du système, et donc les enseignants, à maîtriser le futur et à piloter l’évolution de l’école. N’attendons pas le futur comme une fatalité, mais engageons les actions qui permettront de maîtriser l’évolution de l’école dans la société du savoir et des TIC. Cela requiert de véritables compétences politiques pour les enseignants.

Et cela invite les enseignants, les pédagogues, les chercheurs et les innovateurs à se préoccuper de l’institutionnalisation de leurs travaux, réflexions, expériences. Ceux-ci ne doivent pas rester dans le cercle fermé du milieu éducatif, mais doivent être transformés en « outils d’aide à la décision » pour les décideurs et les politiques. C’est au milieu éducatif que cette tâche incombe. A défaut, on verra se succéder décisions et réformes qui semblent méconnaître la réalité de l’éducation et son évolution, ainsi que les avancées de la recherche et de l’innovation.

6. Vers de nouvelles compétences ?

Dans sa réflexion en vue d'un « cadre commun européen de compétence des enseignants », la Commission européenne a souligné que le métier d'enseignant est à la fois une profession intellectuelle, une profession sociale et éthique et une profession pratique, qui nécessite des compétences pour travailler avec des savoirs, des compétences pour travailler avec des personnes et des compétences pour travailler dans la société.

La société du savoir et les TIC imposent aux enseignants de nouvelles compétences, notamment la compétence pour le travail collaboratif et le travail en équipe (pour mettre en œuvre et développer l'intelligence collective).

La compétence des enseignants ne peut être acquise une fois pour toutes. Elle doit être évolutive : l'enseignant doit avoir la "compétence à acquérir de nouvelles compétences » (en quelque sorte la « dérivée de la compétence » !).

L'enseignant doit être capable de gérer différemment le temps et l'espace de l'école (grâce aux TIC) et de mettre en œuvre des « pédagogies hybrides », combinant les activités en présence et les activités à distance, les activités en classe et les activités en petit groupe ou individuelles.

L'enseignant doit, pour lui-même et pour ses élèves, garder l'esprit de l'éducation et de la formation "tout au long de la vie".

Non seulement l'enseignant doit posséder une grande diversité de compétences, mais il doit aussi avoir une sorte d'aptitude à la diversité (diversité des élèves, des pédagogies, des outils et des ressources, diversité des accès aux savoirs, etc.).

Le métier d'enseignant doit plus que jamais être une profession ancrée dans une formation initiale supérieure fondée sur la recherche, qui requiert des compétences dans une perspective « tout au long de la vie » et un développement professionnel continu, en partenariat avec les acteurs de l'école.

L'enseignant doit posséder des compétences pour travailler avec des savoirs... mais des savoirs en réseau, des savoirs dans leur complexité ; des compétences pour travailler avec des personnes ...individuellement et collectivement, pour construire une « intelligence collective » ; enfin des compétences pour travailler dans la société ...une responsabilité sociale, politique, éthique.

Le métier d'enseignant est avant tout un métier de liberté intellectuelle, pour apprendre à connaître, apprendre à faire, apprendre à vivre ensemble, apprendre à être, dans la société de l'information, du savoir, de l'intelligence, de la complexité et de l'intelligence collective.

La main à la pâte et l'enseignement des mathématiques

Pierre LENA

pierre.lena@obspm.fr

La naissance, en 1996, de l'action de rénovation de l'enseignement des sciences à l'école primaire, plus connue sous le nom de *La main à la pâte*, visait à répondre à une urgence : la quasi-disparition, observée alors, d'un enseignement des sciences d'expérimentation et d'observation (dites aussi sciences de la nature et technologie) dans l'école primaire française¹. Fondée sur une attitude active de l'enfant, développant le questionnement, l'investigation, l'énoncé d'hypothèses, l'expérimentation et l'observation, cette pédagogie n'avait rien de fondamentalement nouveau par rapport à des réflexions ou des méthodes qui avaient pu émerger, à différents moments du XX^e siècle, dans l'école française. Mais la caractéristique de l'action menée dans la décennie écoulée est de s'être appuyée sur un engagement constant et vigoureux de l'Académie des sciences autour de Georges Charpak, sur une collaboration tenace avec les différentes équipes du ministère de l'éducation nationale et sur de nombreux partenariats avec divers acteurs sociaux, le tout soutenu localement par la communauté scientifique. Des plans d'action du ministère (PRESTE² pour le cycle 3³), la mise en œuvre d'un site Internet dédié à l'accompagnement des maîtres, la production d'une grande quantité de ressources originales ont peu à peu contribué à modifier l'image très négative que beaucoup d'enseignants se faisaient de la science et surtout de leur capacité à l'enseigner, fût-ce à un niveau très élémentaire. En conséquence, cet enseignement a retrouvé une place moins homéopathique dans l'école primaire française, bien que du chemin reste à parcourir.

Il n'a échappé à aucun de nous que l'enseignement de la science ne saurait se dérouler en restant totalement isolé des autres connaissances auxquelles donne accès l'école primaire. Nous avons, très vite, décidé de privilégier parmi celles-ci l'apprentissage de la langue française : il nous est en effet apparu que la qualité de l'apprentissage scientifique dépendait beaucoup de la capacité des enfants à s'exprimer, par oral ou écrit, à argumenter, à fournir sur leur cahier d'expérience leur chemin de découverte et les conclusions atteintes par la classe, guidée par le maître. La focalisation des maîtres sur le « lire, écrire » a facilité ce rapprochement et, partant, une modification de leur attitude vis-à-vis de l'enseignement de la science.

Il est évident que ce choix laissait dans l'ombre le « compter » et la mathématique. Nous considérons que cette discipline bénéficiait d'une situation bien meilleure que les sciences expérimentales, puisqu'elle n'était pas tombée en déshérence et focalisait l'attention des enseignants comme l'un des fondamentaux incontournables. Mais nous étions conscients – et de multiples témoignages sont venus nous le confirmer – que le savoir mathématique des enfants pouvait bien souvent bénéficier d'une pédagogie de type *La main à la pâte*, selon le type de sujet abordé. Pour développer les ressources et l'accompagnement en sciences, nous nous sommes peu à peu associé nombre de partenaires, dont nous avons veillé à choisir les compétences au meilleur niveau scientifique. Nous n'avons pas fait un effort semblable en mathéma-

¹ L'exposition itinérante *Sciences à l'école, quelle histoire !*, qui a été préparée par l'Académie des sciences et depuis 2004 parcourt les IUFM de France, met en perspective sur un siècle et demi les hauts et les bas de cet enseignement scientifique. Voir une information complète sur : www.iufm.education.fr/sciencesalecole/

² Programme de Rénovation pour l'Enseignement des Sciences et Techniques à l'Ecole.

³ Cours élémentaire 2, cours moyen 1 et 2.

tique, faute de temps et de moyens. Le résultat a pu être quelques « dérapages » sur notre Site Internet ou en d'autres circonstances, dérapages qui nous été signalés et que nous avons tenté de corriger rapidement.

Mais le travail de fond reste à faire : concevoir une interface scientifiquement correcte entre l'enseignement de la mathématique et celui de la science expérimentale, examiner comment les principes⁴ de *La main à la pâte* peuvent continuer à s'appliquer dans ce domaine, proposer des séquences de mathématique dans cet esprit ou concevoir de nouvelles interfaces avec les séquences de science. Des objectifs analogues peuvent être posés pour un enseignement élémentaire de la statistique, poursuivant les réflexions de Claudine Robert sur ce sujet. Nous sommes naturellement très ouverts à de tels développements, et avons choisi de donner pour thème de la rencontre nationale de nos centres pilotes⁵, en septembre 2005, le rapport de *La main à la pâte* avec les mathématiques.

⁴ Les dix principes de *La main à la pâte*, qui résument son esprit et sa mise en œuvre, sont disponibles sur le site Internet www.inrp.fr/lamap

⁵ La quinzaine de centres pilotes de Lamap forme un groupe de lieux d'innovation, d'expérimentation et de mutualisation potentielle, liés par Convention avec l'Académie des sciences et impliquant désormais assez souvent les collectivités locales, au delà des structures de l'éducation nationale.

La main à la pâte

Didier Pol, Professeur agrégé de SVT, *La main à la pâte*

didier.pol@inrp.fr

Introduction

L'opération *La main à la pâte*, lancée en 1996 à l'initiative du professeur Georges Charpak, prix Nobel de physique 1992, et de l'Académie des sciences, vise à promouvoir au sein de l'école primaire un enseignement scientifique qui privilégie une démarche d'investigation scientifique. À partir de l'observation d'objets et de phénomènes réels, les investigations nécessaires pour résoudre un problème scientifique, notamment les expériences à mener, sont élaborées en commun par les élèves. Au cours de leurs investigations, les enfants discutent, raisonnent et argumentent entre eux et mettent à l'épreuve de l'expérience, avec l'aide de l'enseignant, leurs idées et leurs résultats. Les enfants gardent une trace écrite de leur travail sur un cahier d'expérience, ce qui contribue à développer leurs capacités d'expression. L'objectif majeur de *La main à la pâte* est l'appropriation progressive par l'élève de notions scientifiques et de techniques opératoires, accompagnée d'une consolidation de l'expression orale et écrite.

Quelques données historiques

Pour accompagner et dynamiser *La main à la pâte*, divers outils ont été développés, notamment des documents présentant des activités pour les classes, des réseaux de consultants scientifiques et pédagogiques, des listes de diffusion, des sites Internet...

Dès 1998, un site Internet national (<http://www.inrp.fr/lamap/>) a été mis en place par l'Académie des sciences et l'INRP, avec le soutien du ministère de la ville, pour permettre aux enseignants d'accéder en ligne aux ressources scientifiques et pédagogiques développées par *La main à la pâte*. Ce site permet aussi aujourd'hui de se connecter aux différents réseaux d'information et d'entraide mis en place par *La main à la pâte* pour répondre à leurs questions et favoriser les échanges. À partir de 1999, des sites Internet locaux, « vitrines » de l'enseignement des sciences dans les départements, ont été associés au réseau de façon à favoriser la mutualisation des ressources et des expériences entre les enseignants. De nouveaux sites s'y ajoutent régulièrement. Enfin, *La main à la pâte* a gagné une audience internationale et des partenariats ont été établis avec de nombreux pays étrangers pour y développer un enseignement des sciences à l'école primaire selon les principes de *La main à la pâte*.

À côté des partenaires initiaux, Académie des sciences, Ministère de l'éducation nationale et Institut national de recherche pédagogique, l'opération associe aujourd'hui bien d'autres institutions, notamment la Délégation interministérielle à la ville, l'Inspection générale de l'Éducation nationale et plusieurs écoles (École normale supérieure [Ulm], École des mines de Nantes, École polytechnique, École supérieure de physique et chimie de la ville de Paris, etc.).

Sur le plan institutionnel, l'opération a conduit à la mise en place, en 2000, d'un Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et des technologies à l'école piloté par la Division de l'enseignement scolaire, qui s'est prolongé par l'introduction, en 2002, des Programmes réno-

vés de l'enseignement des sciences et des technologies à l'école primaire (PRESTE) dont la philosophie s'appuie largement sur les principes de *La main à la pâte*.

Le site national de « *La main à la pâte* »

Le site national constitue une interface entre *La main à la pâte* et ses interlocuteurs. Même si la majorité des utilisateurs sont des enseignants du primaire, le site s'adresse également à des étudiants en science, chercheurs et ingénieurs, formateurs et didacticiens qui interviennent pour assurer des fonctions d'accompagnement scientifique, de parrainage de classes, de consultants scientifiques et pédagogiques. Nous reviendrons plus loin sur ces fonctions. Il faut noter que le succès du site a nécessité une refonte totale, actuellement encore en développement, dans le but d'en améliorer les caractéristiques techniques, l'aspect esthétique et l'ergonomie, pour les utilisateurs comme pour les gestionnaires. Ce travail, considérable en raison des milliers de pages présentes sur le site et de la diversité des fonctionnalités qui y sont implantées, bénéficie d'un partenariat avec la Fondation Altran⁶.

Le site comporte quatre espaces principaux (information, ressources, échanges, utilitaires) auxquels s'ajoute une rubrique présentant les nouveautés.

- L'espace « utilitaires » contient un moteur de recherche propre au site, un moteur multicritères qui utilise l'indexation de l'ensemble des sites du réseau et différentes rubriques d'aide pour faciliter l'utilisation du site.
- L'espace « information » présente l'opération *La main à la pâte*, le contenu et le fonctionnement du site Internet national et du réseau international ainsi que les actions de *La main à la pâte* en dehors des classes (colloques, formations, chroniques radiophoniques).
- L'espace « ressources » met à la disposition des enseignants de l'école primaire, principaux utilisateurs du site, quelque 300 activités pour la classe, élaborées et testées par des enseignants, classées par thèmes et librement consultables en ligne. Dans cet espace se trouvent aussi divers documents officiels (programmes, documents d'accompagnement, fiches connaissances...) ainsi que des documents d'information scientifique et pédagogique élaborés par l'équipe nationale (« essentiel », glossaires, « en savoir plus »...). C'est la rubrique la plus visitée par les enseignants en raison, surtout, des activités de classe librement utilisables.
- L'espace « échanges » est la porte d'entrée sur les différents réseaux mis en place pour améliorer l'action de *La main à la pâte* en facilitant les échanges entre les participants et en apportant au site de l'interactivité.
 - Le réseau d'entraide constitue un lien entre les acteurs de terrain : il permet aux enseignants de contacter directement dans leur propre zone géographique des enseignants ou d'autres personnes prêts à les faire bénéficier de leur expérience ou à leur apporter leur aide.
 - Le réseau des consultants scientifiques est constitué d'environ 200 chercheurs et ingénieurs qui répondent aux questions scientifiques liées à la mise en œuvre des activités en classe et il est réservé aux questions des enseignants. Les questions sont gérées par trois modérateurs (questions générales, sciences de la matière et de l'Univers, sciences de la vie et de la Terre). De formation scientifique, les modérateurs répondent directement lorsqu'il le peuvent. Si ce n'est

⁶ La fondation Altran (<http://www.fondation-altran.org/DevSite/index.jsp>) soutient des projets d'intérêt général favorisant, en France, en Europe et dans le monde, l'innovation à fondement scientifique et technologique, à fort potentiel de développement.

pas le cas, ils choisissent les consultants en fonction de leur spécialité. La gestion des questions se fait à partir d'une interface web qui permet également d'acheminer les réponses par courrier électronique et de les archiver. Celles qui présentent un intérêt général sont mises en ligne (actuellement, plus de 1 600 questions et 2 000 réponses) et peuvent être consultées, soit à partir d'un classement par domaines, soit à l'aide d'un moteur de recherche.

- Le réseau des consultants pédagogiques, constitué d'enseignants expérimentés, de formateurs et de didacticiens, fonctionne de façon similaire et utilise les mêmes outils, interface web et courrier électronique, que le réseau des consultants scientifiques. Trois modérateurs, qui sont des enseignants expérimentés, gèrent les questions de nature pédagogique, c'est-à-dire celles liées aux situations de classe, aux programmes, aux règlements, etc.
- La liste de diffusion « reseau-lamap » est un lieu de réflexion, d'échanges et de propositions concernant tous les aspects de l'enseignement des sciences à l'école. Elle a pour objectif de faciliter la communication entre enseignants, pratiquant ou désirant pratiquer des sciences en classe, mais aussi avec des formateurs susceptibles d'apporter leurs conseils. Contrairement au réseau des consultants accessible à tous les enseignants par Internet, seuls les abonnés (quelque 1 500 personnes) peuvent s'y exprimer. Les contributions sont gérées par les modérateurs du réseau de consultants scientifiques. Une synthèse des échanges est diffusée sur le site Internet sous forme d'un bulletin mensuel et les archives peuvent être consultées, soit à partir d'un classement par domaines, soit à l'aide d'un moteur de recherche.

Les autres sites du réseau

Si le site national est le nœud central du réseau, il constitue aussi une « vitrine » qui a contribué grandement à l'extension de *La main à la pâte*. Ainsi, une douzaine de sites pilotes départementaux sont aujourd'hui associés à l'opération et offrent différents services et ressources dans les départements correspondants (salles de sciences, centres de ressources, etc.). Ils ont été implantés grâce à un réseau de correspondants développé à l'occasion de stages du plan national de formation. La plupart de ces sites pilotes ont mis en place des sites Internet spécifiquement consacrés à l'enseignement des sciences selon les principes de *La main à la pâte*. Ces sites sont plus précisément adaptés au contexte local. Ils proposent ainsi, notamment, une page d'agenda qui recense chaque mois l'ensemble des actions relatives à l'enseignement des sciences dans leur département. En outre, chaque site signale l'existence des autres sites adhérents au réseau sur sa page d'accueil. Les ressources des sites du réseau sont indexées suivant des critères identiques définis collégialement et un moteur de recherche permet à l'utilisateur d'accéder à partir de n'importe quel site à l'ensemble des ressources indexées. L'adhésion d'un site départemental au réseau nécessite la signature d'une charte qui précise les modalités d'organisation et les aspects techniques (indexation) et juridiques (responsabilité, propriété intellectuelle).

Pour plus de détails, on se référera à la page du site national donnant accès à ces sites :

<http://www.inrp.fr/lamap/reseau/accueil.html>

En relation avec l'Académie française des sciences et les acteurs français de *La main à la pâte*, des dispositifs qui s'inspirent de *La main à la pâte* ont été également mis en place dans une dizaine de pays. Ainsi, des sites étrangers reprennent dans leur langue les principales ressources et fonctionnalités offertes en français sur le site national et des sites miroirs du site

national se développent en Chine et en Égypte. Un site Internet multilingues a été mis en place pour coordonner les actions avec les autres pays :
<http://www.mapmonde.org/mapworld/eun/>

Bilan et perspectives : lamap et les maths ?

Huit ans après son lancement, l'opération *La main à la pâte* a eu, incontestablement, des effets positifs. Difficiles à évaluer, ils peuvent cependant se mesurer, à la fois par l'implication des institutions, notamment l'Éducation nationale qui a repris à son compte la méthodologie et les objectifs de *La main à la pâte* dans les programmes de sciences appliqués depuis la rentrée 2002, et par celle des acteurs de l'école, professeurs, formateurs, inspecteurs, mais aussi parents, scientifiques et étudiants, de plus en plus nombreux à participer à l'opération. Tout ceci témoigne d'une importante force d'entraînement. En outre, les rapports officiels sur l'enseignement des sciences à l'école (rapport Sarmant⁷, 1999 ; rapport Loarer⁸, 2002) soulignent les aspects positifs de la démarche sur la diffusion de l'enseignement des sciences dans le primaire. Enfin, la fréquentation du site Internet national est également en augmentation constante. De quelque 40 000 visites mensuelles en 2001, soit un doublement par rapport à l'année précédente, elle est passée, en 2002, après l'introduction des nouveaux programmes de sciences, à plus de 120 000 et, aujourd'hui, à plus de 200 000. Même si les statistiques de fréquentation ne nous informent en rien sur la pratique des sciences en classe, elles montrent, au minimum, que de plus en plus de professeurs des écoles sont demandeurs d'activités de classe et d'informations dans ce domaine, puisque les pages les plus visitées sont celles des activités.

Cependant, diverses remarques ont été formulées, en particulier concernant la place des mathématiques dans *La main à la pâte*. Actuellement, les liens entre les activités scientifiques proposées sur le site et les mathématiques apparaissent insuffisamment explicites, voire anecdotiques, alors qu'ils mériteraient certainement d'être développés et précisés pour améliorer la pertinence scientifique des activités et les compétences des élèves. Cette situation s'explique sans doute par l'histoire de *La main à la pâte* et par le fait que l'équipe nationale ne dispose ni de mathématiciens ni d'enseignants de mathématiques. L'équipe est consciente de ce problème et elle est tout à fait disposée à prendre en compte les remarques qui ont été formulées. En particulier, dans le cadre du développement de *La main à la pâte*, il serait envisageable d'ouvrir une rubrique du type « lamap et les maths » si les activités proposées s'inscrivaient dans la démarche propre à *La main à la pâte*. Pour cela, dans un premier temps, il faudrait probablement examiner comment mieux exploiter les aspects mathématiques ou de calcul des activités existantes, par exemple dans les domaines de l'astronomie et de la mécanique, avant d'en produire éventuellement de nouvelles. L'équipe est donc ouverte aux réflexions des mathématiciens et aux propositions concrètes qu'ils pourraient formuler pour renforcer le rôle des mathématiques dans les activités proposées.

⁷ <http://eduscol.education.fr/index.php?./D0027/EXSREF03.htm>

⁸ http://www.inrp.fr/lamap/bdd_image/108_407_ep-renovscitech.pdf

MATHENPOCHE : de l'exercice à l'outil

Sébastien Hache, Sésamath

sebastien.hache@sesamath.net

Le logiciel Mathenpoche

Mathenpoche est *un logiciel libre* développé par des professeurs de mathématiques en exercice et diffusé par l'association Sésamath (www.sesamath.net). Il existe en version mono-poste ou réseau. Dans ces 2 versions, Mathenpoche peut être utilisé en ligne ou localement.

Pour découvrir le logiciel, ses utilisations variées, les divers documents d'accompagnement et les compte-rendus d'expérimentation, il est indispensable de se rendre sur le site dédié : www.mathenpoche.net.

Professeurs et élèves

Contrairement à beaucoup de logiciels proposant des exercices de mathématiques, Mathenpoche met le professeur au centre du logiciel. Comme le professeur place ses élèves au centre de sa pédagogie, l'élève est, par transivité, au cœur de Mathenpoche, grâce à *la médiation de l'enseignant*. Ainsi, dans la version *réseau* de Mathenpoche, le professeur inscrit ses élèves, leur construit des séances d'exercices, les suit en temps réel sur son poste-maître et récupère les résultats de la classe et de chaque élève.

Mathenpoche est aussi accessible hors réseau (directement en ligne) : alors l'élève a toute latitude pour construire son propre parcours et progresser hors du regard du maître. Ces deux usages correspondent à deux temps bien distincts : *le temps de la classe* où le professeur suit un projet et impose un rythme et *le temps hors de la classe* où l'élève, s'il le souhaite, peut reprendre, approfondir, s'exercer, découvrir à sa guise...

A une époque où le besoin de différenciation est devenu très aigu dans nos façons d'enseigner, Mathenpoche est un outil (parmi d'autres) qui permet à chacun *d'avancer à son rythme*. Mais dans le temps scolaire, tout est fait pour que le professeur soit le véritable chef d'orchestre et maîtrise d'un bout à l'autre la séance avec Mathenpoche.

Mathenpoche et le travail collaboratif

Mathenpoche a été développé à distance (via Internet) par des professeurs de mathématiques. Le développement est en lui-même un travail collaboratif de longue haleine et à grande échelle. Tous les membres de l'équipe de développement, dont chacun a un rôle précis dans l'avancement du projet, ont un dénominateur commun : *ils sont tous professeurs de mathématiques*. La transposition informatique (passage de l'activité mathématique classique à l'activité médiatisée au moyen de l'ordinateur) se fait donc *entre pairs*, de manière horizontale. Ce mo-

dèle de développement explique sans doute en grande partie l'adhésion de nombreux autres professeurs qui, sans être développeurs, se reconnaissent dans le projet et font part, en retour, de leurs utilisations, de leurs demandes d'améliorations ou de leurs idées d'exercices supplémentaires.

Le travail collaboratif concerne donc aussi l'utilisation du logiciel et permet une prise en main plus rassurante de l'outil informatique (l'aide des collègues est souvent très précieuse dans les premiers pas).

Mathenpoche et la recherche

La création récente de la Commission Inter-Irem Mathenpoche⁹ témoigne de l'ouverture maintes fois réaffirmée du logiciel au monde de la recherche.

Par ses fonctionnalités (suivi en réseau, enregistrement possible des tâtonnements de l'élève...), Mathenpoche est, par sa conception même, un outil de recherche pédagogique ou didactique. En effet, il peut aider à mesurer l'activité réelle de l'élève, quantitativement (combien de fois se connecte-t-il ? quel temps met-il ?) et aussi qualitativement (quels sont les types d'erreurs récurrentes ?). Mathenpoche permet par exemple de connaître le temps moyen passé par exercice pour plus de 100 000 élèves...

Et il peut être, de plus, un outil pour *la diffusion de la recherche* : en effet, sa grande médiatisation et son modèle collaboratif sont de nature à faciliter *la communication* des travaux de recherche, soit directement, soit par le biais d'un développement spécifique du logiciel.

Mathenpoche : de l'exerciseur au problème ouvert

Au fur et à mesure de son développement, la maîtrise technique, les retours d'usage et les liens avec la recherche ont permis d'élargir considérablement le « spectre d'intervention » de Mathenpoche. Réduit à l'origine aux exercices standard (exercices algorithmiques et répétitifs) et donc cantonné à la seule « remédiation », Mathenpoche a fortement évolué dans sa structure et ses contenus. Sont apparus progressivement des exercices plus complexes (schémas de démonstrations), puis des activités pour découvrir les notions. Actuellement, le travail se concentre sur des problèmes dont la réponse de l'élève est beaucoup plus libre : elle n'est donc pas nécessairement interprétée par la machine. Elle peut être médiatisée via le réseau informatique (envoyée au professeur qui peut à son tour la renvoyer vers les autres élèves...) ou enregistrée pour être réutilisée lors d'une étape ultérieure du raisonnement. Centré au départ sur des parcours hautement individualisés (pédagogie différenciée) rendus possibles par l'interaction élève/machine, le logiciel évolue vers des gestions collectives de la classe. Cela permet des phases d'institutionnalisation (après avoir découvert certaines notions via des exercices ou des activités, le professeur reprend la main pour dégager de ces exemples une généralisation mathématique correspondant à une phase de cours) ou l'étude de « problèmes pour chercher¹⁰ » en cycle 3 de l'école élémentaire.

⁹ <http://cii.sesamath.net/>

¹⁰ http://eduscol.education.fr/D0048/pb_pour_chercher.pdf

Mathenpoche : de l'exercice à l'outil

Alors que d'autres logiciels (Wims par exemple) partent des potentialités d'outils pour générer des exercices (qui utilisent les outils en sous-main), Mathenpoche a suivi un parcours inverse : c'est le développement des exercices qui a exigé la création d'outils indépendants (comme pour les élèves qui, au fur et à mesure de leurs manipulations, élaborent des objets plus génériques et généraux qui deviennent alors des outils pour la résolution de problèmes plus complexes).

Les exercices de Mathenpoche ont donc généré des outils qui, à leur tour, permettent de créer de nouveaux types d'exercices dans Mathenpoche. Ainsi l'utilisation ponctuelle d'instruments de géométrie virtuels a conduit au module Instrumenpoche (www.instrumenpoche.net) qui rassemble tous les instruments permettant *la construction de figures complexes* en mode ouvert (sans procédure de validation par le logiciel) De la même façon, le module Tracenpoche (www.tracenpoche.net) permet d'introduire de la géométrie dynamique (sur le modèle de Cabri ou Geoplan ou ...) au cœur des exercices de Mathenpoche.

Mais comme ces outils sont développés par la même équipe, ils préfigurent le noyau d'une suite de logiciels mathématiques *compatibles et interconnectés*.

Mathenpoche et les liaisons inter-cycles

Après un développement centré sur le collège, Mathenpoche se tourne d'une part vers le cycle 3 de l'école élémentaire et d'autre part vers la seconde générale et professionnelle. Cette extension répond à une demande très forte des enseignants et s'explique par le fait que très peu d'outils sont actuellement communs aux différents acteurs des liaisons inter-cycles. Comment bien se parler si on ne parle pas des mêmes choses ? Très modestement, l'utilisation d'un même logiciel dans les différents cycles, peut être le catalyseur d'échanges entre enseignants. C'est particulièrement vrai pour la liaison école/collège. Mais le risque est grand aussi d'importer les mathématiques du collège vers l'école ; ainsi Mathenpoche cycle 3 ne doit pas être une simple extension de Mathenpoche 6ème, ce qui nuirait plutôt à la transition entre les deux cycles.

La demande est forte, mais la réponse doit être adaptée et mûrement réfléchie : c'est le sens de la démarche adoptée par les développeurs, en contact étroit avec la Copirelem.

Mathenpoche et l'enseignement des mathématiques

Paradoxalement, les défauts de Mathenpoche constituent une part de sa force dans la mesure où ils permettent un échange d'idées et d'expériences. Il y a rarement collaboration quand une équipe impose sa vision et reçoit toute idée nouvelle comme une critique implicite de ses choix. Mathenpoche fonctionne sur un autre modèle : toute critique fait avancer le logiciel et la réflexion qu'il induit.

La motivation des élèves et leur plaisir à travailler avec cet outil ne justifient pas à eux seuls son utilisation. En revanche, les premières observations sur des expérimentations à grande échelle (voir le travail actuellement en cours dans les Irem de Paris Nord et de Strasbourg sur l'utilisation de Mathenpoche) tendent à montrer que l'usage de Mathenpoche change la perception qu'ont les élèves (et aussi leurs parents) de l'enseignement des mathématiques : les

élèves se servent par exemple de l'outil *en dehors des heures de cours*, sans qu'on le leur demande. Quant aux parents, ils soulignent l'intérêt de Mathenpoche pour l'aide qu'ils tentent d'apporter à leurs enfants. Cette observation n'est pas anodine alors même qu'on constate une désaffection à l'égard des filières scientifiques.

Si l'appétence qu'elle crée ne suffit certainement pas à valider une démarche, elle a le mérite de mettre chacun face à ses responsabilités : un outil collaboratif a pour vocation d'être amélioré. *La seule critique ne suffit pas : il faut que chacun joue le jeu et apporte sa pierre à l'édifice commun.*

Expérimentation de MATHENPOCHE dans l'académie de CRETEIL

Martine Amiot, IA-IPR de mathématiques

martine.amiot@ac-creteil.fr

Historique du projet

Au printemps 2003, le Conseil Général de Seine-et-Marne a proposé à tous les collèges du département la **mise à disposition du logiciel Mathenpoche**, logiciel interactif d'aide aux élèves qui couvre l'ensemble du programme de mathématiques de la classe de sixième. Lors d'une réunion regroupant le CRDP, des responsables de Mathenpoche, une Inspectrice Générale de mathématiques et des Inspecteurs Pédagogiques Régionaux de mathématiques de l'académie de Créteil, la présentation détaillée de cet outil nous a permis de mieux connaître ce produit nouveau, mutualiste, libre et évolutif. Celui-ci présente un intérêt certain pour l'accompagnement des élèves en mathématiques, permet une individualisation du travail et peut aider à convaincre des enseignants d'intégrer les T.I.C.E. dans leurs pratiques.

Après plusieurs rencontres associant les différents partenaires de l'académie, l'installation retenue a été **un serveur académique** qui permet :

- la sécurité des échanges, déjà existante au rectorat ;
- une mise à jour du produit facilitée (un seul serveur concerné au lieu de 124 serveurs locaux dans les collèges de Seine et Marne) ;
- un accès au site possible en extranet (après identification) ;
- une utilisation qui peut être étendue aux collèges des autres départements ;
- une évaluation quantitative de l'utilisation réelle du logiciel.

Cette installation a été réalisée en octobre 2003 et toutes les procédures d'inscription ont été automatisées.

L'inscription des professeurs qui enseignent en sixième dans les collèges de Seine et Marne se fait sur la base du volontariat et par simple inscription en ligne sur le site de Créteil ; l'un d'eux est le correspondant du collège pour l'opération.

Pour que cette expérimentation se passe dans les meilleures conditions, la mission « Innovation et valorisation des réussites » nous a permis, cette année scolaire 2003-2004, de décharger Rafael Lobato, professeur de mathématiques de l'académie au collège Painlevé de Sevrans (93), d'un mi-temps . Il a ainsi :

- développé l'interface d'inscription au niveau du serveur ;
- géré les différentes bases de données ;
- assuré la maintenance du serveur et les mises à jour régulières.

Pour favoriser le déploiement et la mutualisation des usages, il a :

présenté le logiciel dans les différents bassins de Seine et Marne ;
accompagné les utilisateurs dans la prise en main du logiciel tout au long de l'année ;
formé les animateurs des « points média conseils » de l'académie ;
géré et animé la liste de diffusion des professeurs de mathématiques utilisateurs du logiciel sur l'académie ;
assuré la liaison avec les développeurs de Mathenpoche ;
été le correspondant de Mathenpoche avec l'Inspection Pédagogique Régionale.

Le lancement officiel dans les collèges de Seine et Marne a eu lieu au début du mois de novembre 2003.

Après sept mois d'utilisation, en juin 2004, il apparaît sur la base du serveur académique Mathenpoche que **près de 80% des collèges de Seine et Marne se sont inscrits volontairement**, que la liste de diffusion regroupe près de 275 professeurs enseignant en sixième et que plus de 9500 élèves avaient utilisé ce logiciel.

L'adhésion constatée des enseignants nous a poussés à aller plus loin, soit à proposer à la rentrée 2004 à tous les collèges de l'académie de pouvoir utiliser Mathenpoche dans sa version réseau aux niveaux sixième et cinquième. Et Rafael Lobato bénéficie cette année 2004-2005 d'une décharge d'un tiers-temps afin d'accompagner l'élargissement de cette expérimentation.

En février 2005, 245 collèges (sur les 345 que compte l'académie) sont concernés, 579 professeurs volontaires sont inscrits et plus de 26000 élèves utilisent le logiciel.

Premier bilan de l'expérimentation

Pour l'inspection pédagogique, ce logiciel est conforme à l'actuel programme de mathématiques en sixième et en cinquième. Les contenus sont rigoureux et progressifs. Les exercices sont interactifs et non répétitifs ; les aides proposées claires, souvent animées et, en général, elles semblent offrir un réel soutien aux élèves.

Afin de suivre au plus près cette expérimentation, les inspecteurs pédagogiques régionaux sont allés observer des pratiques mises en place autour de ce logiciel ainsi que les effets sur les élèves en suivant un même protocole : rencontre avec le chef d'établissement, entretien avec les professeurs engagés, entretien avec des élèves concernés et observation d'une séance. Au mois d'avril 2004, un questionnaire a été envoyé à tous les enseignants inscrits dans cette expérimentation et les retours ont été importants (près de 50%) ; leur dépouillement et les observations nous permettent de dégager les remarques suivantes :

Pour les enseignants :

L'individualisation du travail et une meilleure gestion de l'hétérogénéité sont mises en avant, comme le prouve le nombre élevé de séances programmées (voir le tableau statistique). Les enseignants apprécient de choisir les exercices du jour, de programmer des exercices différents pour des élèves différents ou des groupes d'élèves différents et si besoin, dans un ordre précis, sur des plages horaires prédéfinies.

Une plus grande **disponibilité du professeur** pour les élèves en difficulté est constatée, les élèves plus à l'aise travaillant en autonomie.

Le logiciel permet un **suivi détaillé des difficultés des élèves**, tant en direct dans la classe grâce au tableau de bord des postes connectés qui affiche le travail des élèves et les erreurs commises que par la consultation ou l'impression du tableau récapitulatif des travaux et résultats de chaque élève par séance ; le professeur peut alors reprendre les erreurs commises dans le cadre d'un cours ultérieur ou les redonner à travailler si nécessaire lors d'une prochaine séance sur Mathenpoche. Pour ceux qui le pratiquent, les résultats des élèves sont toujours en nette amélioration la deuxième fois.

Le logiciel réalise une approche différente des mathématiques ; les supports utilisés sont variés et participent au développement de l'autonomie des élèves.

Pour les élèves :

La mise au travail des élèves est plus rapide ; partout la **concentration des élèves** est forte. Et les élèves perçoivent les exercices de mathématiques autrement, de façon ludique, tout en respectant un niveau de rigueur. **Leur attitude face aux mathématiques évolue positivement.**

Les élèves peuvent reprendre plusieurs fois un exercice, ou revenir plus tard sur certains.

Le travail à la maison est possible et des élèves reprennent chez eux les exercices travaillés en classe ; ce travail est efficace : le logiciel ne répète jamais les mêmes séries car les données sont choisies de manière aléatoire ; de plus des parents semblent apprécier cet « exerciceur » gratuit par accès en ligne.

L'aide joue, pour la plupart des élèves, un rôle important, à condition que le professeur ait pris le temps d'expliquer clairement comment s'en servir.

La **compréhension semble meilleure** ; des progrès sensibles sont soulignés dans les parties numériques où les chapitres sur les décimaux, les opérations, les fractions sont fortement cités.

L'impact au niveau des résultats des élèves n'est pas toujours mesurable ; mais plusieurs professeurs soulignent le changement de comportement de certains élèves qui sont plus attentifs en cours ou qui participent plus à l'oral ou qui refont du travail à la maison. **Motivation et re-motivation, autonomie, auto-évaluation** sont des mots qui reviennent sans cesse dans les bénéfices apportés.

Le logiciel est utilisé en **entraînement**, en **réinvestissement**, en **remédiation**, en séance de **découverte d'une notion nouvelle**, voire même en séance de correction de contrôle. Ces séances sont la plupart du temps en groupe restreint d'élèves, mais aussi en classe entière lorsque les équipements de la salle informatique du collège le permettent (nombre suffisant d'ordinateurs). Il est parfois aussi utilisé en mode « tableau noir » collectif en cours de mathématiques : certaines aides animées fournissent une explication claire d'un point précis du programme et leur visualisation permet d'y associer une image mentale.

Certains exercices développent une acquisition de réflexes ; d'autres permettent de mettre l'élève en situation de recherche (ils pourraient être plus nombreux !).

La prise en main par les élèves est rapide, l'environnement est plaisant ; les élèves apprécient le fait de travailler dessus et ils demandent parfois à rester plus longtemps que prévu !

Dans une gestion de salle en direct, des professeurs nous signalent identifier les difficultés de certains élèves très rapidement et ainsi intervenir efficacement pendant la séance ou bien re-programmer une autre séance ciblant ces difficultés.

Pour le logiciel :

Le **produit est évolutif** ; il gagne en qualité grâce à l'intégration des remarques des utilisateurs et s'enrichit de nouveaux exercices suite à d'éventuelles propositions d'enseignants de mathématiques.

Les professeurs apprécient la **grande variété et la richesse des exercices**, la plupart sont classiques, quelques-uns sont novateurs ; le calcul numérique est remarqué et largement cité à travers les chapitres calcul mental, décimaux, fractions, opérations ; celui sur les angles en géométrie est aussi plébiscité ; toutefois certaines séries de géométrie semblent trop longues pour les élèves.

Les aides, souvent animées, permettent de ré-expliquer une leçon, certaines sont très bien étudiées et peuvent même servir d'illustration de cours ; d'autres semblent mal adaptées au niveau sixième et encore trop complexes¹¹.

Quant aux instruments de géométrie intégrés dans le logiciel, le maniement est plus laborieux pour le professeur que pour l'élève ! Et les opinions sont divisées sur le sujet.

La **progressivité des difficultés** dans les séries traitées est soulignée et c'est un réel atout de motivation pour l'élève en difficulté.

La **facilité d'utilisation**, tant pour l'enseignant que pour l'élève (une heure est suffisante à un élève de sixième pour s'approprier les différentes facettes du logiciel) est appréciée. Mais le passage à l'écrit reste une difficulté et la vigilance du professeur est indispensable dans le travail papier-crayon complémentaire.

Le premier bilan de cette expérimentation est donc largement favorable. Les visites et entretiens que mes collègues IA-IPR de mathématiques et moi-même avons effectués dans des établissements participant à l'expérimentation montrent partout la concentration et le sérieux des élèves durant ces séances. Le **travail individualisé est réel** car chaque élève peut avoir une série d'exercices adapté son niveau et ses difficultés ; il progresse à son rythme dans le traitement des exercices.

Il permet aussi une dédramatisation de l'utilisation de cet outil informatique ; élèves et professeurs l'utilisent facilement. Il fonctionne via Internet et son utilisation fait donc **écho à certaines compétences du B2i** (brevet informatique et Internet) ; si elle est régulière, elle devrait donc permettre d'en valider certaines.

Et le suivi pratiqué par Rafael LOBATO est unanimement apprécié : après avoir donné envie aux enseignants d'utiliser le produit lors des demi journées de présentation effectuées par bassin chaque année, il anime la liste de diffusion qui rassemble tous ces professeurs utilisateurs de Mathenpoche sur l'académie de Créteil ; il rectifie quasiment en temps réel toutes les imperfections ou erreurs signalées par les uns ou les autres, apporte des réponses à toutes les questions qui lui sont posées, et fait aussi remonter aux développeurs de Mathenpoche les idées nouvelles qui émergent. Quant à la partie technique, la gestion de Rafael LOBATO, assisté de certains membres de la MATICE, Mission Académique des TICE du Rectorat, est exemplaire.

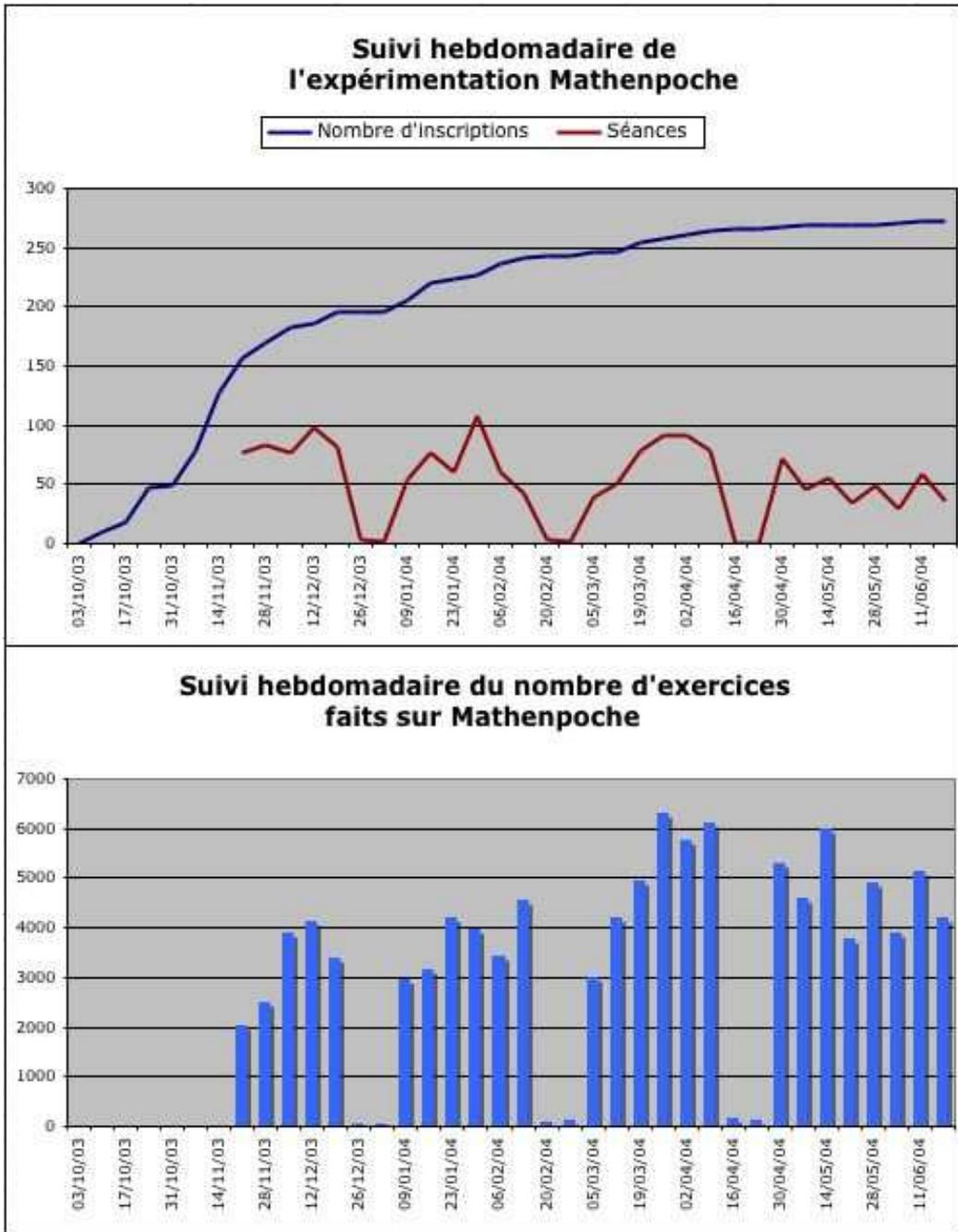
¹¹ Les enseignants utilisateurs de Mathenpoche signalent (par courriel) ces problèmes à Rafael Lobato qui les corrige en temps réel quand ils sont minimes. Il les répercute aux concepteurs ou aux scénaristes de Mathenpoche quand la restructuration est importante.

Aujourd'hui, professeurs, parents et élèves applaudissent ce logiciel d'accompagnement des mathématiques, et les réserves sont rares ! Un professeur m'a même confié avoir constaté, en suivant une classe de sixième en cinquième, que ses élèves qui avaient découvert l'année précédente les nombres relatifs sur le logiciel Mathenpoche, se souvenaient de tout le vocabulaire introduit et que ces nombres avaient du sens pour eux.

Mais comment se passent les apprentissages avec un tel outil ? que deviennent-ils à long terme ? quel est l'impact sur l'aide à la réussite des élèves ? Là, nous manquons encore de recul et un travail d'analyse approfondie serait nécessaire.

Statistiques de l'expérimentation Mathenpoche 2003-2004 dans l'académie de Créteil au 19 juin 2004

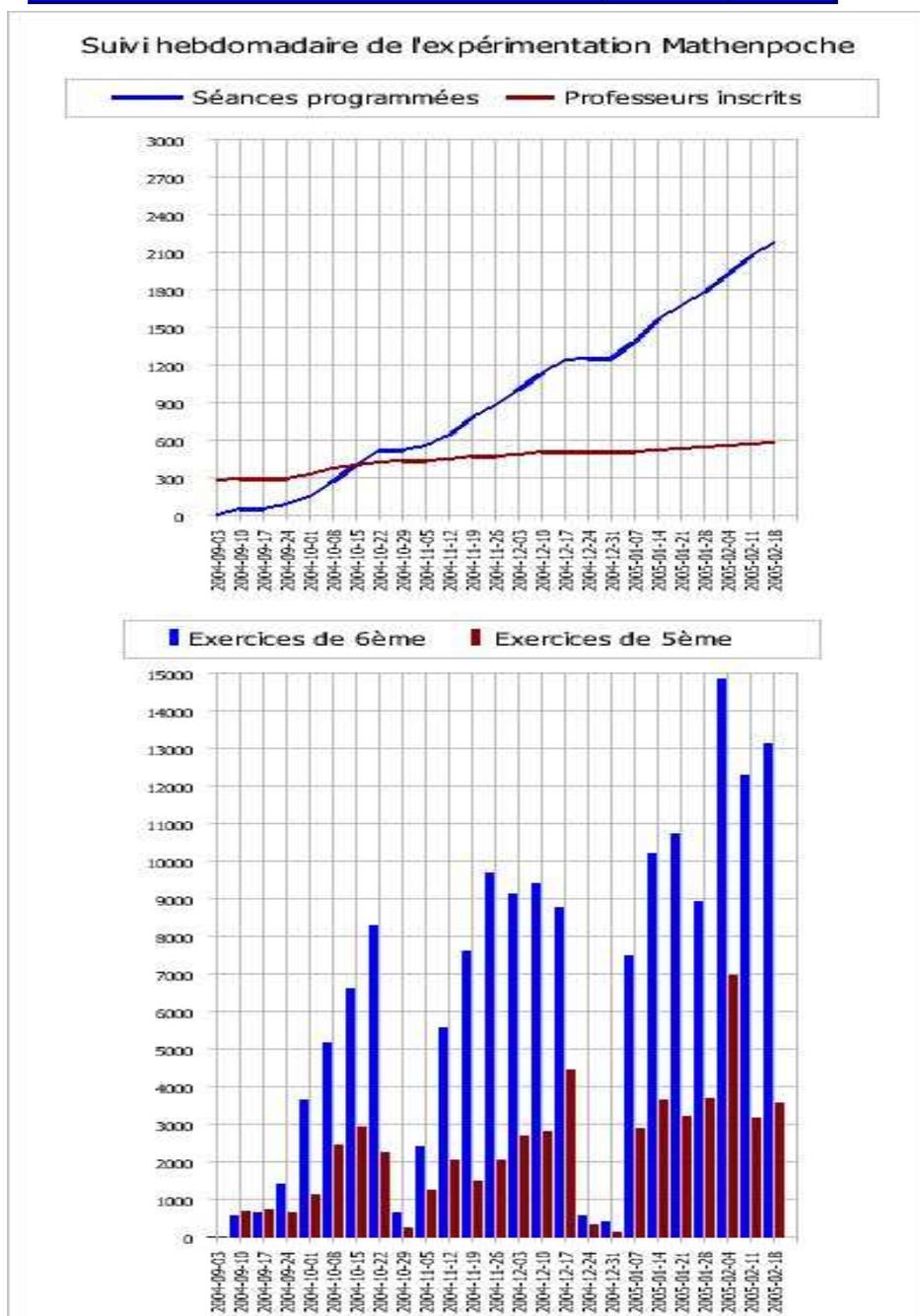
- 274 professeurs sont inscrits ;
- 119 collèges sont concernés ;
- 572 classes sont enregistrées ;
- 9681 élèves sont inscrits ;
- 109430 exercices ont été faits ;
- 1667 séances ont été programmées.



Statistiques de l'expérimentation Mathenpoche 2004-2005 dans l'académie de Créteil au 18 février 2005

- 579 professeurs sont inscrits ;
- 245 collèges sont concernés ;
- 2169 séances ont été programmées.

Niveau :	6^{ème}	5^{ème}
Nombre de classes :	891	535
Nombre d'élèves :	15633	10428
Nombre d'exercices faits :	158507	56097



Travail collaboratif à distance Résolution de problèmes ouverts

Marie-Claire COMBES, membre du Comité Scientifique des IREM

combes.mc@wanadoo.fr

1. Suivi de formation à distance

La conception de ressources au moyen du travail collaboratif est au cœur de l'activité des équipes du SFODEM¹² de l'Irem de Montpellier qui entament leur cinquième année d'existence.

La phase expérimentale (2000-2002) de ce dispositif a montré les difficultés et les potentialités de l'entreprise. Le bilan en a été fait sous la forme d'un cédérom (Guin & al, 2003) et lors du colloque ITEM¹³ de Reims (Lagrange & al, 2003), auquel toutes les équipes du SFODEM ont participé. Cette phase expérimentale, comme la phase opérationnelle qui l'a suivie, ont mis en évidence l'importance cruciale des ressources pédagogiques (Guin & Trouche, 2004) pour accompagner le renouvellement des pratiques professionnelles des enseignants. C'est autour de la création de ressources pédagogiques vivantes, c'est à dire créées pour soi et pour d'autres, réutilisables, mutualisables, enrichies par l'expérience commune, que se poursuit la réflexion du SFODEM cette année. Cette réflexion débouchera fin 2005 sur la réalisation d'un nouveau cédérom, guide méthodologique pour les enseignants de mathématiques.

En 2003-2004 le travail concernait trois thèmes :

1°) Numérique-Algèbrique-TICE

Les formateurs proposent une réflexion sur l'apprentissage et l'enseignement du numérique et de l'algèbrique, au collège et au lycée, intégrant les calculatrices et les logiciels d'algèbre (en particulier le logiciel Aplusix).

Il ressort de leur expérience qu'il est toujours difficile de créer une synergie entre tuteurs et stagiaires dans un travail de groupe à distance au moyen d'Internet. Des transformations lentes mais réelles apparaissent cependant dans les conceptions des stagiaires sur leur enseignement. Elles se traduisent par :

- L'intégration d'un nouveau logiciel ;
- La prise en compte d'éléments de didactique qui amènent par exemple à réviser des progressions, ou le regard porté sur des productions d'élèves ;
- Une meilleure participation au travail collaboratif ;
- La divulgation de ressources en cours d'élaboration.

2°) Expérimentation de ressources utilisant des fichiers interactifs en rétro-projection

Le travail de ce groupe est centré sur l'intégration des outils informatiques dans la pratique de la classe.

Plusieurs ressources utilisant des fichiers interactifs réalisés avec Excel, Cabri II, Géoplan et Géospacw ont été créées ou améliorées grâce aux expérimentations dans les classes.

¹² Suivi de Formation à Distance pour les Enseignants de Mathématiques.

¹³ Intégration des Technologies dans l'Enseignement des Mathématiques.

http://www.reims.iufm.fr/OLD_IUFM/Recherche/ereca/colloques/ITEM_GUIN_TXT.PDF

Cependant des difficultés apparaissent encore :

- difficultés d'ordre matériel (manque de disponibilité ou même absence d'outils de rétro-projection dans les établissements, absence des logiciels indispensables) ;
- Difficultés liées à la mise en œuvre d'un travail collaboratif à distance.

3°) Résolution collaborative de problèmes ouverts via Internet

Pour la troisième année consécutive, ce groupe propose à des classes de l'Académie de résoudre collaborativement un problème ouvert en utilisant une plate-forme de télé-formation. L'un des problèmes proposé en 2004 a été analysé dans le bulletin vert n° 455 de l'APMEP (Combes Marie-Claire & al, 2004).

Un quatrième thème s'est ajouté en 2005 : « **Stratégies d'enseignement face à des difficultés d'élèves et collaboration avec MathEnPoche.** » Il est intéressant à deux titres :

- il concerne un réseau de professeurs exerçant en ZEP, où les mathématiques peuvent jouer un rôle important dans l'intégration scolaire ;
- Il se développe en interaction avec l'association Sesamath, pour concevoir de manière collaborative des ressources pédagogiques, *dans une très vaste communauté de pratique.*

L'utilisation de la plate-forme [Plei@d](http://pleiad.net)¹⁴ s'est imposée ; elle représente de plus en plus la mémoire de travail du SFODEM. Chaque thème possède maintenant *un journal* qui contient les ordres du jour et les compte-rendus des réunions ainsi que divers documents liés à l'organisation du travail.

Une évaluation du temps de travail des stagiaires et des formateurs a été tentée par son intermédiaire.

Le travail collaboratif cherche à faire évoluer les pratiques professionnelles. La forme finale d'une ressource est le résultat d'une construction collaborative dynamique. Le forum joue un rôle déterminant : c'est *la mémoire* du travail sur le long terme.

Voici une présentation détaillée *du troisième thème*. Le lecteur est invité à découvrir lui-même les autres thèmes sur la plate-forme (<http://sudest.pleiad.net/>)

2. La résolution de problèmes ouverts, un levier pour le travail collaboratif à distance

2.1. Problèmes ouverts

Les problèmes proposés sont de véritables problèmes ouverts de recherche, et non des problèmes fermés déguisés, où la réponse est unique et imposée. Ils ont un contenu intuitif assez immédiat ; leur formulation reste volontiers imprécise ; suffisamment simples, dans des domaines abordables par tous, ils suscitent la curiosité. Les énoncés sont courts, attractifs et compréhensibles par tous. Mais leur complexité nécessite des échanges, une recherche en groupe et un travail collaboratif pour arriver à des résultats satisfaisants.

▪ Le problème

Le problème se situe dans un champ de connaissances où l'élève peut contrôler la validité de ses conjectures. Ce champ n'est pas obligatoirement en adéquation avec la progression dans les programmes.

Les problèmes où la solution est accessible par plusieurs modes de raisonnement (algébrique, géométrique,..) sont particulièrement intéressants.

¹⁴ <http://sudest.pleiad.net/>

Tout élève peut démarrer sa recherche par tâtonnement, par des dessins, par des essais numériques. Il peut tester ou vérifier ses résultats.

▪ **L'énoncé**

Il est assez bref, exprimé simplement pour être très accessible aux élèves.

La solution n'est pas évidente, elle n'est surtout pas donnée par l'énoncé.

L'énoncé n'induit pas de méthode de résolution. L'élève n'est pas guidé dans sa recherche. Les problèmes qui amènent à la solution par une série de questions intermédiaires sont éliminés.

▪ **La recherche**

La durée de la recherche est nécessairement étalée sur plusieurs semaines, avec des moments de synthèse et de relance gérés par les tuteurs ou les enseignants.

Le démarrage est relativement aisé, mais les énoncés nécessitent un débat entre les chercheurs pour fixer des choix. Il est nécessaire de :

- définir les objets sur lesquels on travaille,
- réaliser de premières modélisations suivant les choix adoptés,
- s'interroger sur les résultats attendus : « Qu'est ce qu'une solution, une réponse satisfaisante ? ».

Une fois ces choix adoptés par tous, ces problèmes offrent un démarrage aisé ; une phase expérimentale (géométrique, numérique) est accessible à tous, les premières recherches sont riches de résultats variés.

L'évolution des recherches peut être très imprévisible, car ces problèmes vivent et évoluent par les échanges entre pairs. Le partage des divers résultats permet d'avancer, de relancer, de re-motiver les élèves. Parfois les choix initiaux sont remis en cause : il faut redéfinir les objets et les « bonnes réponses ». Alors le problème explore de nouvelles pistes et entraîne l'étude de problèmes annexes et de variantes.

La recherche n'est jamais terminée : le problème peut rester ouvert, c'est à dire n'être jamais définitivement résolu, ou présenter de nouveaux prolongements...

Exemples :

Problème des gardiens de musée

On s'intéresse à la surveillance d'une salle de musée, dont les murs sont rectilignes : on y place des gardiens qui sont assis sur des chaises. Ces chaises sont fixées au sol (les gardiens ne peuvent donc pas se déplacer dans la salle), mais elles sont pivotantes (les gardiens peuvent donc surveiller dans toutes les directions à partir de leur position).

Quel est le nombre minimum de gardiens dont il faut disposer pour surveiller toute la salle, et où faut-il les placer?

Dans cet énoncé, le contenu intuitif est privilégié, au détriment de la précision. La forme de la salle n'est par exemple pas spécifiée (on a quand même précisé que les murs sont rectilignes pour fixer les idées). Tel quel, ce problème est probablement insoluble, puisqu'on n'en sait pas assez pour dire quelque chose d'intéressant. La recherche commencera donc par fixer des choix, spécifier la nature de la salle (présence ou non d'obstacles, par exemple), la nature de la surveillance des gardiens (vue dans toutes les directions simultanément ?), etc. De plus, la nature même de « la » solution n'est pas claire : on ne connaît pas d'algorithme pour déterminer le nombre minimum de gardiens ni leur emplacement pour une salle arbitraire ; on a ce-

pendant des réponses partielles satisfaisantes. Ce problème illustre le fait qu'une question d'apparence simple peut s'avérer très difficile à résoudre et qu'il faut parfois se contenter de résultats partiels.

Problème du berger

Un berger souhaite construire un enclos pour ses moutons, au milieu d'une vaste plaine herbeuse. Pour cela, il a à sa disposition 10 piquets et une certaine longueur de fil de fer (environ 30 m). Comment doit-il s'y prendre pour que ses moutons aient le plus d'espace possible dans leur enclos ? Doit-il utiliser tout son fil de fer ? Tous ses piquets ? Comment doit-il les disposer ?

Le contenu intuitif est clair. La solution est « évidente » pour beaucoup de personnes, mais il s'agit d'aller au-delà de cette évidence. Comment argumenter ou démontrer ? Peut-on répondre sans calculs, ou en calculant un minimum ? De nombreuses variantes sont envisageables, dans lesquelles les solutions sont moins évidentes, mais avec des analyses analogues.

Problème des 5 plans

Dans l'espace, on considère 5 plans en position générale. Combien de régions délimitent-ils ?

L'énoncé est très bref, mais peu précis au sujet de la « position générale » (le sens mathématique en est peu clair pour la plupart des gens). On pourrait même supprimer cette expression, rendant le problème plus difficile encore (et plus intéressant). La difficulté est que les dessins deviennent rapidement illisibles, et qu'il faut trouver une façon d'analyser la question qui ne repose pas sur le dessin. L'étude de problèmes analogues, notamment celui de droites tracées dans le plan, se révèle précieuse dans la résolution de ce problème.

2.2. Constitution de nouvelles communautés de pratiques

Dans le travail collaboratif, les rôles des formateurs, des stagiaires et des élèves sont profondément modifiés par rapport à une démarche classique.

✓ Les formateurs

Pour le bon déroulement du travail mis en place, ils doivent :

- Organiser *le travail sur l'année* par un calendrier très précis : dates des réunions, périodes de recherche des classes, dates des rencontres informatiques, ci-dessous dénommées « chats »...;
- constituer les groupes de recherche (stagiaires ou classes) ;
- accompagner les stagiaires et les inciter au travail collaboratif en réseau, en réagissant rapidement aux nouvelles pistes qu'ils proposent, en les encourageant à communiquer le fruit de leur recherche sans attendre un produit fini ;
- améliorer les conditions de la communication entre les stagiaires et entre tuteurs et stagiaires, les aider techniquement à mettre leurs travaux sur la plate-forme ;
- être les garants de la mémoire du travail commun élaboré autour du problème (gestion du forum).

Un formateur est tuteur d'un ou plusieurs groupes selon le nombre de classes qui intègrent le travail commun.

Chaque groupe de recherche est animé par un tuteur qui n'est pas impliqué dans la recherche. Il a un regard extérieur et une vue globale des travaux, ce qui lui permet de faire des bilans et des relances pour tous et de réguler les recherches de l'ensemble des participants

✓ **Les stagiaires**

Les stagiaires doivent avoir un équipement informatique *personnel* pour participer à ce travail.

Ils s'engagent à se connecter régulièrement sur la plate-forme, à résoudre des problèmes ouverts entre adultes et à organiser avec l'une de leurs classes un travail collaboratif avec d'autres classes.

Les stagiaires impliqués dans ce nouveau type de travail se trouvent confrontés à de nouvelles contraintes :

- harmoniser l'organisation du travail en classe avec celle des autres stagiaires ;
- respecter les calendriers décidés lors des réunions ;
- s'obliger à lire les courriels régulièrement ;
- traiter l'information dans le délai imparti ;
- envoyer régulièrement les synthèses des recherches afin d'alimenter le travail commun.

Dans sa classe aussi, le rôle de l'enseignant évolue par rapport à une démarche plus classique ; il doit :

- présenter et mettre en place le cadre de la nouvelle activité ;
- organiser le travail (gestion du temps : travaux de groupe, synthèse) ;
- coordonner les travaux entre les groupes ;
- relancer la recherche entre les élèves si elle vient à se tarir (leur proposer des conjectures) ;
- recentrer la recherche pour éviter la dispersion (choix de l'étude de conjectures communes) ;
- décider, suivant l'état des recherches de sa propre classe, s'il faut lui communiquer ou non l'ensemble des contributions des autres classes (il s'agit d'enrichir la recherche sans « tuer » le problème).

En aucun cas le professeur ne doit donner la solution. Son rôle est de favoriser son émergence par la confrontation de différents points de vue. Si les élèves n'arrivent pas à trouver de solution générale, il se contentera des solutions partielles que ses élèves découvrent par eux-mêmes.

✓ **Les élèves**

Ils peuvent appartenir à des classes de niveaux différents. Cette hétérogénéité entraîne parfois des incompréhensions, mais nous avons remarqué que des classes de niveaux différents arrivent souvent à se poser les mêmes questions.

L'organisation du travail dans la classe doit permettre aux élèves une recherche collaborative du problème. Pour cela, des temps de travail personnel, de travail en groupe et de débat en classe entière doivent alterner avec la recherche plus approfondie à la maison. Les conjectures

proposées doivent être validées ou rejetées *par eux seuls*. Après une confrontation des points de vue et un débat scientifique, chacun doit être convaincu de l'exactitude ou de l'erreur de la conjecture.

Il est souhaitable que les élèves participent eux-mêmes au travail de communication entre les classes, mais les difficultés techniques et le manque de temps ne le permettent pas toujours. Cependant, des possibilités existent pour ceux qui travaillent au sein d'un club mathématique de leur établissement ou pour ceux qui peuvent accéder à Internet en dehors des cours.

On peut aussi élargir le temps du débat scientifique en classe et rédiger en commun les questions, conjectures et réponses à envoyer aux autres classes. Pendant qu'un élève les écrit sur un ordinateur muni d'un vidéo-projecteur, les autres interviennent et suggèrent des modifications. Le document envoyé est l'œuvre de la classe tout entière.

2.3. Communication et Plate-forme de travail à distance

✓ Les réunions

Trois journées réparties sur l'année regroupent tous les participants à la formation. Elles sont très importantes pour la régulation du travail collaboratif

La première journée est essentielle car elle va permettre :

- la première rencontre et la création d'une communauté d'enseignants qui communiqueront tout au long de l'année ;
- la présentation du cadre théorique de la formation : par une mise en situation, la recherche d'un problème ouvert suivi d'un débat scientifique, les stagiaires vivent *en accéléré* les situations qu'ils recréeront dans leurs classes (par l'analyse de l'expérience, les objectifs didactiques et les diverses pratiques pédagogiques mises en œuvre sont présentées par les formateurs) ;
- la mise en place du travail collaboratif, la négociation des échéanciers, des dates et heures des chats ;
- la présentation des moyens de communication sur la plate-forme Pleiad et la forme des échanges entre les classes.

Les deuxièmes et troisièmes réunions permettent la régulation et la renégociation des échéanciers, la constitution de bilans partiels. Ces regroupements sont très appréciés par les stagiaires car ils sont re-dynamisants.

✓ La messagerie

C'est un moyen de communication rapide et personnel.

La messagerie est très utilisée dans le travail collaboratif. Un équipement personnel est donc indispensable car l'accès aux équipements informatiques des établissements est trop aléatoire, en particulier pour les connections.

La messagerie renforce l'appartenance au groupe. Elle est indispensable pour la communication entre les formateurs et les stagiaires en vue de l'organisation du travail.

Elle a aussi un caractère intime et personnel. Les formateurs encouragent et motivent personnellement certains stagiaires : c'est souvent la première présentation de leurs travaux de recherche avant qu'ils les soumettent au groupe sur le forum.

✓ **Le chat**

La plate-forme Pleiad permet l'organisation de chats. Ce sont des moments d'échanges très interactifs, rapides et immédiats.

Ils sont organisés entre les stagiaires au début de la recherche du problème. Aucun chat entre classes n'a encore été expérimenté.

Ces chats permettent d'entrer plus facilement dans le problème. L'énoncé est rapidement appréhendé et discuté. Ces échanges en direct permettent une confrontation de points de vue différents, parfois contradictoires et donnent la possibilité de réagir immédiatement, soit pour contredire ce qui est proposé, soit pour éclaircir le propos ou encore pour démontrer des conjectures.

Le chat conduit à une recherche d'informations et un approfondissement des connaissances dans des domaines où le stagiaire débute, comme la géométrie dans l'espace ou les graphes lors de certains problèmes.

Le chat renforce surtout le sentiment d'appartenance à cette communauté de recherche du problème ; les personnes qui se sont rencontrées lors de réunions se retrouvent à nouveau ensemble, virtuellement cette fois.

Pour les tuteurs, le chat est un outil de communication pour prendre des décisions, ajuster l'organisation du travail entre leurs rencontres hebdomadaires (choix d'un problème, réorganisation des groupes...)

Cependant le chat présente certains inconvénients : les messages trop longs sont difficilement lisibles à l'écran ; l'affichage est très réduit et ne permet pas de voir un long morceau de la discussion. Parfois, le nombre élevé de participants est lui aussi un obstacle et perturbe les échanges entre deux personnes. Pour les problèmes de géométrie, il est impossible de faire des dessins ou des animations.

Quelques remèdes peuvent être mis en œuvre pour palier ces inconvénients : le choix d'une couleur pour chaque interlocuteur, une meilleure structuration des messages (en mentionnant à qui l'on parle ou à qui l'on répond) lorsque la conversation est personnelle.

Le choix des dates et surtout des horaires est particulièrement important. Il s'avère que les chats dans la journée ne réunissent jamais beaucoup de stagiaires. La participation est beaucoup plus importante en soirée, mais alors le stagiaire se connecte depuis son domicile engageant ainsi des frais de connexion personnels (la durée du chat dépassant souvent une heure).

✓ **Le forum**

Le forum est l'outil indispensable au travail collaboratif. Il constitue le lieu de mémoire du groupe. Sur la plate-forme, un forum est ouvert pour chaque problème cherché.

Accessible à tous, élèves et enseignants, il permet de rendre public les travaux de recherche de chacun. Lieu d'échange, il est consultable à tout moment. Par un système de fichiers attachés, les stagiaires y rangent facilement leurs travaux de recherche.

La possibilité d'organiser le forum permet de bien structurer la communication. Une arborescence traduisant l'organisation des sous groupes et les divers échanges de questions et de réponses est très utile. Une analyse a posteriori du travail effectué par les uns et les autres est ainsi facilitée.

Le forum concrétise la recherche du groupe. On y retrouve la chronologie des recherches. C'est un outil indispensable pour la clôture du problème.

2.4. Impact sur les pratiques pédagogiques

Voici quelques observations issues de l'expérience :

- la résolution de problèmes est un levier qui favorise la communication ;
- les échanges sur les problèmes induisent des échanges sur les pratiques pédagogiques ;
- l'utilisation de la vidéo-projection en classe est envisagée ;
- l'utilisation de logiciels dynamiques ou de tableurs devient plus naturelle ;

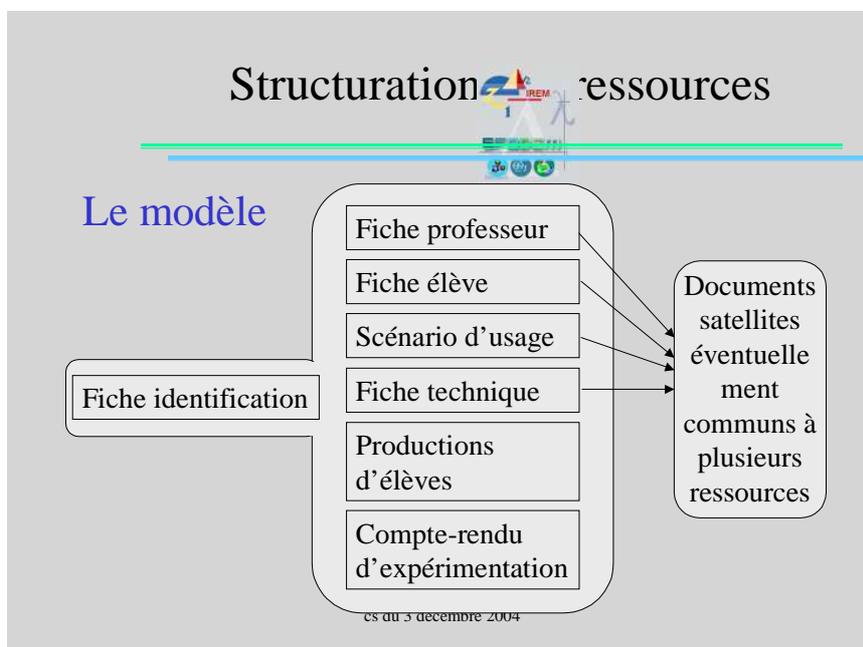
Nous voyons se dessiner de nouvelles conceptions de l'activité mathématique, tant du point de vue des adultes que de celui des élèves :

- la résolution d'un problème est modifiée par l'utilisation des TIC : la démarche devient *plus expérimentale*.
- les enseignants prennent conscience de nouvelles capacités des élèves ;
- les élèves découvrent avec plaisir des moments de travail en groupe et de débat.

Nous pouvons citer la remarque de l'un des stagiaires :

« Ce travail a changé ma vision de la classe. Je les croyais faibles et subissant les mathématiques. Le fait de réussir ce problème que j'avais annoncé comme étant très difficile leur a donné confiance en eux. »

2.5. Structuration d'une ressource



Le dispositif s'est enrichi d'une cellule de soutien technique, chargée d'aider les différents thèmes à développer leurs ressources numériques. Une évolution de la structure type de la ressource se met en place avec une fiche supplémentaire « productions d'élèves » faisant référence à des stratégies d'élèves et présentant des liens avec les fiches professeur et le compte-rendu d'expérimentation.

3. Conclusion

Il faut d'abord souligner quelques difficultés :

- La quantité de travail demandé aux professeurs stagiaires (entre 20 et 30h en plus des réunions) est sans commune mesure avec celle des formations traditionnelles.
- Le coût n'est pas négligeable pour eux (équipement personnel, forfait Internet).
- Il n'y a aucune reconnaissance institutionnelle du travail effectué.
- Les pratiques pédagogiques associées à la résolution collaborative de problèmes ouverts peuvent se révéler déstabilisantes aussi bien pour les élèves que pour les adultes : d'une part, l'enseignant doit ouvrir sa classe au regard des autres, ce qui n'est pas habituel ; d'autre part, il doit faire face à l'inquiétude de certains élèves soumis à des tâches auxquelles leur cursus ne les a pas préparés.

Cependant, nous avons pu constater l'impact de cette formation sur l'évolution personnelle et professionnelle des enseignants qui s'y sont prêtés. Cela nous encourage à développer des projets centrés sur le travail collaboratif à distance, avec des thèmes et un public plus diversifiés. Nous pouvons raisonnablement formuler l'hypothèse que l'impact de tels dispositifs de formation est réellement significatif, du point de vue de l'intégration des TIC dans les pratiques pédagogiques.

Bibliographie

GUIN, D., JOAB, M. & TROUCHE, L. (2003) SFODEM (Suivi de Formation à Distance pour les Enseignants de Mathématiques), bilan de la phase expérimentale. Cédérom, IREM, Université Montpellier II, Montpellier.

GUIN, D. & TROUCHE, L. (2004) Intégration des TICE : concevoir, expérimenter et mutualiser des ressources pédagogiques. Repères-IREM, 55, 81-100.

GUIN, D. & TROUCHE, L. (à paraître) Distance Training, a Key Mode to Support Teachers in the Integration of ICT? Towards collaborative conception of living pedagogical resources. Fourth Conference of the European Society for Research in Mathematics Education, Sant Feliu de Guíxols, Spain, 17-21 februar 2005.

COMBES, MC. & SAUMADE, H. & SAUTER, M. & THERET, D. (2004) Cinq classes au pays de 9 et 11. Bulletin de l'APMEP n° 455 p. 829-846.

KUNTZ, G. Résolution collaborative de problèmes ouverts. Un problème babylonien... Bulletin de l'APMEP n° 456 p. 123-131.

Expérience d'utilisation de Wims dans l'enseignement.

Fabrice Guerimand. Collège A. Daudet (Nice), IREM de Nice

fguerima@free.fr

1 Présentation de Wims.

Wims (Web Interactive Mathematics Server) est un logiciel proposant un service d'exercices interactifs de Mathématiques créé par Gang Xiao¹⁵. Pour utiliser Wims, il suffit de se placer sur un ordinateur relié à Internet et d'utiliser un navigateur pour se connecter à l'un des serveurs Wims disponibles (Université de Nice, IUFM de Poitou-Charentes, Université d'Aix-Marseille II, Université de Paris-sud, Rectorat de Nice).

Le principe de fonctionnement est simple. Wims envoie à l'utilisateur distant, par l'intermédiaire du réseau, un exercice à résoudre en générant une page au format html. L'utilisateur résout l'exercice et renvoie sa réponse au serveur en utilisant les différents tags mis à sa disposition sur la page (boutons, champs de saisie, interface interactive etc.). Le serveur effectue l'analyse de la réponse et renvoie à l'utilisateur la bonne réponse, une correction, une aide. Aucun calcul n'est effectué sur le poste de l'utilisateur distant, aucun logiciel spécifique n'est à installer.

La base de données des serveurs contient une très grande quantité d'exercices interactifs de Mathématiques¹⁶. Les exercices contiennent des variables aléatoires. Les élèves peuvent donc s'entraîner plusieurs fois sur le même type d'exercice sans avoir exactement le même énoncé. Les enseignants concepteurs peuvent générer un grand nombre d'énoncés avec peu de code à taper.

Wims propose également un certain nombre d'outils tels que traceuse de fonctions, calculatrice matricielle, solveuse de systèmes d'équations. Les cours interactifs¹⁷ sous Wims sont actuellement peu nombreux mais ils ont l'avantage de contenir de multiples exemples dynamiques et des liens directs vers les exercices Wims correspondant aux notions traitées.

Il est possible de créer de nouveaux exercices ou de modifier des exercices existants directement en ligne en utilisant son navigateur. Chaque programmeur peut alors décider de diffuser les exercices qu'il produit dans la distribution publique.

Wims est muni de deux outils de création en ligne d'exercices.

Le premier, "createxo", est un outil simplifié possédant peu de commandes et soulageant le programmeur de la plupart des problèmes d'affichage et de gestion. Ce mode de programmation est muni d'une interface conviviale qui permet de limiter la programmation d'un exercice à la saisie des questions et des réponses exactes (ainsi qu'une liste de mauvaises réponses pour les questions à choix multiples). Cependant, le programmeur perd le contrôle de la pré-

¹⁵ Professeur à l'université de Nice.

¹⁶ Actuellement, la majorité des exercices relèvent des Mathématiques mais depuis peu, les serveurs contiennent des exercices de chimie, d'électricité, de français, d'anglais et de SVT.

¹⁷ Pour obtenir la liste des cours disponibles sur un serveur Wims, cliquez sur le lien "Cours et références" de la page d'accueil du serveur.

sentation complète de l'exercice, du système de notation ou de la gestion des niveaux de difficulté. Une aide à la programmation assez complète (en français) est disponible directement sur le serveur. Les exercices programmés par un enseignant sont stockés dans sa classe virtuelle¹⁸.

Le deuxième mode de programmation, « modtool », est un langage plus complet laissant à l'utilisateur la totale maîtrise de l'affichage, du système de notation, des corrections. Ce mode permet aussi le développement d'outils Mathématiques qui pourront être utilisés dans les autres exercices ou en accès direct sur le site. Une documentation peu détaillée (en anglais) est disponible en ligne.

Le programme du serveur est distribué sous GNU General Public Licence. Il est donc possible de le télécharger¹⁹ et de l'installer sur sa propre machine (possédant un système linux).

2 Possibilités d'utilisation.

2.1 Utilisation libre.

Les élèves et les enseignants peuvent utiliser librement les exercices, les cours et les outils de calcul contenus sur les serveurs publics. Pour faciliter cette utilisation, Wims possède un moteur de recherche par mots-clés et niveaux scolaires. Les exercices sont regroupés en modules²⁰. Un élève peut donc se connecter afin de trouver une série d'exercices à résoudre en ligne. Il obtiendra alors une correction instantanée et automatique des réponses qu'il fournit. Il peut aussi consulter des cours de Mathématiques en ligne disponibles sur le serveur Wims. Il est également possible de créer des liens directs vers des exercices de l'un des serveurs Wims à partir d'une page web personnelle.

L'utilisation libre de Wims par des élèves a pourtant ses limites. En effet, un élève peut facilement chercher des exercices qui ne sont pas de son niveau²¹. Wims permet donc aux enseignants de créer des classes virtuelles pour encadrer et gérer facilement l'activité de leurs élèves.

2.2 Utilisation encadrée.

La classe virtuelle est la structure qui permet d'organiser le travail en classe. Les classes virtuelles sont des lieux privés du serveur sous la gestion d'enseignants. Ces classes permettent de gérer des activités avec des élèves. Le principe est simple : chaque élève s'inscrit dans la classe virtuelle et obtient un login et un mot de passe personnels. Les élèves ne peuvent plus accéder à l'ensemble des ressources du serveur mais seulement à celles mises à leur disposition par l'enseignant. Pour cela, l'enseignant crée des feuilles de travail (voir figure 1). Dans ces feuilles, il regroupe un certain nombre d'exercices du serveur, par exemple, l'ensemble des exercices à résoudre lors d'une séance en classe ou l'ensemble des exercices disponibles sur une notion du programme.

En général, chaque exercice est muni d'une page de configuration qui permet à l'enseignant de choisir les options d'exécution (niveau de difficulté, notation, chronométrage, apparences).

¹⁸ Une classe virtuelle est un lieu privé du serveur sous la direction d'un enseignant (voir ci-après).

¹⁹ <http://wims.unice.fr/download/wims/>.

²⁰ Les modules contiennent souvent des exercices sur un même thème.

²¹ Le niveau scolaire indiqué pour chaque exercice est laissé au libre choix de l'auteur de l'exercice sans aucun contrôle.

Le nombre d'options disponibles varie d'un exercice à l'autre et dépend essentiellement de la volonté du programmeur de l'exercice. Une feuille de travail se réalise en quelques manipulations de la souris, aucune programmation n'est nécessaire. De plus, le serveur contient une aide contextuelle pour chaque action à effectuer.

L'élève peut, s'il le souhaite, préparer la feuille de travail seul avant la séance en classe avec l'enseignant²². Il peut donc réaliser des bilans de ses connaissances et les améliorer.

Il voit ainsi directement la corrélation entre travail personnel et notes.

Pendant la séance en classe, les élèves sont indépendants les uns des autres. Ils peuvent résoudre les exercices dans l'ordre de leur choix²³ et alterner entre des phases d'évaluation et des phases d'entraînement, les élèves ayant fourni un travail personnel se trouvant avantagés par rapport aux autres.

Les élèves sont notés par le serveur. L'enseignant peut voir en temps réel la progression globale de la classe sur la feuille de travail qu'il a préparée (voir figure 3) ainsi que la progression individuelle de chaque élève (voir figure 2). Wims enregistre dans un fichier texte la succession des notes de l'élève en relevant également l'heure, le numéro de feuille ainsi que le numéro d'exercices. Ces données peuvent ensuite être utilisées pour une étude du comportement des élèves²⁴.

Wims offre également la possibilité d'enregistrer la totalité de l'activité de l'élève. Si cette option est activée, Wims continuera à enregistrer les notes de l'élève mais enregistrera également la séquence complète des pages html visionnées par l'élève. Cela permet de voir exactement quelles sont les questions posées par Wims et les réponses données par l'élève.

Il est également possible d'organiser des examens virtuels sur Wims. Un examen se présente approximativement comme une feuille de travail à ceci près que les élèves sont chronométrés et qu'ils ne peuvent pas recommencer plusieurs fois le même exercice.

Les exercices contenant tous des variables aléatoires, il est possible d'organiser un examen à sujet public, c'est-à-dire que les élèves peuvent voir l'examen avant de le passer afin de travailler sur les notions de cours qui interviennent dans l'examen.

3 Expériences d'utilisation actuelles.

3.1 Liste des utilisations.

L'année 2003-2004 a vu apparaître de très nombreuses expériences d'utilisation de Wims dans l'enseignement secondaire et universitaire. Il est donc très difficile d'obtenir une liste complète de ces dernières²⁵. Nous donnons ici seulement une liste de quelques établissements et des niveaux d'études concernés :

- Université de Nice, Université d'Evry, Faculté des Sciences de Luminy (Université de la Méditerranée), Université de Paris-Sud, Institut Galilée (Université Paris Nord) : les

²² L'enseignant a cependant le choix entre rendre une feuille de travail accessible aux élèves avant la séance en classe ou seulement pendant la séance encadrée.

²³ Wims offre la possibilité d'imposer aux élèves un ordre de résolution des exercices dans une feuille de travail. Ainsi l'enseignant peut construire des groupes d'exercices à l'intérieur d'une feuille de travail. L'élève peut accéder à un groupe d'exercices donné seulement s'il a obtenu des résultats suffisants dans les groupes précédents.

²⁴ Voir l'article "Exploitation des journaux de traces (log) d'étudiants dans un travail sur machine à l'université." par Fabrice VANDEBROUCK et Claire CAZES (Archive EduTice "<http://archiveedutice.ccsd.cnrs.fr/edutice-00000724>").

²⁵ Il reste toujours possible de consulter la liste des classes virtuelles de chacun des serveurs Wims.

expériences sont principalement menées pour des enseignements de Mathématiques donnés à des étudiants de Deug. Cependant, on peut noter l'utilisation de Wims en chimie à l'Université de Paris-Sud et en Physique et Sciences de la matière à l'Université de Nice.

- IUFM de Poitiers, IUFM de Nice : utilisé pour la préparation au CAPES interne et externe de Mathématiques.
- Lycée Jean Bart (Dunkerque), Lycée Louis Armand (Poitiers), Lycée Vincent Auriol (Revel 31) : utilisé en seconde pour la Physique, la Chimie et les Mathématiques.
- Collège Hector Berlioz (Paris 18ème (ZEP)), Collège Alphonse Daudet (Nice) : utilisé en classe de cinquième, quatrième et troisième.
- Rectorat de Nice : évaluation d'entrée de seconde pour l'ensemble de l'académie. Cette expérience sera renouvelée pour l'année 2005-2006 et étendue à des niveaux de collège.

Nous donnons dans ce tableau les temps, en élèves.heures²⁶, d'utilisation du serveur Wims de l'université de Nice en dehors de son utilisation locale à l'université:

<i>Année</i>	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Nombre de séances en classe	6	33	289	197	280	860	366
Nombre d'établissements	5	20	68	97	129	184	99
Elèves.heures	57	469	4067	2569	3864	15156	5428

La forte augmentation de 2003 est due à Mark Miller (Mission Viejo High School, Californie) qui a changé de serveur en 2004. De plus le décompte pour l'année 2004 s'arrête mi-avril. Enfin, durant l'année 2003, certains utilisateurs du serveur de Nice ont migré vers les autres serveurs Wims disponibles et les statistiques ne tiennent plus compte de leurs activités.

En comptant les activités de l'université de Nice, les données d'activités du serveur de Nice depuis la rentrée 2003 sont :

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Elèves.heures	732	4108	6005	3763	3565	3958	7201	3232

Le taux de croissance annuelle de ces chiffres se situe actuellement autour de 50% (voir figure 4).

3.2 Ressources pédagogiques.

La base de données des serveurs Wims se constitue au fur et à mesure des besoins. Il n'y a pas de comité de pilotage ou de contrôle au sens traditionnel où on l'entend. La publication d'exercices est libre et sous la responsabilité de leurs auteurs respectifs. La publication s'effectue cependant par l'intermédiaire d'un nombre limité de "parrains" ayant pour rôle d'effectuer la manipulation technique de publication et accessoirement de donner quelques conseils. Le moteur de recherche interne à Wims effectue une classification des exercices par

²⁶ L'unité élèves.heures est constituée sur le modèle du kilomètre.passager des compagnies aériennes. 14 élèves.heures représentent par exemple 14 élèves d'une classe travaillant pendant 1 H ou 28 élèves pendant 0.5 H ou tout autre combinaison. Cela mesure l'activité globale du serveur ou d'une classe et non l'activité individuelle.

popularité. Ainsi, lorsque les enseignants placent un exercice dans une feuille de travail pour faire travailler leurs élèves, ils participent activement à la classification qualitative des exercices.

Les programmeurs sont des enseignants volontaires souhaitant utiliser Wims avec leurs élèves et n'ayant pas trouvé de ressources leur permettant de le faire sur les thèmes de leur choix. Afin de faciliter la recherche d'exercices une classification par rapport aux programmes de l'enseignement secondaire français est réalisée par un ensemble d'enseignants²⁷. Il ressort de cette classification qu'il est possible de faire travailler des élèves de troisième sur tout le programme de Mathématiques. Les visiteurs peuvent d'ailleurs trouver sur les serveurs Wims une classe intitulée « Troisième »²⁸. Les programmes de quatrième et seconde sont relativement bien couverts. Il est également déjà possible de faire travailler des élèves de sixième et cinquième sur certains thèmes précis ainsi que des élèves de terminale en utilisant les ressources universitaires.

3.3 Détails de quelques expériences.

3.3.1 Université de Nice DEUG MIASS Méthodologie.

Les étudiants de première année de DEUG MIASS de l'université de Nice suivent au premier semestre, depuis l'année universitaire 2000-2001, un enseignement de méthodologie. Il s'agit de familiariser les étudiants avec le langage mathématique, l'utilisation des quantificateurs, la logique booléenne et les techniques de démonstration.

Les deux premières années, cet enseignement a eu lieu de façon classique : le semestre est composé de 13 séances de deux heures de travaux dirigés. Il n'y a pas de cours magistral ; la séance de travaux dirigés sert donc également de cours si nécessaire.

Lors de l'année universitaire 2002-2003, le responsable de cet enseignement a décidé d'utiliser Wims. Sur les 13 séances, 6 ont eu lieu sur Wims et les autres de façon classique. Les étudiants ont donc eu, en alternance, des séances Wims et des séances classiques. Pendant les séances classiques l'enseignant introduisait les notions de cours et proposait la résolution de quelques exercices et pendant les séances Wims les élèves devaient chercher seuls les exercices proposés par la machine. Les notes obtenues pendant les séances Wims comptaient pour le contrôle continu du premier semestre.

Cet enseignement étant relativement spécifique, aucune ressource n'était disponible sur Wims. Un enseignant a donc travaillé à plein temps pendant la moitié d'une année pour la programmation du stock d'exercices nécessaires au fonctionnement des séances Wims. Le reste de l'année, cet enseignant a été occupé à l'amélioration des ressources pour l'année suivante.

Les étudiants étaient répartis en 16 groupes ayant chacun un enseignant différent. Chacun de ces enseignants a eu à gérer sa classe virtuelle sans avoir le problème de création du contenu qui était commun à tous les groupes d'étudiants. Les enseignants ont suivi une demi-journée de formation sur l'utilisation de Wims pour pouvoir assurer cette fonction.

L'expérience d'utilisation de Wims a été reconduite pour l'année universitaire 2003-2004 et étendue à l'enseignement des Mathématiques mais seulement pour 10 des 16 groupes

²⁷ A l'adresse "<http://wims.auto.u-psud.fr/wims/faq/fr/program.html>".

²⁸ Pour cela, cliquer sur le lien "Classes d'exemple" sur la page d'accueil du serveur.

d'étudiants²⁹. Un nouvel enseignant a travaillé³⁰ à l'amélioration des ressources existantes de méthodologie et à l'augmentation du stock de ressources.

3.3.2 Classe du collège Alphonse Daudet.

Cette expérience d'utilisation de Wims dans des classes de collège a débuté durant l'année scolaire 2003-2004 et se poursuit actuellement mais sous une forme différente.

Durant la première année l'expérience a porté sur deux classes de troisième du collège Alphonse Daudet à Nice ayant le même enseignant durant l'année 2003-2004. Le nombre d'élèves concerné par cette mesure était de 36. Dans un premier temps, les élèves devaient avoir une séance Wims d'une heure par quinzaine. Finalement, suite à des problèmes matériels, les élèves n'ont eu dans l'année que 10 séances dont les thèmes étaient :

- Séance 1 (25/09) : arithmétique - fonction linéaire.
- Séance 2 (13/11) : section plane - agrandissement et réduction.
- Séance 3 (27/11) : développement et factorisation.
- Séance 4 (11/12) : développement et factorisation.
- Séance 5 (22/01) : racine carrée.
- Séance 6 (18/03) : fonction linéaire.
- Séance 7 (25/03) : fonction affine.
- Séance 8 (08/04) : coordonnées dans le plan.
- Séance 9 (06/05) : équation de droite et statistiques.
- Séance 10 (19/05) : révisions générales.

Durant l'année 2004-2005 le dispositif a été changé et est utilisé avec trois classes :

- Deux classes de troisième dans un dispositif de soutien. Le soutien est organisé en séquences thématiques regroupant plusieurs élèves ayant des difficultés semblables. Chaque séquence comporte des séances classiques pour revoir les notions à aborder suivies de séances en Wims pour s'exercer individuellement. Pour l'instant, les thèmes abordés sont les suivants :

- Calcul avec des fractions.
- Calcul avec des puissances, écriture scientifique.
- Calcul algébrique et évaluation d'expression algébrique.
- Théorème de Thalès et de Pythagore et leur réciproque.
- Priorités opératoires.

Parallèlement à ce soutien les élèves de ces deux classes de troisième pouvaient se connecter librement de chez eux à une classe contenant les ressources développées lors de l'année 2003-2004.

- Une classe de quatrième disposant d'un accès libre à partir de chez eux sans séance en classe. Pour l'instant les thèmes abordés sont les suivants :

- Calcul avec des puissances.
- Calcul avec des fractions.
- Proportionnalité et formule de vitesse.

Tout comme pour la méthodologie de l'université de Nice, les ressources nécessaires au fonctionnement de ces enseignements n'étaient pas disponibles : il a fallu créer 90% des exercices utilisés. Ce travail a été effectué par l'enseignant des deux classes³¹. Le coût est

²⁹ Une étude comparative de réussite entre les étudiants ayant utilisés Wims et les autres est en cours de réalisation par le professeur Francine Diener (IREM de l'université de Nice).

³⁰ Nous évaluons son temps de travail à environ 1 mois d'équivalent temps plein.

³¹ La même personne qui avait programmé les exercices de méthodologie pour l'université de Nice.

d'environ 15 à 20 heures de préparation par nouvelle séance, certaines ressources étant réutilisées dans plusieurs projets.

3.3.3 Evaluation d'entrée en seconde.

Pour la rentrée 2004, le rectorat de l'académie de Nice a proposé une évaluation automatisée d'entrée de seconde en utilisant Wims. Le rectorat a donc financé la conception des exercices nécessaires à la constitution de cette évaluation³² et l'installation d'un serveur académique. De plus, afin de faciliter son utilisation par les collègues de lycée, une interface spécifique a été développée permettant de limiter au strict minimum le travail des enseignants utilisateurs³³. Les classes d'évaluation contenaient une simulation de 45 minutes et la véritable évaluation d'une durée de 45 minutes également.

L'évaluation s'est déroulée sur la base du volontariat dans tous les établissements (publics et privés) de l'académie de Nice : 3134 élèves ont participé à cette évaluation encadrés par 132 enseignants dans 33 établissements. Les résultats, obtenus immédiatement et sans effort de la part des enseignants, ont été utilisés pour la répartition des élèves dans des groupes d'aide individualisée.

Cette expérience sera renouvelée pour l'année 2005-2006 et étendue à un ou deux niveaux de collège.

3.4 Premières conclusions.

Encore très peu d'études sont menées sur l'utilisation de Wims pour enseigner les Mathématiques. Nous donnerons dans ce paragraphe un premier bilan d'utilisation, mais beaucoup de ces remarques pourraient être étudiées et quantifiées précisément grâce à l'enregistrement permanent par Wims de l'activité des élèves.

La mise en place d'un nouvel enseignement sur Wims est coûteuse en temps de travail. Mais, grâce à l'utilisation des variables aléatoires et au principe de mutualisation des ressources, la mise en place d'un enseignement dans un domaine déjà couvert peut se faire très rapidement. De plus, l'implication du rectorat de Nice dans l'utilisation de Wims encourage probablement la constitution de groupes de production dans quelques établissements³⁴.

L'utilisation de Wims lors de séances de travaux dirigés induit une modification de comportement de la part des élèves et des enseignants. Bien sûr, il est possible de générer ces comportements en travaux dirigés classiques, mais Wims apporte un cadre favorable à leur mise en place.

Lors d'une séance Wims, les élèves sont indépendants. Chacun d'entre eux dispose d'un ordinateur avec sa feuille virtuelle d'exercices à résoudre. En environnement traditionnel, il est très difficile d'obtenir des élèves qu'ils cherchent les exercices pendant les heures de classe. Cette activité est obtenue, facilement, dès la première séance Wims. Dans un premier temps grâce à un attrait pour la nouveauté puis parce que les séances Wims sont notées en temps réel.

Lors de ces séances, contrairement à ce qu'on pourrait penser, les élèves ne sont pas accrochés à une souris et un clavier en regardant un écran d'ordinateur. Ils passent la plus grande partie du temps à écrire sur leur cahier de brouillon, à consulter leurs cours, à discuter entre

³² 50 HSE ont été attribuées au groupe d'enseignants qui a conçu les exercices.

³³ Essentiellement s'inscrire, faire inscrire leurs élèves puis ouvrir et fermer l'évaluation.

³⁴ Ce qui semble déjà être le cas dans les lycées Amiral de Grasse et Tocqueville à Grasse et le Lycée Apollinaire à Nice.

eux des problèmes proposés, à poser des questions à l'enseignant. La mise en place de ce fonctionnement se fait plus ou moins rapidement suivant le niveau d'étude des élèves. Il a fallu trois à quatre séances pour que les élèves de collège l'adoptent alors qu'une ou deux ont suffi pour les étudiants de première année à l'université.

Chaque élève adopte un comportement spécifique face à la machine et aux problèmes mathématiques et d'organisation qu'elle lui pose. Si, dans un premier temps les élèves ont tendance à "jouer" avec le système, ils finissent très vite par se rendre compte que les exercices proposés ne sont pas faciles et qu'il faut travailler. Ils ne font plus partie d'un groupe face à un enseignant. Ils sont désormais seuls, face à une machine, dans l'obligation de résoudre les exercices qu'elle leur soumet. Il leur faut utiliser les connaissances acquises lors du cours ou des séances de travaux dirigés classiques. Ils se retrouvent très vite confrontés à leurs difficultés. Des petits groupes de travail se constituent et il s'installe une ambiance d'échange d'idées et de discussion autour des méthodes utilisées pour résoudre un certain type d'exercice.

Les élèves adoptent principalement deux méthodes de travail.

Les premiers consultent la feuille d'exercices, chez eux, avant la séance Wims, et cherchent une partie des exercices. Lors de la séance, ils résolvent rapidement ces exercices pour accumuler un maximum de points, puis, ils posent des questions à l'enseignant ou aux autres élèves sur les exercices qu'ils n'ont pas réussi à résoudre seuls.

Le deuxième groupe est formé d'élèves travaillant peu ou pas chez eux. Leur comportement est le suivant : ils déconnectent les notes pour pouvoir voir les exercices et s'entraîner sans que cela ait d'incidence sur leur note de contrôle continu. Ils choisissent un exercice et essaient de le faire une ou deux fois. Lorsqu'ils pensent avoir compris, ils réactivent les notes et refont l'exercice.

Quels que soient les élèves, l'activité en séance Wims est toujours très supérieure à l'activité pendant une séance de cours classique. Par contre, on peut encore une fois remarquer que les élèves ayant un niveau d'étude plus élevé utilisent plus rapidement et de façon plus massive l'outil Wims dans leur travail personnel. A l'université, dès la deuxième séance certains élèves se sont servis de Wims chez eux³⁵. Par contre, la première connexion à la classe virtuelle par un élève de troisième (2003-2004) en dehors du temps de classe a eu lieu entre la septième et la huitième séance Wims, c'est-à-dire au début du mois d'avril. Cet élève a travaillé une heure. Cependant, lors de la deuxième année d'utilisation, le travail personnel a nettement augmenté et les élèves commencent à discuter de l'outil Wims non seulement entre eux mais également avec leur enseignant en venant demander des explications sur des exercices qu'ils n'arrivent pas à résoudre³⁶.

Dans des classes de niveau très hétérogène, les élèves ne rencontrant que peu de difficultés deviennent totalement autonomes ce qui permet de consacrer son temps et son énergie à ceux qui en ont réellement besoin. L'enseignant peut prendre le temps d'expliquer, de discuter avec un élève ou un petit groupe d'élèves sans ralentir la totalité de la classe. Les explications sont donc personnalisées et peuvent être adaptées aux connaissances spécifiques de chacun.

A travers les expériences réalisées, Wims semble être un outil apprécié aussi bien par les enseignants que par les élèves. Cependant, beaucoup de développements d'exercices et de cours restent à effectuer pour que son utilisation soit plus aisée. Mais, grâce au principe de

³⁵ Pendant le deuxième semestre, alors que les élèves étaient habitués à l'utilisation de Wims, certains d'entre eux travaillaient jusqu'à deux heures par semaine sur la machine en plus des séances en classe.

³⁶ On remarque que l'activité s'accroît à l'approche des contrôles en classe.

mutualisation des ressources et l'augmentation constante du nombre d'enseignants utilisant Wims, les serveurs contiennent un nombre toujours grandissant de ressources.

Maintenant que l'outil s'utilise de plus en plus massivement il reste à se poser des questions essentielles quant à l'organisation de son utilisation³⁷ :

- Une fois l'outil intégré dans les habitudes des élèves, leur activité pendant les séances encadrées et chez eux est importante mais est-elle bénéfique pour eux?
- Comment intégrer correctement cet outil dans un enseignement de Mathématiques?
- Tous les concepts Mathématiques peuvent-ils être abordés par ce type de logiciel sans appauvrissement?

³⁷ Questions valables pour tous exerciceur.

Fonction affine

Vous pouvez travailler sur cette feuille jusqu'au 15 août 2004.

Devoirs dans cette feuille : (L'enregistrement de notes est ouvert, mais vous pouvez [le suspendre](#).)

- 1. Nature, donner la nature de chacune des fonctions d'une liste. 0 des 10 points obtenus, qualité 0/10.
- 2. Calcul, calculer l'image ou l'antécédant d'un nombre par une fonction affine. 0 des 10 points obtenus, qualité 0/10.
- 3. Fonction, retrouver l'expression d'une fonction affine connaissant l'image de deux nombres (guidé). 0 des 10 points obtenus, qualité 0/10.
- 4. Fonction 2, retrouver l'expression d'une fonction affine connaissant l'image de deux nombres. 0 des 10 points obtenus, qualité 0/10.
- 5. Lecture graphique, lire l'antécédant ou l'image d'un nombre par une fonction affine connaissant sa représentation graphique. 0 des 20 points obtenus, qualité 0/10.
- 6. Représentation graphique, donner la représentation graphique d'une fonction linéaire. (10 points requis) Vous devez améliorer vos notes sur les exercices 1,2,3,4,5 avant d'avoir des notes sur celui-ci.
- 7. Représentation graphique 2, retrouver l'expression d'une fonction affine connaissant sa représentation graphique. (10 points requis) Vous devez améliorer vos notes sur les exercices 1,2,3,4,5 avant d'avoir des notes sur celui-ci.
- 8. Droite animée, représentation graphique d'une fonction affine. (10 points requis) Vous devez améliorer vos notes sur les exercices 1,2,3,4,5 avant d'avoir des notes sur celui-ci.

[Page de gestion de la feuille](#) (pour enseignant). [Version imprimable](#).

Fig. 1 – Feuille de travail.

Feuille 9 : Fonction affine poids 1, sévérité 2 85% fait, qualité 9.10/10, équiv. 18.2 sur 20.						
No	titre	points requis	poids	points obtenus	%	qualité
1	Nature.	10	1	10.00	100%	7.20
2	Calcul	10	1	10.00	100%	7.50
3	Fonction	10	1	10.00	100%	10.00
4	Fonction 2	10	1	0.00	0%	0.00
5	Lecture graphique	20	1	20.00	100%	10.00
6	Représentation graphique	10	.3	9.90	99%	9.90
7	Représentation graphique 2	10	.3	10.00	100%	10.00
8	Droite animée	10	.3	10.00	100%	10.00

Fig. 2 – Données d'activités d'un élève.

Feuille 11. Fonction affine (Durée théorique 43 min.)

Exercice	points requis	coeff.	indice de difficulté	Totaux				moyen/score				moyen/participant				min		max		écart-type	
				new	score	points	durée	points	durée	new	score	points	durée	points	durée	points	durée	points	durée		
1. Nature	10	1	1.2	76	66	349	155	5.3	2.4	2.9	2.5	13.4	6	0.00	0.4	10.00	8.9	4.02	1.85		
2. Calcul	10	1	2.8	74	30	155	163	5.2	5.4	2.8	1.2	6	6.3	0.00	0.3	10.00	18.0	3.76	4.22		
3. Fonction	10	1	3.2	39	17	77	101	4.6	6	1.5	0.7	3	3.9	0.00	0.1	10.00	13.2	4.24	3.78		
4. Fonction 2	10	1	2.0	19	7	40	20	5.7	2.9	0.7	0.3	1.5	0.8	0.00	0.2	10.00	8.1	4.95	2.47		
5. Lecture graphique	20	1	1.2	76	64	220	61	3.4	1	2.9	2.5	8.5	2.3	0.00	0.1	10.00	4.7	4.75	0.90		
6. Représentation graphique	10	.3	1.1	46	42	136	30	3.3	0.7	1.8	1.6	5.2	1.2	0.00	0.1	10.00	7.2	3.44	1.09		
7. Représentation graphique 2	10	.3	0.8	6	4	30	5	7.5	1.3	0.2	0.2	1.2	0.2	0.00	0.1	10.00	3.6	4.33	1.39		
8. Droite arabe	10	.3	0.3	13	13	90	5	6.9	0.4	0.5	0.5	3.5	0.2	0.00	0.1	10.00	0.9	4.62	0.27		
Somme	90	5.9	13.8	349	243	1097	540	-	-	13.4	9.3	42.2	20.8	-	-	-	-	-	-		

Fig. 3 – Statistiques d’activités de la classe.

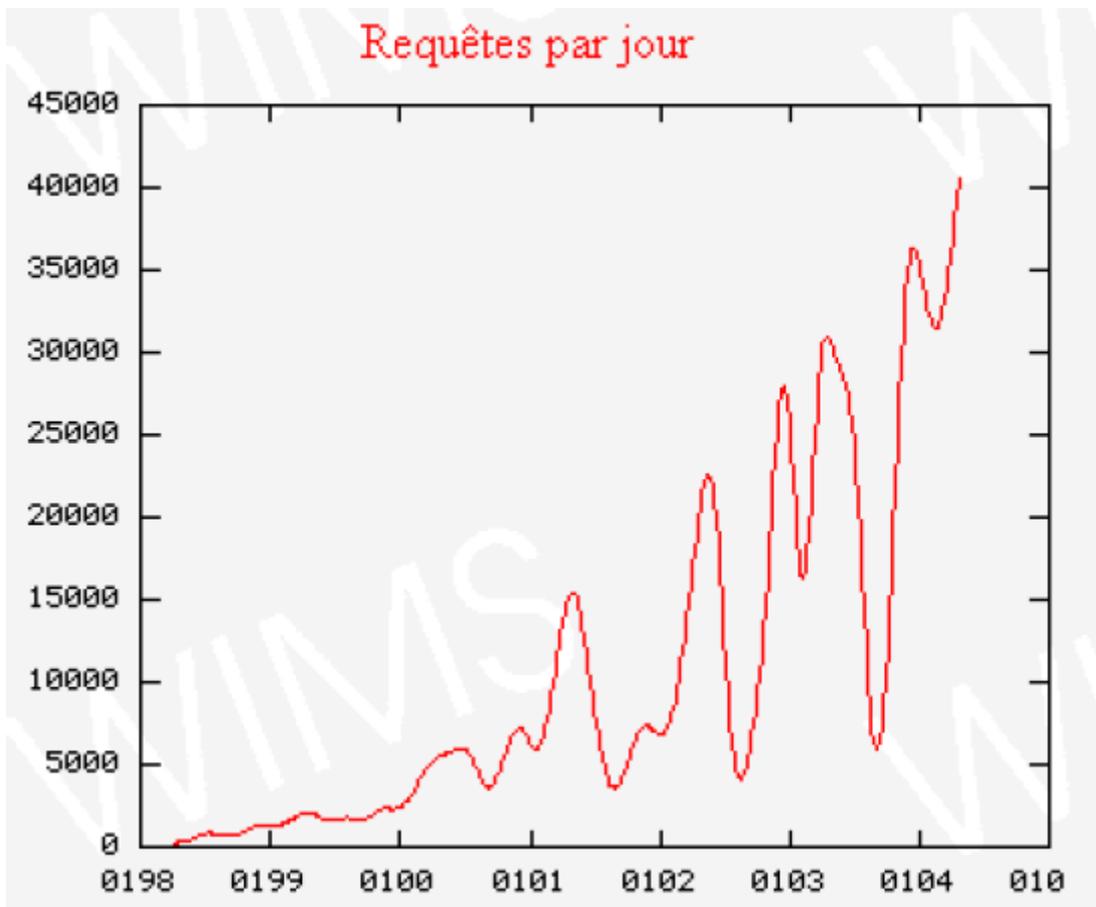


Fig. 4 – Activité du serveur de Nice depuis sa mise en service de janvier 1998 (0198) à janvier 2004 (0104).

Postface : les modifications induites par les mathématiques en ligne dans l'enseignement des mathématiques. Bilan, perspectives et propositions.

Gérard Kuntz, membre du Comité Scientifique des IREM

g.kuntz@libertysurf.fr

Nous sommes au tout début des bouleversements qu'induisent *les technologies de l'information et de la communication (TIC)* dans les systèmes éducatifs. A lire Bernard Cornu, on en mesure l'ampleur : on entrevoit les chances considérables que la révolution numérique offre à nos sociétés, mais aussi les risques graves qu'elle leur fait courir si la technique n'est pas soigneusement pesée dans ses innombrables et profondes conséquences.

La révolution n'est pas à venir, *elle est déjà à l'œuvre* dans les diverses entreprises qui nous ont été présentées. Nous allons en visiter *les coulisses*³⁸, à la lumière des thèmes que développe Bernard Cornu.

Les leçons de Mathenpoche...

Ceux qui ont vécu ou accompagné la belle aventure de Mathenpoche (et elle n'est qu'à ses débuts) ont pleinement conscience de la révolution en cours. Elle repose au départ sur *l'intelligence collective* d'un petit groupe de professeurs de mathématiques et sur la mise en commun intense de leurs moyens et de leurs expériences. Leur dispersion géographique est sans importance : ils échangent idées et documents par courriel. Ils s'adressent au moyen de leur site à *des milliers* d'enseignants de mathématiques dont ils recueillent les critiques et les propositions. Des élèves et des parents se joignent, oh surprise, à cet échange ininterrompu de propositions, de réactions, d'encouragements et de reproches. Jamais dans le passé œuvre pédagogique ne fut portée et modelée par autant d'acteurs différents, enseignants aux compétences élargies (mathématiques, techniques, artistiques), mais aussi élèves et parents, avec leur propre regard.

Très vite, les mathématiques mises en ligne sur le site Mathenpoche sont testées dans de nombreuses classes et améliorées en retour. Elles sont aussi interrogées et critiquées de façon plus fondamentale : l'emploi à large échelle d'un « exerciceur » ne conduit-il pas à un appauvrissement des contenus mathématiques et de la formation des élèves ? le choix de contrôler et de noter *automatiquement* le travail des élèves n'impose-t-il pas des exercices sans réelle portée formatrice ? Sur ces questions essentielles, un dialogue, d'abord tendu puis plus confiant, s'établit avec les IREM. Une réflexion sur la complémentarité des deux mouvements a conduit en 2004 à la création d'une commission inter-IREM consacrée à Mathenpoche et à des groupes de recherche sur Mathenpoche dans différents IREM. De nouvelles questions surgissent alors, mettant en cause les certitudes des deux entités et les obligeant à approfondir leurs réflexions. Elles se posent, au-delà de Mathenpoche, à *l'ensemble des mathématiques en ligne*.

³⁸ Les sites n'en sont que la partie visible.

- **Comment expliquer** l'intérêt et l'attention de nombreux élèves utilisant Mathenpoche, alors que les mêmes sont démobilisés en environnement traditionnel ? N'est-il pas stupéfiant d'en voir certains continuer à y travailler à domicile ?

La modernité n'explique sans doute pas tout (les jeux vidéo sont tout de mêmes plus passionnants que Mathenpoche !). Et si ces élèves nous signifiaient ainsi leur satisfaction d'être *enfin partie prenante* de leur formation ? De redevenir dans ce contexte, *maîtres de leur temps*, soustraits pour un moment à la violence du temps de ceux qui savent et qui doivent leur faire parcourir bien trop vite de trop vastes espaces ? Une enseignante de ZEP explique : « je préfère que mes élèves fassent *un peu* de mathématiques avec Mathenpoche que *pas de mathématiques du tout* ». Cette réflexion peut s'élargir très au-delà des zones en grandes difficultés...

- **Comment enrichir et ouvrir** les exercices un peu fermés que Mathenpoche propose à un nombre de plus en plus grand d'élèves ? Comment y introduire ce que les IREM ont expérimenté et testé depuis plus de trente ans, débat scientifique, problèmes ouverts ou narrations de recherche par exemple ? Comment faire sortir ces trésors de leur trop grande confidentialité et les diffuser au moyen d'Internet aux milliers de collègues utilisateurs de Mathenpoche ?

Débatues sur la liste de diffusion de Mathenpoche, ces questions ont eu un début de réponse rapide et efficace par l'ouverture sur MathadocCollege (site proche de Mathenpoche) d'un espace « *pour chercher* », proposant aux professeurs de mathématiques des documents théoriques et des ressources issus de divers IREM. Succès immédiat : en quelques mois le document sur les problèmes ouverts a été téléchargé plus de mille fois, celui sur le débat scientifique près de six cents fois. Il faudra compléter ces premiers documents un peu sommaires par des articles plus consistants.

- **Quelles sont les complémentarités** du travail en environnement multimédia et de l'apprentissage en environnement traditionnel ? Quels savoirs un élève peut-il acquérir avec profit par le moyen des TIC ?

Personne dans Mathenpoche n'imagine un avenir où tout s'apprendrait sur ordinateur ! L'échange dans la classe est un moment essentiel de la socialisation des élèves. Il n'est de débat scientifique qu'en se frottant aux autres. Mais le champ des applications des nouveaux outils ira évidemment s'élargissant à mesure que les espaces numériques de travail prendront consistance. Mathenpoche proposera prochainement, à l'intérieur même du logiciel, un tableur, un traitement de textes mathématiques, un traceur de courbes et un logiciel de géométrie dynamique. L'utilisateur disposera alors de moyens considérables pour apprendre, expérimenter, conjecturer. Moyens d'autant plus efficaces qu'ils ne prétendront pas se substituer à tous les autres et qu'ils seront utilisés de façon pertinente.

- **Comment évaluer** ce qu'apprennent vraiment en mathématiques les élèves qui travaillent avec Mathenpoche ?

Question cruciale, car on ne peut se satisfaire de leur seul plaisir et de leur évidente activité dans cet environnement. *L'institution s'engage à son tour* pour étudier sur une large échelle l'impact de cette nouvelle organisation du travail sur les savoirs d'une population de plusieurs milliers d'élèves.

C'est l'expérience relatée par Martine Amiot dans les Sixièmes de Seine-et-Marne. Elle conduit les enseignants à définir des procédures d'utilisation du très riche matériau à leur disposition ; à apprivoiser le logiciel ; à déjouer les détournements d'usage que les élèves savent si bien opérer... ; à en préciser les utilisations réellement pertinentes. Sans certitudes, pour l'instant : les enseignants et leurs IPR sont d'abord *eux-mêmes en situation d'apprentissage*. Rien n'indique que la séance préparée avec soin atteindra le but qui lui est assigné (nul n'a

encore le recul suffisant). Il leur faudra souvent remettre l'ouvrage sur le métier : préciser les consignes ; intervenir auprès d'élèves en panne ; préparer *des séances individualisées* adaptées aux difficultés constatées.

Ceux qui imaginent trouver en Mathenpoche une sinécure doivent déchanter : en faire un outil d'apprentissage pour chacun exige *beaucoup d'imagination et un travail considérable*. Le récent article d'Annick Thimonier³⁹ donne une bonne idée de l'effort demandé aux enseignants pour que les élèves apprennent des mathématiques au travers de Mathenpoche... Il fait partie des documents qui faciliteront la vie des futurs nouveaux utilisateurs du logiciel et leur éviteront nombre de tâtonnements ou d'errements.

- Comment rester dans le cadre de la gratuité et du service public (ce qui fut d'emblée le choix unanime des concepteurs du projet) ?

On l'imagine, la réalisation d'un logiciel de qualité qui couvre l'ensemble des programmes du Collège demande un temps considérable pour marier harmonieusement les exigences techniques (en perpétuelle évolution) et pédagogiques (les programmes et les méthodes changent eux aussi). Longtemps, l'équipe de Mathenpoche a travaillé bénévolement. Sans cet engagement militant, rien n'aurait été possible. Peu à peu, *certaines académies* (Créteil, Paris, Strasbourg, Lille...) ont permis le déploiement du logiciel à plus grande échelle en l'hébergeant sur un serveur académique ou en le diffusant sur les intranets⁴⁰ des Collèges. Des partenariats avec des Conseils Généraux ont procuré à l'entreprise ordinateurs, réseaux et moyens financiers pour faire face à son développement. Partenariat est bien le mot, car sans les supports et les réseaux, on n'atteint pas les classes de Collège ; mais ordinateurs et réseaux souffrent encore trop souvent du manque d'applications consistantes pour alimenter le travail des élèves... La gratuité a un coût, partagé entre l'engagement militant, certaines académies et les collectivités territoriales.

Cependant il faut regretter l'absence d'une impulsion ministérielle qui permettrait d'accélérer très fortement le développement du logiciel en déchargeant partiellement ses développeurs, dans le cadre du service public. Malgré tout, Mathenpoche a su rester dans la droite ligne du service public et du logiciel libre, réussissant même à nouer des partenariats avec un éditeur privé⁴¹ qui respecte ces principes et qui apporte aussi son expertise éditoriale, amorçant ainsi un nouveau modèle économique de l'édition scolaire.

L'aventure de Mathenpoche est *une illustration en actes* du texte de Bernard Cornu. La plupart de ses thèmes y trouvent place. Je vous les rappelle :

Une société en réseau.

Intelligence collective.

L'enseignant, acteur de l'école du futur.

Vers de nouvelles compétences ?

Des exigences éthiques et déontologiques.

³⁹ « Différentes utilisations de Mathenpoche en classe. Une enseignante apprivoise le logiciel... ». Bulletin de l'APMEP n° 457 (février-mars 2005).

⁴⁰ Un *Intranet* est un ensemble de services Internet internes à un réseau local, c'est-à-dire accessibles uniquement à partir des postes d'un réseau local, ou bien d'un ensemble de réseaux bien définis, et invisible de l'extérieur.

⁴¹ Il s'agit de *Génération 5*. Les "cahiers Mathenpoche 6ème" vont être en co-édités avec Génération 5 et le CRDP de Paris. Ces livrets seront entièrement téléchargeables (gratuitement) sur Internet, sous licence libre et dans un format complètement libre, Open Office.

L'initiative est partie de la base. Une base étroite, *en réseau dès le départ*, très déterminée et visionnaire. Elle a intéressé à son projet un très grand nombre d'enseignants, grâce à une diffusion universelle par Internet. Ainsi *élargi*, le réseau a bénéficié de *l'intelligence collective* de ses milliers d'acteurs et de leurs multiples interactions. Les IREM lui ont apporté leurs richesses propres, en ont infléchi la trajectoire et y apprennent de nouvelles démarches. Pour développer leur vision et *inventer l'école du futur*, des enseignants de mathématiques ont acquis *de nouvelles compétences*. Ils se sont découverts techniciens, informaticiens, logisticiens, graphistes, scénaristes ou artistes. Tout en créant, les responsables de Mathenpoche ont pris leur bâton de pèlerin pour tenter d'intéresser à leur aventure la prudente hiérarchie du Ministère de l'Education. Non sans succès, malgré de nombreuses et inévitables résistances : une structure hiérarchisée répugne à entrer dans des projets qu'elle n'a pas initiés et dont elle ne contrôle pas l'évolution. Enfin, toute l'entreprise repose sur *des choix éthiques et déontologiques* : service public et gratuité sont au cœur du projet et lui donnent du souffle.

...confirmées et élargies par WIMS

WIMS, outil virtuel de mutualisation, a bien des points communs avec Mathenpoche. Créé par *un homme seul*, Gang Xiao, il est aujourd'hui *utilisé et alimenté* par de très nombreux collègues de diverses disciplines, dont une écrasante majorité d'enseignants de mathématiques. Une fois mis en place pour apprendre les mathématiques, rien n'empêche a priori de s'en servir pour la chimie, l'électricité, le français, l'anglais, les SVT. Cette intéressante perspective concerne aussi Mathenpoche qu'il serait tentant de détourner vers d'autres domaines que les mathématiques. Les outils puissants dans le secteur des TIC ont une vocation universelle : l'Institution pourrait y trouver d'intéressantes sources d'économies d'échelle.

Mais contrairement à Mathenpoche, où les concepteurs proposent eux-mêmes les contenus, WIMS est *une auberge espagnole*, où chaque utilisateur est invité à devenir à son tour créateur d'exercices et d'activités. Testées et améliorées par l'usage, les ressources en ligne s'amplifient ainsi au fil du temps. Mais les domaines couverts par cette base dépendent des centres d'intérêts des collègues concepteurs. Une base de données d'exercices de mathématiques⁴² se met en place, œuvre collective non exhaustive, *gratuitement* à la disposition de chacun.

Comme pour Mathenpoche, la possibilité de créer des classes virtuelles fait de WIMS un outil bien adapté au travail d'un enseignant avec sa classe ou avec un groupe d'étudiants.

Une anecdote significative a été rapportée par une enseignante du Supérieur, *au départ sceptique à l'égard de WIMS* et de ses semblables... Appelée à remplacer au pied levé un de ses collègues, elle s'est retrouvée sans préavis avec un groupe d'étudiants ...en environnement WIMS. *Grande fut sa stupéfaction* de les voir concentrés sur le sujet, absorbés en commun à la résolution des problèmes proposés, là où elle connaissait, en environnement traditionnel, des étudiants dissipés et sans investissement personnel. Il faudra bien *qu'on élucide un jour les raisons* de cette sorte de miracle maintes fois constaté... Beau thème d'étude pour les IREM !

⁴² Contrairement à Mathenpoche qui vise à couvrir l'ensemble des programmes du Collège, WIMS ne traite que les thèmes auxquels les enseignants-créateurs ont bien voulu s'intéresser...

Le coût d'une conversion réussie aux TIC.

Des thèmes voisins de ceux déjà abordés se retrouvent dans l'exposé de Marie-Claire Combes au sujet des remarquables activités de l'IREM de Montpellier dans le domaine des TIC. Mais l'accent est différent. Les spécificités de l'IREM, Institut *Universitaire* de Recherche sur l'enseignement des mathématiques s'y expriment pleinement.

L'initiative d'une recherche sur la formation à distance des enseignants de mathématiques (SFODEM) s'inscrit d'emblée *dans la durée*, avec des partenariats au sein de l'université et du ministère de l'Éducation. Et avec des objectifs clairement précisés et évalués selon des critères universitaires. Pour que des ressources en ligne puissent servir à d'autres qu'à leurs créateurs, elles doivent être *solidement structurées et documentées*. Il faut alors se limiter à quelques thèmes et y travailler en profondeur. Pour que les stagiaires en formation modifient réellement leurs pratiques pédagogiques, il leur faut une véritable immersion dans le travail collaboratif en réseau (donc une implication personnelle forte) et l'appui de formateurs nombreux (un formateur pour 6 à 7 stagiaires), *très disponibles et déjà expérimentés* (bien qu'eux-mêmes en formation permanente). La création de ressources utilisables à large échelle dans les classes a donc *un coût important* : l'Institution n'y trouvera aucun moyen rapide de faire des économies dans les budgets éducatifs (comme des esprits superficiels en caressaient l'hypothèse...).

Sans doute est-ce là une des raisons essentielles *des résistances* de nombreux enseignants à entrer de plain-pied dans un domaine dont des expériences ponctuelles leur ont montré la grande complexité. On ne greffe pas impunément un peu de modernité informatique sur un enseignement traditionnel. Le travail en réseau modifie profondément les relations entre les enseignants, les élèves et le savoir. Beaucoup s'en trouvent déstabilisés et limitent au strict minimum l'intrusion des TIC en classe⁴³. L'Institution scolaire méconnaît *la profondeur des bouleversements* qu'elle impose en exigeant des enseignants formés dans une structure fortement hiérarchique (l'Université) qu'ils se convertissent spontanément à une transmission des savoirs en réseau ! Le travail réalisé à Montpellier (et dans d'autres IREM) en souligne la complexité : il permet d'interroger les autorités académiques sur leur volonté (et leurs possibilités) de mobiliser des moyens importants sans lesquels aucune intégration véritable⁴⁴ des TIC dans les classes n'est envisageable à large échelle.

L'expérience montpelliéraine préfigure aussi une utilisation performante (mais tout aussi coûteuse en temps et en formation) des réseaux pour *la résolution collaborative de problèmes ouverts* par des classes. Les procédures se mettent en place : elles font prendre conscience aux élèves de la puissance de l'intelligence collective. Intelligence des groupes de travail à l'intérieur de la classe, puis celle de la classe tout entière lors des synthèses, enfin intelligence collective des classes échangeant, débattant et confrontant au moyen d'une plate-forme virtuelle. Les responsables de l'expérience n'hésitent pas à mettre au travail, sur le même problème, des classes de niveaux très différents, de Collège et de Lycée. Chacune apporte sa pierre à l'édifice et en retire une multitude d'idées, de méthodes, de démarches et de questions qui alimentent le quotidien des classes et lui confèrent sa légitimité. Et voici une belle idée

⁴³ Bien qu'utilisant très largement les TIC pour préparer leurs cours, leur communication professionnelle et personnelle...

⁴⁴ L'IREM de Montpellier a évalué à environ 5% des enseignants de mathématiques ceux qui ont véritablement intégré les TIC à leur travail en classe.

des IREM (le problème ouvert) qui trouve une seconde jeunesse et de nouveaux développements. Nul doute que l'école du futur s'en inspirera.

Un nouvel enseignement des sciences à l'Ecole Élémentaire ?

Le brillant site de la « Main à la Pâte » (lamap) et le prestige scientifique de Georges Charpak qui en est l'inspirateur, ont réalisé une sorte de miracle : en quelques années, le contenu des programmes et les méthodes d'enseignement des sciences à l'Ecole Élémentaire ont été profondément bouleversés. La richesse du site (de très nombreuses activités y sont proposées et documentées) a rendu plausible une nouvelle façon d'intéresser les élèves aux sciences. Car tel est bien le pari de lamap : on n'apprend bien que si on s'intéresse, mieux encore si on se passionne. Cela n'est-il vrai qu'à l'Ecole Élémentaire ?

« La société du savoir doit prendre en compte, outre les disciplines, *une approche plus transversale, plus complexe* » écrit Bernard Cornu. Et de rappeler « les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur » que préconise Edgar Morin. Le site de lamap s'inscrit dans cette logique. Il est *interdisciplinaire* et souligne *l'importance de la langue et de l'expression* dans les sciences. S'adressant à leurs enseignants⁴⁵, il invite les élèves à expérimenter, à prendre des initiatives, à émettre des hypothèses, à en débattre, à les modifier, les rejeter ou les valider, en dialogue avec le professeur, bref à devenir *des acteurs de leur formation*. Démarches complexes (démagogie disent certains), apprentissages en « tache d'huile » en tension avec la logique des programmes, Georges Charpak et Pierre Léna y voient l'esquisse de l'école du futur, où la science intéresserait pour elle-même et non pour ses vertus sélectives...

Le projet se heurte à un obstacle considérable : peu de professeurs d'écoles ont une formation scientifique initiale à la hauteur des enjeux... Si près de quinze pour cent d'entre eux sont entrés de plain-pied dans les nouveaux programmes et les nouvelles méthodes, une majorité peine à s'y convertir. Et l'on retrouve la lancinante question posée par l'IREM de Montpellier aux responsables du système éducatif : êtes-vous prêts à investir les moyens indispensables en vue de former aux méthodes d'avenir ceux qui n'ont pas les compétences scientifiques minimales⁴⁶ pour évoluer au contact des richesses du site et risquent de rester bord du chemin ?

En quelques années, le site de lamap a contribué à la dissémination des idées et des démarches qu'il préconise, dans le monde entier. Un très grand nombre de sites nationaux ont été créés. Des conférences et colloques se succèdent dans divers continents, renforçant et approfondissant la réflexion sur l'enseignement des sciences au niveau élémentaire. Jean-Pierre Kahane ne préconisait-il pas de prendre modèle sur ce site pour en créer un, de qualité équivalente, consacré aux liens entre les mathématiques et les autres disciplines ? Idée excellente, mais qui bute sur un obstacle de taille : le site de lamap n'est pas né de génération spontanée. Il a bénéficié d'emblée *de très gros moyens institutionnels et de parrainages prestigieux*, ainsi que de précieux relais dans les médias (dont les chroniques régulières de France Info). D'où les questions qui se posent naturellement à nous : *les IREM pourraient-ils contribuer à une telle mobilisation pour les mathématiques ? ont-ils bien mesuré l'importance d'un site de grande qualité pour le rayonnement et la diffusion de leurs idées, pour la formation des enseignants, en*

⁴⁵ C'est une grande différence avec Mathenpoche, qui s'adresse aux élèves.

⁴⁶ Cela pose la question *du recrutement et de la formation* des Professeurs d'Ecoles et celle des compétences scientifiques indispensables pour enseigner à ce niveau.

*France et dans le monde*⁴⁷ ? ont-ils mis les priorités et les moyens indispensables sur ce média ?

Or la place des mathématiques sur le site de lamap est ambiguë⁴⁸ : elles sont nombreuses et de bonne qualité, mais certains commentaires donnent l'impression que leurs auteurs n'ont pas pris conscience *du renouvellement considérable de leur enseignement au cours des vingt dernières années* ! Les IREM sont interpellés : n'ont-ils pas d'activités à proposer à ce site qui soient dans l'esprit de lamap et y élargissent la vision des mathématiques ? N'avons-nous pas appris nous aussi à observer, expérimenter, conjecturer, débattre à propos de questions mathématiques⁴⁹ ? la Copirelem ne pourrait-elle pas étudier la mise en place, en son sein, d'un sous-groupe chargé de créer des ressources pour le site de lamap (qui ne demande pas mieux, Pierre Léna l'a réaffirmé avec force) ? ne pourrait-on pas favoriser la création dans les IREM de groupes de recherche de Professeurs d'Écoles participant à la même tâche ?

Conclusion

A la requête « mathématiques », le moteur de recherche de Google annonce ...environ 4 910 000 sites ! Il était donc important, lors de notre journée d'étude, de travailler, du point de vue de l'enseignement en France, sur quelques sites qui esquissent l'avenir.

Nous n'avons pas parlé de ceux, nombreux et excellents, où s'affichent simplement des mathématiques de qualité⁵⁰. Ils posent à l'école en général (au-delà des disciplines) une question vitale : comment permettre à nos élèves *d'accéder à ces richesses*, autrement que par des « copier/coller » sans le moindre examen de contenu⁵¹ ? Car si l'information s'affiche, elle ne devient connaissance, puis savoir que par un travail assidu (Bernard Cornu établit les différences fondamentales entre ces trois termes), en interaction avec des pairs et des adultes expérimentés. Apprendre au contact d'un site, même excellent, ne va pas de soi. Cela suppose une capacité de lire très subtilement les documents affichés, de les rapprocher, de les confronter, puis d'en faire la synthèse. A quels moments l'école de la République prend-elle en charge ces apprentissages difficiles et essentiels ? Dans quels programmes sont-ils intégrés ? Faut-il se contenter des vœux pieux (ils abondent dans les commentaires), sans horaire dédié ? Peut-on laisser ces apprentissages (sans lesquels les TIC sont fermées aux utilisateurs), à la bonne volonté des enseignants, *en plus de tout le reste* ?

Nous n'avons pas non plus parlé des innombrables sites où il y aurait *beaucoup à redire au fond* et où la culture et l'esprit critique seuls permettraient de faire le tri. Où acquiert-on ces qualités sans lesquelles les erreurs affichées sont reçues comme vérités ? Questions graves à une école qui, à l'heure d'Internet et de l'information surabondante, se croit toujours chargée de dispenser une science exhaustive (voyez les programmes pléthoriques de nos Lycées), là

⁴⁷ Le site de Lamap a été traduit et adapté dans de multiples langues.

⁴⁸ Voir « La main, l'outil et le cerveau » dans le bulletin de l'APMEP n° 453 septembre-octobre 2004.

⁴⁹ Luc Trouche. Expérimenter et prouver. Faire des mathématiques au lycée avec des calculatrices symboliques. 38 variations sur un thème imposé. IREM de Montpellier 1998.

⁵⁰ Celui de St Andrews sur l'histoire des mathématiques (<http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/>) en est un exemple particulièrement remarquable.

⁵¹ C'est une utilisation courante des TIC dans des travaux d'élèves, malgré la résistance d'une majorité d'enseignants et hélas, avec la complicité de certains d'entre eux. Ainsi, de gros documents de TPE sont simplement de la poudre aux yeux.

où elle devrait s'assigner *comme objectif prioritaire* d'apprendre aux élèves à transformer l'information en connaissance, puis la connaissance en savoir⁵².

Les TIC offrent à de petits groupes déterminés (et prêts à payer le prix) les moyens de se faire entendre très au-delà de leur sphère d'influence d'avant l'Internet. Les créateurs de Mathenpoche étaient une dizaine. De nombreux sites *très fréquentés* sont dus à l'initiative d'un seul (c'est le cas de WIMS). Ces sites de forte influence combinent *un design irréprochable et un contenu qui répond aux attentes* d'utilisateurs potentiels nombreux. Alors la cristallisation s'opère, et le site atteint *la masse critique d'utilisateurs et d'interactions* sans laquelle, même intéressant, il reste mort...

Les IREM oeuvrent depuis plus de trente ans pour influencer favorablement l'enseignement des mathématiques. La technologie d'aujourd'hui leur offre les moyens d'élargir fortement leur audience. « Apprivoiser » les TIC, y atteindre les seuils de cohérence et de qualité rendra *VISIBLE* leur investissement.

⁵² L'élève qui a ces compétences saura apprendre *par lui-même*, y compris des mathématiques qu'on ne lui a pas enseignées en classe. Il les trouvera dans les livres et sur Internet ! C'est ce qu'il aura à faire fréquemment dans sa vie professionnelle.

BIBLIOGRAPHIE

- 1°) Repères-Irem n° 56 est un numéro spécial tout entier consacré aux Mathématiques en ligne. Liste des articles :
Perspective : petite histoire d'un document. Nicole Vogel, Irem de Strasbourg;
Intégration d'activités en ligne sur Publirem. Gérard Kuntz, Irem de Strasbourg;
Le portail des IREM et PUBLIREM. Gilles Aldon, Irem de Lyon ;
Géoclé : des clés pour démontrer au collège. Jean-Louis Guillot, Irem Pays de Loire ;
Rallye mathématiques de l'IREM des Antilles-Guyane : présentation, observation, réflexions. Jean Bichara, Irem Antilles-Guyane ;
La mise en ligne sur le web comme outil pédagogique : les avantages d'un site personnel. Dany-Jack Mercier, Irem de la Guadeloupe ;
Enseigner avec des documents en ligne. François Pluinage, Irem de Strasbourg.
- 2°) *Actes en ligne du colloque européen ITEM (Intégration des Technologies dans l'Enseignement des Mathématiques)* Reims, 20-22 juin 2003. On trouve ces documents nombreux et remarquables sur le site de l'IUFM de Reims à l'adresse :
http://www.reims.iufm.fr/OLD_IUFM/Recherche/ereca/colloques/actes_item_fr.htm
Avec dans Repères-Irem n° 53, « Impressions d'après colloque », par Gérard Kuntz.
- 3°) Repères-Irem n° 48. *Enseigner avec le multimédia : Publimath.*
Commission Inter-IREM-APMEP Publimath.
- 4°) *La main à la pâte, les sciences à l'école primaire.* Présenté par G. Charpak.
Flammarion, 1996. ISBN : 2-0803-5507-4
- 5°) *Actes du colloque à propos de La main à la pâte : Les sciences et l'école primaire.*
Actes édités par C. Larcher, Y. Renoux, E. Saltiel INRP, 1999 ISBN : 2-7342-0644-7.
- 6°) *Enseigner les sciences à l'école maternelle et élémentaire : guide de découverte.*
INRP, 2000
- 7°) *Actes des séminaires organisés par la direction de l'Enseignement scolaire : L'enseignement des sciences et de la technologie à l'école.* CRDP de l'Académie de Grenoble, 2001.
ISBN : 2-11-093037-3
- 8°) Artigue M. 1998. *Teacher Training as a Key Issue for the Integration of Computer Technologies*, in IFIP. 1998. Information and Communication Technologies in School Mathematics, Chapman & Hall, pp.121-130.
- 9°) Bernard R. & al. 1997. *L'intégration des calculatrices dans la formation initiale des maîtres, rapport de recherche* IUFM-MAFPEN, IREM de Montpellier.
- 10°) Boullier D. 2000. *La loi du support : leçons de trois ans d'enseignement numérique à distance.* Les cahiers du Numérique, n°3, Editions Hermès.
- 11°) Collectif CNCRE. 2000. *De l'analyse de travaux concernant les TIC à la définition d'une problématique de leur intégration dans l'enseignement*, IREM de Paris VII.

- 12°) Cornu B. & Brihault J. 2001. *Pour une rénovation du dispositif de formation des enseignants*, Rapport au Ministre de l'Education Nationale, MEN.
- 13°) Fontana J. & Noguès M. 2002. *Simulation et modélisation*, Repères-IREM (46), pp. 39-50.
- 14°) Guin D. 2001. *Intégration des outils de calcul symbolique dans l'enseignement des mathématiques : comment concevoir une formation mieux adaptée ?* Actes de l'Université d'été, *Le métier d'enseignant de mathématiques au tournant du XXIème siècle*, APMEP, vol. 133, pp. 77-93.
- 15°) Guin D. & Trouche L. 2002. *Calculatrices symboliques, faire d'un outil un instrument du travail mathématique : un problème didactique*, Editions La Pensée Sauvage, Grenoble.
- 16°) Guin D., Joab M. & Trouche L. 2003. *SFODEM, bilan de la phase expérimentale*, cédérom, IREM de Montpellier.
- 17°) Combes M.-C., Lacage M., Ravier J.-M., Roux F. & Salles J. *Le jeu de Franc-Carreau, expérimentation et simulation*, pp. 133-143.
- 18°) Janvier M. *Des ressources sur l'Internet pour enseigner la statistique*, pp. 201-216.
- 19°) Joab M., Guin D., Trouche L., 2003, *Conception et réalisation de ressources pédagogiques vivantes, des ressources intégrant les TICE en mathématiques*, in Desmoulins C., Marquet P. & Bouhineau D., Actes du colloque EIAH 2003, Strasbourg, pp. 259-270.
- 20°) Kahane J.-P. 2002. *L'enseignement des sciences mathématiques*, Commission de réflexion sur l'enseignement des mathématiques, CNDP & Odile Jacob.
- 21°) Vasquez Bronfman S. 2000. *Le practicum réflexif : un cadre pour l'apprentissage de savoir-faire ; le cas du campus virtuel des nouvelles technologies éducatives*, Sciences et techniques éducatives, vol 7, n°1, Editions Hermès, pp. 227-243.
- 22°) *L'intelligence collective*, Pierre Lévy, La Découverte, 1997, ISBN 2-7071-2693-4
- 23°) *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur*, Edgar Morin, Seuil, 2000, ISBN 2-02-041964-5
- 24°) *La "société de l'information" : Glossaire critique*, La Documentation française, 2005, ISBN 2-11-005774-2
- 25°) *Quel avenir pour nos écoles ?*, OCDE, 2001, ISBN 92-64-29526-7
- 26°) *Le nouveau métier d'enseignant*, La Documentation Française, 2000, ISBN 2-11-004645-7
- 27°) *L'éducation, un trésor est caché dedans*, Jacques Delors, Odile Jacob, 1996, ISBN 92-3-203274-0

28°) *Management et sciences cognitives*, Alain Bouvier, PUF, 2004, ISBN 2-13-054255-7

29°) *Sites Internet :*

Site national de La main à la pâte : <http://lamap.fr>

Site international : <http://lamap.fr/mapmonde/>

Mathenpoche <http://mathenpoche.sesamath.net>

MathEnPoche est un logiciel destiné à aider les élèves sur toutes les notions mathématiques exigibles.

Portail des IREM : <http://www.univ-irem.fr/>

Publirem <http://www.univ-irem.fr/index.php> (*Moteur de recherche des ressources pédagogiques des IREM*)

Site Mathenpoche : <http://www.sesamath.hautsavoie.net/mathenpoche/>

Site de l'Irem de Montpellier : <http://www.univ-montp2.fr/~irem/>

Aplusix <http://aplusix.imag.fr> (*Edix est un logiciel d'aide à la résolution d'exercices d'algèbre*)

IREM de Montpellier <http://www.irem.univ-montp2.fr>.

(*Dans la rubrique " ressources ", un extrait des ressources SFODEM*)

LAMIA <http://www.lille.iufm.fr/labo/prologlabo.html>

Laboratoire Multimédia, Informatique et Apprentissage de l'IUFM de Lille

LOM <http://grouper.ieee.org/p1484>

PEPITE <http://pepите.univ-lemans.fr/>

Diagnostic de compétence en algèbre élémentaire

PLEI@D <http://centre.pleiad.net/>

Plate-forme de télé formation du CNAM des Pays de Loire

TABLEAU VIRTUEL <http://tableaувirtuel.com>

Le site propose au téléchargement des animations (Power-Point, Géoplan, Géospace, Virtual basic, Flash) utilisables en classe avec un système de projection

Composition du comité scientifique des IREM

Septembre 2004

André Antibi, Michèle Artigue, Eric Barbazo, Jean-Paul Bardoulat, Marie-Claire Combes, Jean-Marie Crolet, Gilles Damamme (*Président de l'ADIREM*), Jean Dhombres, Daniel Duverney, Catherine Combelles, Gérard Kuntz, Marc Legrand, Jeannette Marchal, François Pluvinage, Pascale Pombourcq, Jean-Pierre Raoult (*Président du Comité Scientifique*), Claudine Robert, Guy Rumelhard, Jacques Simon, Catherine Taveau, Jacques Treiner.

Ce recueil a été transmis le 26 juin 2005 à l'IREM de PARIS VII (Université Denis Diderot) que le Comité Scientifique remercie pour son aide dans la publication et la diffusion de ce travail.

RESUME

Le 3 décembre 2004, le Comité Scientifique des IREM a consacré sa séance aux « mathématiques en ligne ». Le présent fascicule rassemble les articles issus des exposés de cette journée et des discussions qui en ont résulté.

Ces textes mettent en lumière des outils et des ressources dont l'utilisation modifie (en l'améliorant ?) l'enseignement des mathématiques et des sciences. Ils soulignent l'impact des technologies de l'information et de la communication (TIC) sur les façons d'apprendre et de transmettre le savoir. Ils interrogent sur les conditions d'une utilisation efficace des TIC dans les classes. Ils décrivent les nouvelles façons de travailler avec ces outils, de certains groupes pionniers d'enseignants.

Parmi les thèmes abordés, il en est de particulièrement importants : intelligence collective, travail en réseau, nécessité de développer de nouvelles compétences, exigences éthiques et déontologiques ; ils sont déjà au cœur des activités présentées au cours de cette réunion.

Quatre sites, et les façons de s'en servir utilement, ont retenu l'attention des participants : La main à la pâte, Mathenpoche, Wims et le site de l'IREM de Montpellier ont, chacun pour sa part, modifié profondément les comportements des élèves et des professeurs qui s'en inspirent et les utilisent. Ils supposent tous quatre une importante mutualisation des moyens et des ressources : ils sortent créateurs et utilisateurs de leur solitude et les mettent en relation dynamique, pour imaginer ensemble des stratégies et des solutions aux problèmes qu'ils rencontrent.

Les bouleversements produits par les TIC sont profonds, pour le meilleur et le pire. Les enseignants ne peuvent s'y soustraire. Il leur appartient de faire de ces très puissants outils un usage réfléchi, prudent et offensif. Il appartient aux IREM d'accompagner la recherche dans le domaine et d'user des nouveaux et puissants moyens de communication pour donner à ses travaux une pleine visibilité.

MOTS-CLEFS

TIC, TICE, la main à la pâte, Mathenpoche, Wims, intelligence collective, mutualisation, sites Internet, interdisciplinarité, problèmes ouverts, formation continue à distance, travail en réseau, évaluation, gratuité, éthique, déontologie, logiciel libre, apprentissage autonome, intégration des technologies, informatique, information, communication, savoir, connaissance.

Coordination pour la réalisation de ce document

Gérard Kuntz
g.kuntz@libertysurf.fr

