

Mathenpoche : de la percée institutionnelle vers un espace numérique de travail !

Gérard Kuntz(*)

La rentrée 2003 marque une étape importante pour la notoriété et le développement du logiciel « Mathenpoche » dont l'*expérimentation officielle* en Sixième a démarré en Seine-et-Marne (77), dans l'Académie de Créteil.

242 professeurs volontaires (plus de 80% des enseignants de Sixième), 112 collèges, 463 classes, 8 180 élèves participent à ce vaste mouvement⁽¹⁾.

La prise en compte de ce logiciel collaboratif par les autorités académiques est à l'origine d'une percée spectaculaire de son utilisation par les collèges. Le nombre d'utilisateurs en Seine-et-Marne dépasse d'ores et déjà celui des *utilisateurs individuels* dans la France tout entière. Preuve qu'une politique volontariste est plus efficace que des discours, sans consistance ni engagement, sur les TICE...

Trois groupes d'Irem (Montpellier, Lille et Strasbourg) réfléchissent à l'élaboration de nouveaux documents pour Mathenpoche, à leur évolution et à leur intégration dans les classes. DidmaR, l'équipe de didactique des mathématiques de Rennes, a pris Mathenpoche comme sujet d'étude. L'ADIREM a créé en mars 2004 une commission inter-Irem consacrée à une réflexion approfondie au sujet de l'évolution de Mathenpoche, de son développement et de son utilisation en classe.

Sébastien Hache annonçait le projet d'un logiciel pour la classe, dans un article du Bulletin de l'APMEP n° 440 (page 374). À le relire, on mesure le chemin parcouru, du projet à la réalisation, en si peu de temps. Les mathématiques de Sixième sont entièrement en ligne, de même, qu'en Cinquième, les « relatifs » dans la partie « Numérique » et « prismes et cylindres » en géométrie⁽²⁾. On peut espérer que l'ensemble des mathématiques du Collège sera couvert prochainement par Mathenpoche. Ses concepteurs réfléchissent dès maintenant à une liaison CM2/Sixième et Troisième/Seconde.

Mathenpoche est appelé, cela ne fait guère de doute, à un grand avenir. Il risque de peser fortement sur les pratiques enseignantes et d'orienter durablement le travail des élèves. Il est donc important que les enseignants de mathématiques (et leurs organisations) se penchent dès maintenant sur les nombreux documents déjà en ligne et communiquent leurs réactions, leurs critiques et leurs suggestions aux maîtres d'œuvre de l'ouvrage. Cet article se place dans cette perspective.

(*) Irem de Strasbourg.

(1) Ces chiffres n'ont qu'une valeur indicative et sont en constante évolution.

(2) Au premier mars.

Mathenpoche Sixième : une rapide exploration

Le logiciel est accessible en ligne à

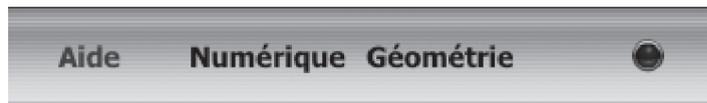
<http://www.sesamath.hautesavoie.net/mathenpoche/>

L'adresse ne doit rien au hasard. Les responsables de Sesamath ont trouvé auprès de certains Conseils Généraux des oreilles attentives à leur entreprise et ... à leurs besoins. Contrairement au Ministère de l'Éducation qui s'est contenté pour l'instant de bonnes paroles (il affirme que c'est au secteur privé de réaliser des logiciels pour la classe !).

Le téléchargement proposé n'étant pas encore opérationnel, j'ai choisi l'utilisation en ligne. Avec ma liaison ADSL, le travail est fluide et confortable. La conception informatique est solide : à aucun moment de mes longues et nombreuses explorations, le logiciel ne s'est « planté ». Les informaticiens de l'équipe sont excellents.

Le design est sobre, sans austérité. On ne retrouve pas, Dieu merci, la niaiserie commerciale de certains CD-ROM éducatifs⁽³⁾. Ici, on n'est pas dans un jeu vidéo. Les mathématiques et leur apprentissage sont les centres d'intérêt agréablement et clairement annoncés.

Une « Aide » très efficace est proposée d'entrée. L'utilisateur y découvre la structuration du logiciel, la gestion des menus, l'organisation des exercices. Il y apprend l'usage des instruments virtuels de géométrie...



- ▶ A propos de Mathenpoche ...
- ▶ Gestion des menus
- ▶ Organisation d'un exercice
- ▶ Didacticiel de Mathenpoche :
 - ▶ Les éléments de base
 - ▶ Les instruments de Géométrie
- ▶ Contenu des séries d'exercices
- ▶ Utilisation en réseau

Une description complète des exercices se trouve dans la rubrique « *contenu des séries d'exercices* ». On y précise les objectifs et les manipulations attendues, précieux pour l'enseignant qui veut tester les exercices. Ainsi par exemple, le contenu du premier exercice de la série « Triangles, quadrilatères/constructions » est présenté de la façon suivante :

(3) « Les mathématiques du petit extra terrestre ». BV n° 436, pages 671 à 683.

L'élève doit construire au compas et à la règle virtuels un triangle à partir d'une figure à main levée. La base est déjà dessinée.

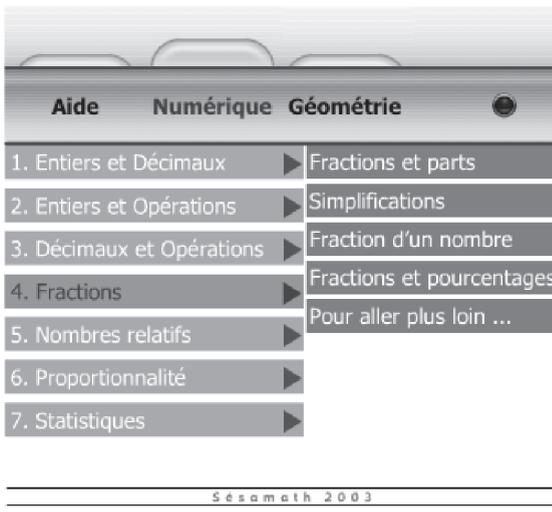
Exemple : « Reproduis en vraie grandeur le triangle ABC dont le croquis a été réalisé à main levée. »

5 questions.

Une fois activée, la règle reste fixe en bas de l'écran (elle ne sert qu'à mesurer l'écartement du compas). Quand l'élève a fini de tracer ses arcs il clique sur « valider ». Le sommet à placer apparaît alors ; il faut le déplacer à la souris à l'intersection des arcs. La base est toujours horizontale.

Tirage aléatoire des mesures et du nom des sommets.

De façon plus générale, si la structure des exercices est bien fixée, **toutes les données des exercices de Mathenpoche sont aléatoires**. Deux élèves travaillant côte à côte, chacun sur un poste, ne font pas le même exercice. Si l'élève refait la série, il travaille sur de nouvelles données. Le lecteur risque de ne pas trouver l'exercice dont la copie d'écran figure dans l'article.



Le domaine numérique comporte sept chapitres. Si l'on clique par exemple sur « Fractions », cinq rubriques s'offrent à l'utilisateur (voir ci-dessus). Le choix de la rubrique « Simplifications » conduit aux thèmes suivants :

1. Simplification assistée (tables)
2. Simplification assistée
3. Fractions et critères de divisibilité
4. Diviseur(s) commun(s)
5. Fractions égales (tables)
6. Fractions égales
7. Simplification d'une fraction (tables)
8. Simplification d'une fraction

Chaque thème propose dix exercices dont la difficulté est soigneusement graduée.

Le domaine géométrique est structuré de façon analogue. Le logiciel couvre, par les exercices proposés, *l'ensemble du programme de Sixième*.

À tout moment, où qu'on soit dans Mathenpoche, on peut, en cliquant sur un bouton rouge à droite et en haut de l'écran, revenir au menu : c'est précieux et ça fonctionne parfaitement !

Une conception simple, robuste et agréable permet d'entrer rapidement dans le vif du sujet.

Des exercices gradués et notés, et des aides soigneusement figiolées

Le lecteur pourra tester les thèmes détaillés ci-dessus : il se rendra compte par lui-même de l'intérêt des exercices proposés aux élèves. Ils demandent, pour être résolus, attention, connaissance du cours et travail. L'élève qui s'y attelle fait incontestablement des mathématiques. Pour chaque exercice, il a droit à une erreur, qui n'est pas prise en compte dans la notation. Car tout (ou presque) est évalué. Est-ce bien indispensable ? Ne pourrait-t-on de temps à autre débrancher cette fonction un peu obsessionnelle ?

L'intérêt du lecteur est de *se tromper systématiquement* dans chaque thème : il voit alors apparaître l'icône d'aide liée à l'exercice. *L'aide proposée est un des points (très) forts de Mathenpoche*. Elle domine, par sa qualité, celle de la plupart des logiciels commerciaux. Elle demande en effet un travail considérable d'élaboration et de rédaction, dont le coût pour un « industriel de l'enseignement » serait prohibitif. On ne peut que remercier les collègues qui ont travaillé à la mise au point de ces séquences animées particulièrement remarquables et utiles pour les élèves.

Elles ne se contentent pas de donner « la bonne réponse ». *Elles rappellent les connaissances* nécessaires à la résolution du problème (règle, théorème ou méthode). *Elles les mettent en œuvre sur des exemples* proches de celui sur lequel bute l'élève. L'aide proposée se déploie séquentiellement. Elle avance au rythme de l'élève qui en commande le déroulement par simple clic. Il peut revenir en arrière si un aspect lui échappe. L'écran final résume une démarche complexe, fondée sur des connaissances mathématiques appliquées à une situation particulière.

L'aide considère l'utilisateur comme un être pensant, intelligent et sachant lire, et s'adresse à lui comme un professeur s'adresse habituellement à un élève. Elle est rédigée dans un français correct, clair et précis. Elle dit implicitement à l'élève que les mathématiques et le français ont partie liée et que « ce qui se comprend bien s'énonce clairement ». Elle souligne le fait que la maîtrise de la langue est indispensable, même pour apprendre des mathématiques.

La qualité même de l'aide proposée par Mathenpoche pose une question et appelle une remarque.

Pourquoi en limiter l'accès aux seules situations d'erreur ? Il serait précieux de la rendre accessible d'entrée (en option) à ceux qui souhaitent rafraîchir leurs connaissances avant d'aborder les exercices. Car ces aides sont aussi des façons

d'apprendre le cours en l'appliquant. Elles touchent à la délicate question de *la rédaction des solutions* devant laquelle les élèves se cabrent de plus en plus, faute d'un minimum d'aisance dans le maniement de la langue.

L'attention que les concepteurs de Mathenpoche ont portée à la rédaction de l'aide souligne par contraste le manque total de cet aspect (la formulation, l'explication, la justification) dans le travail des élèves avec le logiciel. Il se limite, *pour l'instant*, à agir sur l'écran (cocher une case, classer des nombres, construire une figure, etc.). L'action est souvent complexe et sa réussite répétée garantit une véritable compétence mathématique que Mathenpoche évalue. Mais à aucun moment l'élève n'explique, même succinctement, ce qu'il fait, ni pourquoi il le fait. Cette absence ne constitue pas une surprise : il est extrêmement difficile pour un logiciel d'évaluer de façon fiable une réponse librement rédigée. Les auteurs de Mathenpoche le savent et, à juste titre, ne s'y sont pas risqués. L'absence de demande de formulation, d'explication, de justification est une limite importante du logiciel (et de beaucoup d'autres) dans l'apprentissage des mathématiques. On peut décider d'aborder cet aspect dans un autre contexte : travailler *hors informatique* est indispensable pour aborder des tâches et des démarches qu'elle peine à contrôler. Mais il est aussi possible de *modifier la conception même* de Mathenpoche pour que les élèves prennent conscience des aspects inaccessibles au logiciel et se résolvent à y travailler. L'étude de la partie géométrique de Mathenpoche me permettra de formuler quelques suggestions.

Construire

a) Des fissures dans l'édifice

En géométrie, après m'être initié au maniement de la règle et du compas virtuels, je me suis intéressé aux « constructions de triangles quelconques » de la rubrique « Triangles, quadrilatères ».

On me donne un segment ZH fixe de 6.8 cm. On me demande de construire le triangle ZIH de sorte que $ZI = 5.2$ cm et $HI = 4.5$ cm.

Je lis les consignes (elles sont disponibles en option) :

- 1) Il faut utiliser le compas pour repérer la position du troisième point.
- 2) La règle ne peut pas être déplacée : elle sert uniquement à fixer l'écartement du compas.
- 3) Ta construction doit se faire à partir de la base ZH déjà tracée.

Première déception, la partie offerte à mon travail représente à *peine le tiers de l'écran*. L'énoncé du problème et l'indication « Mon score » en occupent inutilement près de la moitié. Une meilleure répartition de l'espace s'impose. La remarque s'étend à l'ensemble des activités de construction du logiciel.

Le segment ZH est dessiné au bas de la zone de travail. Choix discutable pédagogiquement, car il oriente et limite les tracés des élèves.

J'ai prélevé avec hésitation les longueurs proposées avec le compas. En effet, sa pointe ne se place *pas exactement* en 0, mais légèrement à gauche. On a donc de la

peine à estimer correctement l'écartement du compas à l'écran. Ce qui m'a conduit, à plusieurs reprises à des erreurs de prélèvement d'un millimètre, sanctionnées par le seul commentaire : « erreur », bien que ma construction ait été par ailleurs tout à fait estimable. J'aurais attendu des commentaires plus nuancés. Une autre source de confusion est liée à la difficulté de superposer un point libre et l'intersection de deux cercles. Mathenpoche semble ne pas reconnaître *l'intention* de l'utilisateur qui, en cas d'imprécision se voit crédité d'une erreur là où il n'a commis qu'une maladresse⁽⁴⁾. Bizarre lacune : la pointe du compas reconnaît, elle, l'intention de désigner la graduation 0 quand on est au voisinage de ce nombre (même si elle se place à gauche).

Mais il y a plus grave. Avec un bel esprit de contradiction, j'ai tracé les cercles entiers (leur tracé peut curieusement déborder de la zone de confinement...) au lieu des arcs implicitement attendus : je voulais faire apparaître les deux solutions possibles. Hélas, le point à placer ne peut sortir, lui, de la zone de travail de l'écran. Je me suis donc résolu à le placer *là où on me l'imposait* et je me suis vu gratifié d'un « bravo » équivoque. Je me suis dit qu'on venait de perdre une belle occasion de sortir de « la solution unique » chère aux élèves actuels et, qu'à peu de frais, on aurait pu les mettre sur des pistes plus porteuses d'avenir.

b) Réparer les failles.

Voici des modifications nécessaires. Agrandir la zone d'activité à l'écran. Placer ZH au milieu de la zone. Ajouter la question : « combien y a-t-il de solutions ? ». Proposer sous forme de QCM les réponses : une, deux, cinq, autant qu'on veut. Puis une invitation ouverte : « Explique pourquoi ».

J'en vois qui lèvent les bras au ciel ! Je les rassure. La réponse que l'élève rédige (plus ou moins bien) n'est pas destinée au traitement par le logiciel. Je propose qu'elle soit enregistrée dans *un fichier destiné à l'enseignant* ! Car pourquoi se priver de poser des questions pédagogiquement intéressantes sous prétexte que le logiciel ne sait pas en analyser les réponses ? Le professeur sait lire, lui, et apprécier la qualité d'une explication. Et la noter le cas échéant. Quitte à sortir des évaluations « automatiques ».

Prévoir des zones de libre expression de l'élève à *l'intérieur même du logiciel* est psychologiquement capital. Leur absence conforte l'élève dans l'idée qu'il y a des mathématiques intéressantes, celles du logiciel, où l'on « fait sans dire », et des mathématiques hors informatique où on « se prend la tête » à expliquer. Ce clivage est exprimé par de nombreux élèves. Nous y reviendrons. Y céder, c'est perdre des éléments essentiels de leur formation.

Les rédacteurs de Mathenpoche signalent d'ailleurs, dans l'aide associée à la construction du triangle, l'existence des deux solutions et en expliquent les raisons ! Cela confirme l'excellence des « aides » et par contraste la relative pauvreté de l'exercice.

(4) Même situation lorsque j'ai tracé au crayon virtuel la médiatrice d'un segment, droite « passant » par les points communs à deux cercles. Une construction correcte est refusée pour d'imperceptibles imprécisions...

Avec une zone de libre expression, il est possible d'amener les élèves à pousser plus loin leurs réflexions géométriques. Est-il stupéfiant, pour un élève de Sixième, que des cercles soient tangents ou ne se coupent pas ? Pourquoi ne pas proposer, par exemple sous la rubrique « pour aller plus loin »⁽⁵⁾ une construction de triangle *sans solution* ou, cas limite, *avec une solution unique* ? Et de découvrir que la solution unique n'est qu'*un cas particulier* ? Histoire d'imprimer dans les jeunes esprits l'idée fondamentale qu'un problème peut n'avoir aucune solution, ou en avoir plusieurs, voire une infinité. Mais là encore la question du « pourquoi » est essentielle et appelle des zones de libre rédaction.

Tous ceux qui ont vu des élèves de Terminale incapables d'interpréter un écran de « DERIVE » annonçant une indétermination (à un ou deux paramètres...) ou épuisés d'avoir trouvé une solution d'un problème parmi une infinité (*la solution* disent-ils) le savent : cette attitude remonte à loin, à l'époque où l'on trouvait *trop difficile* ou *trop précoce* de les mettre en face de situations un peu complexes... Et quand on s'y est enfin résolu, les plis étaient pris et la résistance organisée. *Il n'est jamais trop tôt pour apprendre à penser, à s'étonner, même à l'intérieur d'un logiciel.*

Les zones de libre expression que je réclame seront d'autant plus nécessaires que Mathenpoche avance vers la couverture totale des programmes du Collège et même de Seconde. Il faut les prévoir dès maintenant pour habituer les élèves à travailler en environnement informatique *comme on travaille hors informatique*. L'élève pourra y mettre, en plus des explications demandées, ses remarques, ses questions et ses réflexions. Pour enrichir sa relation avec son professeur...

Proposer une construction ayant une infinité de solutions à des élèves de Sixième n'est pas invraisemblable. Il s'en trouve une sous la rubrique « construction de quadrilatères ». Construire un losange de côté 5.2 cm en est un exemple. Là encore, et pour les raisons évoquées, Mathenpoche se contente d'une solution unique alors que l'aide associée à l'exercice met en évidence l'infinité de losanges possibles. Et en précise la raison. On aurait pu proposer aux élèves un losange articulé, dont la déformation à l'écran les aurait mis sur la piste... On le voit, dès la Sixième, les situations intéressantes pour la formation des élèves sont nombreuses et à leur portée. Pourvu qu'on ne s'enferme pas dans le « tout-informatique ».

Pour s'imposer dans les classes, les « environnements numériques de travail » devront proposer aux élèves des exercices de types divers : les uns évaluables par logiciel ; d'autres à traiter partiellement avec un logiciel (géométrie dynamique, tableur, calcul formel⁽⁶⁾, instruments virtuels de Mathenpoche, ...), certaines parties de solution étant rédigées par les élèves avec un traitement de textes ; des énoncés avec figure animée librement commentés, ou encore des figures pour lesquelles l'élève est invité à imaginer un énoncé. Se priver de cette diversité, c'est appauvrir l'enseignement, surtout si le travail en environnement informatique y occupe presque toute la place.

(5) Cette rubrique propose des exercices à la lisière du programme. Elle figure à la fin de chaque liste de thèmes d'exercices.

(6) Les auteurs de Mathenpoche envisagent l'utilisation de logiciels libres ou la création d'outils spécifiques par leurs soins.

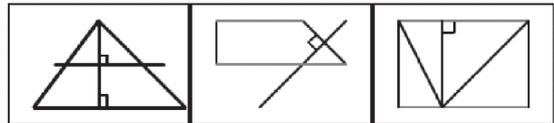
Premiers pas vers la démonstration

Sous la rubrique « Droites/les 3 propriétés », on trouve d'utiles activités préparatoires aux démonstrations. La première consiste à associer à un théorème donné une figure parmi quatre possibles. Dans la deuxième, l'élève est appelé à reconnaître dans une figure donnée un théorème parmi les trois proposés. Dans la dernière, on lui demande d'instancier⁽⁷⁾, à partir d'une figure donnée, les variables d'un théorème dont la structure est à l'écran (voir figures ci-dessous).

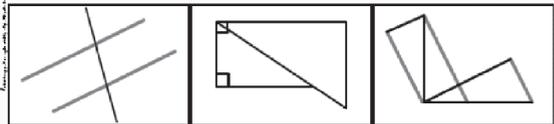
Exercice n°1 : La bonne figure

Question N°7 :

Sélectionne la ou les figures illustrant la propriété énoncée ci-dessous.



Si deux droites sont perpendiculaires à une même droite,
Alors ces deux droites sont parallèles.



Valider

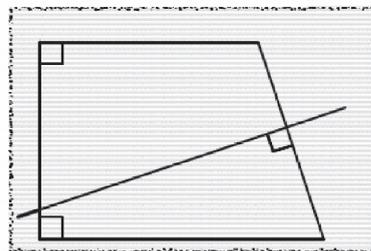
Les droites coloriées en vert sont parallèles.

Exercice n°2 : La bonne propriété

Si deux droites sont perpendiculaires à une même droite,
Alors ces deux droites sont parallèles.

Si deux droites sont parallèles,
Alors toute droite parallèle à l'une est parallèle à l'autre.

Si deux droites sont parallèles
Alors toute droite perpendiculaire à l'une est perpendiculaire à l'autre.



Question N°2 :

Sélectionne la propriété illustrée par la figure ci-contre.

Valider

(7) L'instanciation (en anglais « pattern matching », mise en correspondance de formes) consiste à mettre correctement en relation les « variables muettes » d'un théorème et les éléments géométriques d'une figure. Voici un théorème : Si (d) et (d') sont perpendiculaires à (D) , alors (d) est parallèle à (d') . Si dans ma figure, on me donne : (d) perpendiculaire à (AB) et (D) , alors (D) dans le théorème est remplacée par (d) dans la figure, (d) et (d') dans le théorème sont remplacés par ... (AB) et (D) à l'ordre près. On en déduit que (AB) est parallèle à (D) . Cette gymnastique mentale est devenue tellement familière au professeur (il fait de l'instanciation sans le savoir) qu'il en sous-estime la difficulté pour les élèves. La programmation informatique l'a mise en évidence.

C'est pire encore avec la seconde forme du théorème où les objets ne sont pas même nommés ! Comme dans la question 7 de l'exercice 1.

Exercice n°3 : Propriété à compléter.

Question N°1 :

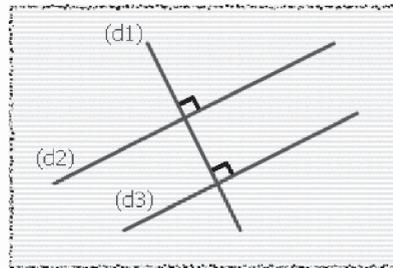
Valider

Complète la propriété d'après les codages de la figure :

Les droites et sont

à la droite

DONC Les droites et sont



(d1)

(d2)

(d3)

perpendiculaire(s)

parallèle(s)

De telles activités sont indispensables. D'anciens travaux d'intelligence artificielle de l'Irem de Strasbourg en avaient montré la difficulté et la pertinence⁽⁸⁾. Elles reposent sur la *reconnaissance* de figures « prototypes » dans une figure géométrique complexe et leur *association* avec des énoncés de théorèmes. Ces compétences permettent à l'élève de *déduire des propriétés nouvelles* de la figure à partir des *données* du problème. C'est un moteur de toute démonstration. Encore faut-il qu'il sache instancier les variables, c'est-à-dire mettre en correspondance correcte les éléments de sa figure et ceux du théorème... Ceux qui ont programmé une instanciation en ont découvert la grande difficulté. Elle repose sur les formes multiples d'un théorème et sur les possibilités innombrables d'en désigner les éléments (ou d'y faire allusion). Voici à titre d'exemple deux énoncés d'un même théorème :

Si (d) et (d') sont perpendiculaires à (D) , alors (d) est parallèle à (d') .

Si deux droites sont perpendiculaires à une troisième, elles sont parallèles.

Imaginez le travail d'association mentale d'un élève face à un problème dont les données stipulent que (AB) est perpendiculaire à (d) et (d) perpendiculaire à (D) !

Toute activité mettant en œuvre la reconnaissance de figures prototypes et l'instanciation de variables prépare à la très difficile démarche de démonstration sur laquelle butent tant d'élèves. Bravo donc aux auteurs de Mathenpoche de proposer de telles activités dès la Sixième. Ils montrent ainsi qu'ils sont bien plus que de brillants « bidouilleurs informatiques ». Ils ont de toute évidence pris connaissance des travaux didactiques menés au sujet de la démonstration. De telles préoccupations sont absentes de la plupart des produits issus de l'industrie de l'enseignement.

Bien entendu, ces activités indispensables ne sont que les toutes premières étapes de la maîtrise de la démonstration. En voici d'autres, essentielles, qui sortent du contexte précédent.

(8) « De l'intelligence artificielle aux fiches-méthodes ». Repères-Irem n° 16, pages 11-27. Voir en particulier la bibliographie de l'article, pages 26 et 27.

Traduire un énoncé par un « dessin ». Coder ce dessin pour en faire une « figure ». La scruter attentivement pour y relever d'éventuelles « sous-figures » liées à un théorème. Appliquer ce théorème après en avoir instancié les variables avec les données du problème. Faire apparaître les nouvelles propriétés ainsi déduites. Reprendre le même processus avec une « base de faits » enrichie (les données initiales et les propriétés qui en ont été déduites) jusqu'à obtenir la propriété que l'on souhaite démontrer.

Ce processus dépasse largement le cadre de la Sixième. Mais il concerne le groupe de l'Irem de Strasbourg qui travaille pour Mathenpoche sur la démonstration de Quatrième. Il faut impérativement qu'il intègre dans les exercices ces différentes étapes. Et qu'il les enchaîne : la maîtrise de chaque pas ne garantit nullement celle de l'ensemble de la démarche.

Il faut surtout penser à enlever peu à peu aux élèves les béquilles informatiques très utiles au départ mais qui deviennent handicap si on ne s'en sépare pas à temps. On ne pourra pas toujours se contenter de choisir un théorème parmi les quatre qui sont proposés à l'écran ! Il y a bien des manières de montrer que deux droites sont parallèles, en dehors des trois qui sont affichées.

Voici quelques activités tout aussi indispensables. Construire une figure conforme à un énoncé (avec toutes les propriétés, mais sans tomber dans les cas particuliers...). Reconnaître dans une figure complexe tous les théorèmes applicables, indépendamment d'une liste prédéfinie. Énumérer les différents théorèmes permettant d'établir une propriété. En rappeler le texte précis. Là encore, une zone de libre écriture est indispensable. On y mesurera l'abîme qui sépare le clic sur un théorème à l'écran et sa libre formulation par l'élève⁽⁹⁾. Il faut peu à peu favoriser le passage de l'un à l'autre. On peut y songer (prudemment) dès la Sixième. Il est indispensable de s'y atteler en Quatrième.

À propos des instruments géométriques virtuels

À chaque présentation de Mathenpoche, les collègues réagissent avec ambivalence aux instruments géométriques virtuels. Ils admirent la prouesse informatique et se demandent si elle est bien utile... Après tout, les instruments de dessin habituels font bien l'affaire.

Le maniement des outils virtuels s'apprend aisément, ce n'est pas un investissement bien lourd. L'élève ne les oublie pas chez lui ! Les bras du compas ne s'écartent pas intempestivement à l'écran pendant le tracé. Une fois placé, le rapporteur virtuel tourne sans déraper. La « règle cassée » permet de réinvestir la soustraction des décimaux lors d'une opération de mesure. Les compétences mises en œuvre à l'écran sont autres que celles requises par le maniement des instruments en dur. Les repérer et les distinguer, voilà sans doute un beau sujet de mémoire d'IUFM.

Malgré quelques faiblesses techniques signalées précédemment, ces instruments présentent incontestablement un intérêt dans le cadre de Mathenpoche. À condition

(9) Il rappelle celui qui sépare la compréhension d'une langue et le fait de la parler.

qu'ils ne prétendent pas se substituer aux instruments classiques qu'un élève doit manier régulièrement. Car faire de la géométrie, c'est aussi pour le jeune élève une façon d'explorer le monde physique. Il ne faudrait pas rééditer sous prétexte d'informatique, les erreurs qui, il y a trente ans, ont discrédité durablement les mathématiques, *une géométrie totalement abstraite et coupée du monde sensible*. Manions le compas virtuel certes, mais aussi le compas habituel et même le cordeau du jardinier⁽¹⁰⁾. L'un n'exclut pas les autres. Ils ont chacun leur spécificité dans l'apprentissage initial.

Une foule de bonnes idées qui ne demandent qu'à évoluer

Il est impossible (et inutile) de passer en revue les innombrables exercices proposés par Mathenpoche à la sagacité des élèves de Sixième. Je laisse au lecteur le plaisir de découvrir par lui-même la richesse, la variété et l'originalité de ces documents.

Chaque fois que le besoin s'en fait sentir, des *consignes* mathématiques ou techniques sont proposées. Dans certains cas, pour des calculs importants, une calculatrice (j'en admire l'esthétique) est disponible. Mais simultanément, *le calcul mental* fait un retour en force. Dans le chapitre « entiers et décimaux », l'accès à un tableau (milliers, centaines, dizaines, unités, dixièmes, etc.) clarifie et facilite la compréhension des écritures décimales. Des schémas mentaux se mettent en place qui précisent le sens de ces nombres mystérieux et irritants. L'élève est invité à traduire *en lettres* une écriture chiffrée et réciproquement. Un exercice est proposé, raffinement extrême, pour apprendre les règles sur les agaçants accords de pluriel, que la plupart des adultes ignorent et dont Pivot se délecte ! On écrit « cinq cents » mais « cinq cent trente », le saviez-vous ? Voyez Mathenpoche pour plus de détails. Le repérage sur un axe est remarquablement utilisé pour lire des abscisses décimales ou pour les encadrer. Les changements d'échelle rendent ces exercices intéressants, difficiles et formateurs. Dans ce cas, lire, c'est (presque) comprendre...

Les dominos sont astucieusement utilisés pour simplifier les fractions et pour apprendre les formules d'aires ou de volumes. Les règles du jeu sont disponibles par clic sur un point d'interrogation qui apparaît chaque fois qu'un exercice demande précision. L'utilisateur trouve dans le logiciel même les renseignements dont il a besoin.

Pour évoluer, pour progresser, pour s'enrichir, Mathenpoche a besoin *de la participation* des enseignants. Sur la page d'accueil, la rubrique « Participer » propose une adresse électronique où adresser critiques et ... félicitations. Mais aussi (et surtout) des « scénarios d'exercices » que les programmeurs de Sesamath se feront un plaisir de transformer en activité. La mise en commun des idées et de l'expérience de milliers d'enseignants⁽¹¹⁾ est une force dont le logiciel permet dès maintenant de prendre la mesure. De cet immense « cerveau collectif »,

(10) « J'ai même rencontré un prof de maths heureux... » dans Repères-Irem n° 50.

(11) Ils peuvent contribuer à titre individuel, mais il serait intéressant qu'une réflexion de groupe sous-tende les propositions : groupes d'établissements, groupes d'Irem, inter-Irem, régionales d'APMEP, didacticiens, épistémologues, etc. pourraient enrichir considérablement l'entreprise commune.

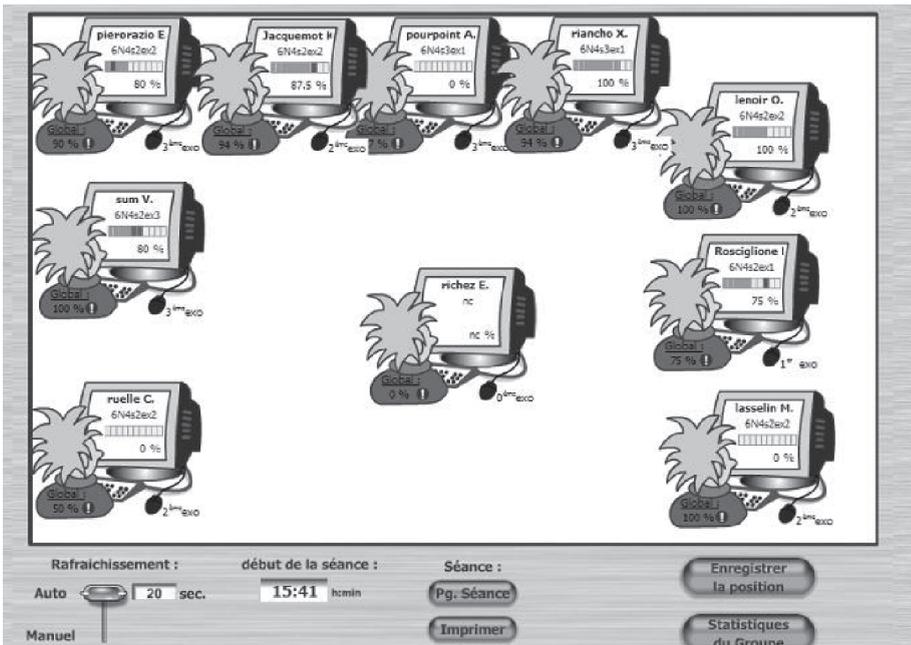
Mathenpoche tire sa richesse et son inventivité. On se prend à rêver : qu'en sera-t-il dans quelques années, si le mouvement s'amplifie et s'approfondit ? Tout alors deviendra possible.

Raison de plus pour être exigeant dès aujourd'hui. L'expérience montre que l'évolution d'un logiciel est largement conditionnée *par sa conception initiale*.

Le travail en réseau : souplesse, adaptabilité et ouverture

Mathenpoche est librement accessible à tous au moyen d'une simple liaison Internet. C'est ainsi que je l'utilise. On ne me demande ni identification, ni mot de passe, ni inscription. Cela me convient parfaitement.

Il en va différemment pour la version réseau, conçue pour l'utilisation en classe, sous la direction d'un enseignant. Les participants accèdent alors à leur « classe ou groupe virtuels » au moyen d'un nom d'utilisateur (login) qui leur est propre et qui évite des intrusions indésirables dans des fichiers confidentiels (notes, statistiques etc.). L'enseignant prépare la séance en sélectionnant les thèmes du jour. Il peut affiner sa démarche pédagogique en définissant des sous-groupes d'élèves à qui des exercices personnalisés sont destinés (en soutien ou en remédiation par exemple, mais aussi en complément pour les plus rapides).



Le suivi en temps réel d'une séance. Cette image est réactualisée toutes les 20 secondes.

La répartition des élèves sur l'écran correspond au plan de la salle informatique.

En cliquant sur le point d'exclamation d'un élève, le professeur obtient ses résultats détaillés pour la séance en cours.

Grâce au réseau, il peut suivre le travail de chaque élève en temps réel (il a accès à leur écran comme le montre l'image ci-dessus), recueillir son travail et traiter ses résultats. Le logiciel sait établir des statistiques de résultats et noter automatiquement un « devoir en environnement informatique ». Ce système fonctionne en Seine-et-Marne, à partir du serveur Internet que le Rectorat a dédié à Mathenpoche. Rien n'empêche le professeur de l'étendre au travail des élèves à leur domicile. Il peut préparer une liste d'exercices que les élèves connectés découvrent et traitent. Il en recueille les résultats.

C'est dans le cadre du réseau que certaines de mes propositions et des extensions du système peuvent être prises en compte, et que le logiciel peut évoluer vers un « espace numérique de travail ».

Dans ce contexte on peut introduire un traitement de texte scientifique permettant la libre rédaction des élèves, dont l'enseignant recueille (et corrige) les fichiers. Un tableur et un grapheur sont également bienvenus⁽¹²⁾. Il faut aussi prévoir la possibilité de scanner des documents et de capter des photos numériques pour compléter le travail à l'écran et élargir la nature des activités. Il suffit de penser aux IDD ou aux TPE pour en voir l'utilité. Mais, de façon plus courante, les indispensables changements de cadre et de registres conduisent les élèves de l'environnement informatique au tableau noir, au papier/crayon, voire aux plates-bandes d'un jardin⁽¹³⁾. Le réseau conçu de façon ouverte autorise alors une circulation souple des fichiers (textes, images ou vidéos) produits par les élèves au cours de leurs travaux « tous terrains ». Ils apprendront ainsi les méthodes et les pratiques qui ont cours dans la vie sociale et professionnelle.

J'invite les concepteurs du réseau à intégrer dès maintenant ces différentes fonctionnalités. Elle permettront, le moment venu, quand Mathenpoche investira le Lycée, de sortir des rigidités et des limitations reprochées à juste titre à beaucoup de logiciels. C'est une condition de son utilisation par de nombreux enseignants et de son intégration dans leur pratique quotidienne.

Sortir de l'ambiguïté

Au retour du colloque ITEM⁽¹⁴⁾ consacré à l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, je soulignais la position ambivalente de nombreux enseignants de bonne volonté à l'égard des nouveaux outils⁽¹⁵⁾ : « *Les résistants aux TICE ne sont pas tous, loin s'en faut, des opposants systématiques. Nombreux sont ceux qui en ont compris l'intérêt pour leur documentation et leur communication professionnelles. Beaucoup s'y sont essayés avec des élèves. De leurs expériences est né un doute. Ils ont trouvé que les retombées positives pour les élèves (en terme d'apprentissage et de formation) n'étaient pas en rapport avec*

(12) D'où l'intérêt des « logiciels libres ».

(13) « J'ai même rencontré un prof de maths heureux... » dans Repères-Irem n° 50.

(14) Intégration des Technologies dans l'Enseignement des Mathématiques. Reims. 20-22 juin 2003.

(15) « Impressions d'après colloque ». Repères-Irem n° 53 pages 84-90. Extrait page 89.

l'investissement réalisé. Ils ont découvert que l'habileté des élèves à mettre en œuvre des logiciels contrastait singulièrement avec leur capacité, leur volonté même, d'en interpréter les résultats. Ils ont constaté les méfaits du " copier/coller " dans les TPE. Les dégâts de l'usage précoce, au Collège, des systèmes de calcul formel, leurs sont apparus en Seconde. Ils ont été consternés par la pauvreté du contenu mathématique de CDROM célèbres ou de sites réputés. Ils ont pris conscience d'un fait : les mathématiques sont solubles dans les TICE... ».

L'image ambiguë de l'informatique dans l'esprit de certains élèves a été, elle aussi, soulignée dans un récent article de Rémi Boulle⁽¹⁶⁾. Il relate des opinions surprenantes, stupéfiantes de naïveté par certains aspects, qui lui ont été confiées : « Dès le début du dépouillement des réponses au questionnaire, il apparaît une remarque récurrente. Pour beaucoup d'élèves, l'utilisation d'un environnement informatique est moins l'occasion de faire autrement des mathématiques, que de pratiquer une autre mathématique. Le décalage avec la mathématique du papier/crayon est régulièrement évoqué. En effet, avec un environnement informatique, les élèves se trouvent affranchis des habilités manipulatoires requises en environnement papier/crayon.

On trouve qu'il est " dur de passer de l'informatique à l'écrit " et qu'il y a des points " comme le calcul qui n'est pas facile quand on repasse sur le papier ". Il apparaît plusieurs fois que " l'ordinateur pense pour vous ", " sur une feuille, c'est beaucoup plus dur et plus long ". " Quand on reprend le cours sur feuille, il y a un décalage " et " on devrait faire les contrôles sur ordinateur ". Ceci nous conduit à penser que, pour les élèves, la mathématique enseignée au moyen de l'informatique est distincte de la mathématique scolaire. De plus, cette distinction s'applique jusque dans les critères d'évaluation dans la mesure où certains élèves en viennent à évoquer une évaluation sur informatique des compétences acquises en ... informatique. Les élèves se retrouvent ainsi face à une autre mathématique.

L'utilisation d'un environnement informatique facilite la relation pédagogique. Ainsi, d'après certains questionnaires " on est plus captivés, on ne se ridiculise pas devant les autres ". On retrouve l'enthousiasme à l'idée d'aller en salle informatique. Il est clair que cet enthousiasme n'est pas nécessairement lié à l'idée d'aller faire des mathématiques. »

Va pour l'enthousiasme à se diriger vers la salle informatique ! Mais pour y faire quoi ? En quelques lignes bien des choses sont dites. Elles ne condamnent pas les technologies, mais les limitations qu'elles imposent (ou permettent...) à l'apprentissage des sciences par leur rigidité, leur lourdeur, le manque d'imagination de certains concepteurs. Et aussi le détournement d'activités de la part de nombreux élèves. Beaucoup d'outils épars, souvent peu compatibles, faciles à détourner de leur but premier, beaucoup de technique pour peu de mathématiques, plaisir des uns, déception et consternation des autres...

(16) « Les TICE entre discours officiels et réalités de terrain. » BV n° 447 pages 443-454. Extrait p 451.

Vers une percée décisive

Mathenpoche offre un espoir de dépasser enfin ces limitations. À condition d'aller au bout de sa logique.

Elle va couvrir prochainement l'ensemble des contenus mathématiques du Collège. Sa base d'exercices est vaste et évolutive et ses aides de qualité exceptionnelle. De plus, chaque enseignant est vivement invité à proposer des scénarios d'exercices pour l'ouvrir, l'enrichir et la compléter.

La technique informatique mise en œuvre est, du point de vue de l'utilisateur, robuste, simple, facile à maîtriser. C'est la même pour l'ensemble des niveaux.

La version « réseau » du logiciel, déjà opérationnelle en Seine-et-Marne, permet une grande souplesse d'utilisation, en classe et en dehors, y compris à domicile.

Le défi essentiel consiste à faire évoluer ce réseau en véritable « espace numérique de travail ». À y intégrer l'accès à divers logiciels indispensables aux mathématiques actuelles, tableur, outil de géométrie dynamique et de calcul formel. À rendre possible la rédaction libre d'une solution et la circulation de fichiers textes, images ou vidéo.

Il n'y a pas vraiment urgence à tout mener de front. La priorité est incontestablement à l'intégration de zones de libre expression mathématique, sans lesquelles la formation initiale est gravement appauvrie. Je me souviens de cet excellent élève de Terminale qui m'avouait : « Monsieur, je comprends, *mais je ne sais pas le dire*⁽¹⁷⁾. » Le reste, introduit au fur et à mesure, devrait être prêt quand Mathenpoche franchira les portes du Lycée, ce dont je ne doute nullement.

C'est à une « sortie par le haut », chère aux alpinistes en difficulté, que j'invite les collègues qui travaillent à ce projet démesuré. Je veux leur dire toute mon admiration, car ce qu'ils ont fait, jusque là sans soutien de leur Ministère, est digne de tous les éloges. J'aimerais qu'ils reçoivent mes suggestions et mes critiques comme un témoignage de reconnaissance et de confiance en leurs immenses capacités et en leur grande générosité.

J'appelle enfin de mes vœux des articles (peut-être contradictoires) relatant les effets de l'utilisation en réseau de Mathenpoche sur la compréhension et la maîtrise des notions mathématiques par les élèves et sur l'ambiance de la classe. Les colonnes de la rubrique « Mathématiques en environnement multimédia » sont ouvertes à celles et ceux qui voudront bien raconter et analyser leurs expériences. À vos claviers !

(17) Jean-Marie Domenach me signalait, il y a quelques années, le contraste entre les capacités de compréhension et d'expression de ses étudiants de ... Polytechnique.