



Les technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement des mathématiques au collège et au lycée

Inspection générale de l'Éducation nationale,
groupe des mathématiques

juin 2004

Ce que disent les textes

Au collège

« L'usage raisonné de plusieurs types de logiciels est particulièrement adapté en mathématiques ; il en est ainsi des tableurs, des logiciels de construction géométrique et des logiciels de calcul formel.

Les tableurs, étudiés en technologie, présentent un grand intérêt pour l'étude de nombreuses données numériques et la réalisation de nombreux calculs ainsi que leur présentation sous forme de tableaux. Ces logiciels peuvent aussi être utilisés pour l'apprentissage de l'algèbre à travers l'étude et la construction de formules ; ils fournissent également, en association avec un grapheur, un moyen puissant de représenter des données sous forme graphique.

Les logiciels de construction géométrique ont aussi un rôle à jouer dans l'apprentissage de la notion de figure géométrique, par l'éclairage nouveau qu'ils donnent au rôle des propriétés dans les figures. Ils permettent, en déplaçant les points tout en conservant les propriétés, de donner aux élèves une vision plus générale de la figure. On peut ainsi faciliter l'accès à des conjectures, au raisonnement et à la démonstration. Les logiciels de géométrie dans l'espace peuvent aussi contribuer à une meilleure perception des figures.

Les logiciels de calcul formel permettent de construire des situations d'apprentissage intéressantes pour les calculs avec les fractions, les racines carrées, le traitement des expressions algébriques ou la résolution d'équations. Ils comportent des modules pour le tracé des représentations graphiques. » [*accompagnement des programmes du cycle central*]

« [...]d'une part les calculatrices et les logiciels offrent toujours davantage de possibilités d'expérimentation tant dans le domaine géométrique que dans le domaine numérique ou dans celui de la gestion des données. D'autre part, l'informatique fait et fera de plus en plus partie de l'environnement des élèves. Ainsi l'enseignement des mathématiques peut, dans ce cadre, utiliser avec profit des expérimentations diverses sur les objets qu'elles étudient comme les nombres ou les figures géométriques, et contribuer ainsi à la formation des élèves. Les calculatrices sont précieuses pour réaliser des explorations nombreuses dans le domaine numérique... Les logiciels de géométrie permettent de varier " à l'infini " les cas de figure dans une situation donnée. Par exemple, la construction de plusieurs figures dans le cas où l'on compose des symétries centrales permet de reconnaître visuellement des parallélismes, ce qui conduit à conjecturer le résultat. » [*document d'accompagnement des programmes de troisième*]

Au lycée

Au lycée d'enseignement général et technologique

« L'utilisation des TICE s'avère tout à fait adaptée à de nombreux domaines de l'enseignement des mathématiques : le programme de seconde y fait référence dans chacun de ses chapitres [...]

L'outil informatique donne la possibilité d'une démarche quasi expérimentale dans le champ des nombres et des figures du plan et de l'espace, favorisant une approche plus active et donc plus impliquante. Il élargit considérablement les possibilités d'observation et de manipulation ; ainsi la prise en charge d'un grand nombre de calculs ou d'une multitude de cas de figure permet d'observer et de vérifier de façon empirique différentes propriétés [...]

Lors de la résolution d'un problème géométrique, l'outil informatique permet d'en obtenir rapidement, le plus souvent de façon dynamique et interactive, une représentation très concrète ; des modifications de l'aspect de la configuration mettent en évidence les invariants ou les propriétés à démontrer : la route vers la démonstration est alors ouverte [...] » [document d'accompagnement des programmes de seconde]

Au lycée professionnel

« Dans les classes du cycle de détermination BEP,

l'emploi, en mathématiques, des matériels informatiques existant dans les établissements est à encourager...L'utilisation de logiciels (tableur, grapheur,...) peut faciliter grandement la compréhension de nombreuses notions de mathématiques et la résolution de problèmes : en produisant très rapidement des figures propres et variées, en permettant le mouvement de certains éléments choisis sur une figure..., ces logiciels fournissent toute une série d'exemples et de contre exemples numériques ou graphiques susceptibles d'apporter une motivation, d'alimenter le débat au sein d'une classe et de donner du sens aux concepts mathématiques figurant dans les différentes parties du programme (fonctions, statistique, géométrie,...) » [programme de BEP]

« L'initiation au tableur, faite au collège doit être renforcée et trouve naturellement sa place dans certains chapitres. Les possibilités offertes par l'informatique d'expérimenter sur des nombres et des figures apportent de nouvelles motivations en mathématiques ; des logiciels spécifiques pourront aider à surmonter certains obstacles rencontrés par les élèves de CAP. » [programme de CAP]

« L'emploi en mathématiques des matériels informatiques doit impérativement être développé, par exemple : utilisation de micro-ordinateurs par les élèves, utilisation dans la classe d'un micro-ordinateur équipé d'une tablette de rétroprojection ou d'un grand écran¹. L'utilisation de logiciels peut faciliter grandement la compréhension de nombreuses notions mathématiques et la résolution de problèmes, en produisant très rapidement des illustrations graphiques variées. Ces logiciels fournissent toute une série d'exemples et de contre exemples numériques ou graphiques et permettent de donner du sens aux concepts de mathématiques figurant dans les différentes parties du programme ». [programme de Bac. Pro.]

La place des TICE en mathématiques

L'objectif de l'enseignement des mathématiques est de développer conjointement et progressivement les capacités d'expérimentation et de raisonnement, d'imagination et d'analyse critique. À travers la résolution de problèmes, la modélisation de quelques situations et l'apprentissage progressif de la démonstration, les élèves peuvent prendre conscience petit à petit de ce qu'est une véritable activité mathématique, identifier un problème, expérimenter sur des exemples, conjecturer un résultat, bâtir une argumentation, mettre en forme une solution, contrôler les résultats obtenus et évaluer leur pertinence en fonction du problème étudié.

Par ses spécificités, l'outil informatique complète les moyens à la disposition des enseignants et des élèves pour mettre en œuvre ces différents aspects d'une véritable activité mathématique.

En effet, il permet notamment :

- d'obtenir rapidement une représentation d'un problème, d'un concept afin de lui donner du sens et de favoriser son appropriation par l'élève ;
- de relier différents aspects (algébrique, géométrique, ...) d'un même concept ou d'une même situation ;
- d'explorer des situations en faisant apparaître de façon dynamique différentes configurations ;

¹ Le programme des classes de baccalauréat professionnel date de 1995. Actuellement, ce dispositif doit être remplacé par un ordinateur (éventuellement portable) connecté à un vidéoprojecteur.

- d'émettre des conjectures à partir d'une expérimentation interactive lors de l'étude d'un problème comportant des questions ouvertes ou d'une certaine complexité, et de procéder à des premières vérifications ;
- de se consacrer à la résolution de problèmes issus de situations courantes, alors que les calculs sont longs ou complexes ;
- de procéder rapidement à la vérification de certains résultats obtenus.

Les outils

Les calculatrices

L'usage des calculatrices numériques puis graphiques (voire formelles) contribue à l'acquisition des propriétés des nombres et des fonctions. La nouvelle approche « graphique » des fonctions, introduite dans le programme de seconde prend tout son sens grâce à l'utilisation de calculatrices graphiques, dont l'usage est déjà prescrit dans les classes de Premières et Terminales ES et S.

L'usage des calculatrices contribue à l'acquisition de savoirs et de savoir-faire et peut permettre aux élèves de pratiquer plus aisément une réelle démarche mathématique. Il permet aussi, à différents niveaux et dans différents domaines, de favoriser l'apprentissage d'une démarche algorithmique (introduction de la récurrence, approximation d'une racine d'une équation, arithmétique).

Par ailleurs, la calculatrice est un outil indispensable pour le traitement numérique et graphique des données statistiques.

Plus particulièrement, en lycée professionnel

« Dans les classes du cycle de détermination BEP, l'emploi des calculatrices en mathématiques a pour objectif, non seulement d'effectuer des calculs, mais aussi de contrôler des résultats et d'alimenter le travail de recherche. De plus, en analyse, cet usage permet d'accéder rapidement à des fonctions variées et éventuellement à leur représentation graphique. » [*programme de BEP*]

« L'emploi des calculatrices en mathématiques a pour objectif, non seulement d'effectuer des calculs, mais aussi de contrôler des résultats et d'alimenter le travail de recherche ». [*programme de Bac. Pro*]

En lycée professionnel, l'enseignement des mathématiques et des sciences physiques par le même enseignant offre la possibilité de réinvestir certaines connaissances d'un outil informatique, calculatrice ou logicielle, dans l'autre valence (par exemple avec l'EXAO).

Les logiciels de géométrie

Les logiciels de géométrie permettent une approche dynamique de la construction de figures et par la mise en valeur d'invariants facilitent la résolution de problèmes. De plus, dans le cas de la géométrie dans l'espace en particulier, ils sont une source de visualisation et, à ce titre, contribuent à l'apprentissage.

Ils permettent aussi, comme d'autres types de logiciels, de varier et associer facilement les points de vue (numériques, fonctionnels, graphiques, géométriques) et contribuent à l'unité de la formation donnée aux élèves.

Le tableur

L'utilisation du tableur en mathématiques figure dans les programmes à partir de la classe de Quatrième. Ses utilisations sont multiples :

- aide à l'acquisition du calcul algébrique ;
- introduction de la notion de fonction et lien entre expression et fonction, entre fonction et représentation graphique ;
- rangement de données en tableau(x) et représentation sous forme de courbes ou de diagrammes ;
- dans le domaine de la statistique, le tableur permet à la fois de faire des simulations et de récupérer les données pour les analyser et les représenter. Reliés à des appareils de mesure, les ordinateurs peuvent recueillir puis analyser des données en temps réel.

Les logiciels de calcul symbolique

L'utilisation du calcul symbolique n'est pas prise en

compte dans les programmes actuels. Cependant, grâce notamment aux calculatrices intégrant le calcul formel, l'usage de ces logiciels par les élèves se développe. Leur prise en compte par les enseignants devient nécessaire à court terme.

L'internet

L'usage de l'internet (ou d'un intranet) en mathématiques en est à ses débuts, mais déjà certaines applications méritent d'être développées dans le cadre d'une utilisation généralisée dans l'ensemble des disciplines :

- la recherche documentaire sur la toile concerne aussi les mathématiques : c'est particulièrement le cas dans le cadre de la pédagogie de projet au collège et aux lycées. De plus de nombreux sites (académiques ou autres) proposent des exercices, des tests, des énigmes parfois sous forme de concours ;
- l'utilisation de logiciels en ligne commence à être proposée grâce au développement de versions Java ou ActiveX de certains logiciels (Cabri, Geoplan, Geospace) ;
- le courrier électronique permet des échanges personnalisés entre élèves ou entre le professeur et des élèves. Il peut être aussi le prétexte à des exercices spécifiques (description de figure, mise en forme de démonstration, passage d'un langage codé au langage courant, etc.).

Typologie des usages

Utilisation en classe

Cette utilisation par le professeur, ou par un élève qui « passe au clavier », permet d'illustrer une définition ou une propriété au moment où elle est introduite. Elle est donc courte. Elle nécessite la présence d'un dispositif de vision collective (vidéoprojecteur, écran de très grande taille, tablette rétroprojectable, chariot multimédia ...).

Une autre démarche ponctuelle peut aussi être l'utilisation par les élèves d'ordinateurs en fond de classe autant que de besoin.

Utilisation en « salle d'informatique » ou « salle multimédia »

La séance se déroule sous forme de TP sur ordinateur. Les élèves, en groupe restreint, peuvent être seuls ou à deux par poste ; dans ce dernier cas, qui devrait être la règle au début, celui des deux élèves qui n'est pas au clavier est chargé de vérifier et de garder une trace.

Pour une telle séance, il convient que les trois conditions suivantes soient remplies :

- la séquence informatique est simple et progressive de sorte que tous les élèves puissent effectivement travailler pendant la totalité de la séance et arriver à un résultat, même modeste ;
- la manipulation sur l'ordinateur est complétée par un travail mathématique écrit ; une conjecture est validée par une démonstration, un contre-exemple s'intègre dans la restitution, etc. ;
- un compte rendu de TP est demandé et corrigé par le professeur.

Si la salle informatique a une configuration adaptée et permet à la fois le travail d'une partie des élèves au clavier et de l'autre partie sur des tables banalisées, il est bon de prévoir une alternance des élèves derrière les ordinateurs de façon à marquer de manière plus nette la complémentarité du travail mathématique et du travail sur l'ordinateur. Cette disposition doit être adoptée lorsque aucun dédoublement n'est possible.

Utilisation hors du temps d'enseignement

L'accès à des ordinateurs placés au CDI ne peut être considéré comme suffisant pour l'entraînement des élèves. Ceux-ci devraient pouvoir travailler, en libre service, dans le « laboratoire de mathématiques » ou, à défaut, dans une salle équipée de micro-ordinateurs pourvus des logiciels utilisés en mathématiques. Cet accès est une condition essentielle pour l'égalité des chances. Il est crucial dans le cadre du travail des élèves en autonomie.

Utilisation par les professeurs

Il est souhaitable que sur les ordinateurs destinés dans l'établissement aux professeurs soient installés les logiciels de mathématiques usuels.

Le rôle des inspecteurs

L'évaluation lors de l'inspection individuelle

Systématiquement, les inspecteurs de mathématiques doivent s'enquérir de la formation donnée aux élèves dans le domaine de l'utilisation des TICE, en contrôlant à la fois la progression suivie, les thèmes de travaux proposés et les traces gardées par les élèves. Cette utilisation, dans les classes où elle fait partie du programme, ne doit pas être rejetée en fin d'année. De plus, en dehors d'éventuelles séances dédiées à l'usage des TICE, il est bon que les inspecteurs manifestent leur désir d'assister, lors d'un cours normal, à une illustration de concepts ou de configurations réalisée grâce à l'informatique. Il est souhaitable que les rapports d'inspection prennent en compte cette dimension des programmes.

L'évaluation collective et l'impulsion

Compte tenu de l'état actuel de l'utilisation des TICE en mathématiques dans de trop nombreux établissements, les inspecteurs ont un rôle d'impulsion et d'entraînement à jouer. Il faut convaincre les enseignants de la nécessité du travail d'équipe dans la discipline et avec les collègues des autres disciplines². Il faut aussi leur montrer la nécessité d'un suivi des pratiques sur tout le cursus scolaire. Les réunions pédagogiques doivent être l'occasion d'un échange et le prélude à la mise en place de formations.

La formation des enseignants

Il est souhaitable que les formations de professeurs de mathématiques à l'utilisation des TICE dans la discipline se déroulent, dans la mesure du possible, dans l'établissement. Pour cela, les inspecteurs doivent susciter les demandes des équipes : en particulier, toute dotation en matériel et/ou en logiciel devrait, à courte échéance, être accompagnée d'une action de formation sur site. Revient aussi aux inspecteurs le suivi de ces actions de formation et l'analyse des évolutions de pratiques qui en résultent.

Pour ce qui concerne la formation initiale, dévolue à l'IUFM, il importe de tenir compte dans le choix des conseillers tuteurs de leur capacité à montrer la mise en œuvre des TICE dans l'enseignement des mathématiques. Là, le rôle des inspecteurs est de recommandation et d'incitation.

Les relations avec les partenaires

Les inspecteurs territoriaux travaillent naturellement en liaison avec le CRDP, l'IUFM, la cellule TICE du rectorat, les IREM, en particulier pour les actions d'animation pédagogique qu'ils pilotent, ainsi que pour la validation des contenus pédagogiques des sites académiques.

Les inspecteurs ont aussi un rôle de conseil auprès des chefs d'établissements et des instances rectORALES au niveau de l'équipement des établissements.

² Il convient, en particulier, de veiller à la place du professeur de mathématiques dans la validation du B2I.