

L'UTILISATION DE LOGICIELS INFORMATIQUES DANS L'ENSEIGNEMENT ET L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Hicham MAADAN*

Résumé – Le présent travail rentre dans le cadre du mémoire de fin de formation pédagogique à l'Ecole Normale Supérieure de Rabat (ENS) qui est une école de formation initiale pour enseignants du secondaire. Il a pour objectif la présentation de l'utilité de l'informatique dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques à travers la mise en évidence de l'influence des logiciels informatiques sur les mathématiques ainsi que sur la favorisation de son enseignement et son apprentissage. Après l'élaboration d'une grille d'analyse de deux exercices, en vue de les comparer du point de vue forme et fond, nous exposons leurs forces et leurs faiblesses afin de permettre une meilleure utilisation de cet outil.

Mots-clefs : mathématique, logiciel informatique, exercices, apprentissage, enseignement

Abstract – The present text represent the result of memory concerning the end of pedagogical formation at the teacher's high school in Rabat (ENS), which is a school of initial formation for teachers of the secondary. It has for objective the presentation of the utility of the computing in the learning and the teaching of mathematics through the description of the influence of the computer software on mathematics as well as on the favorisation of its teaching and learning. After the elaboration of an analytical schedule of two exercisers, in order to compare them in terms of form and content, we expose their strenghts and weakness to allow a better use of this tool.

Keywords: mathematics, computer software, exercisers, learning, teaching

Apparue il y a une soixante d'années, l'informatique a connu et connaît encore une évolution extrêmement rapide. A sa motivation initiale, qui était de faciliter et d'accélérer les calculs se sont ajoutées de nombreuses fonctionnalités comme l'automatisation, la commande et le contrôle ainsi que la communication et le partage de l'information.

Après avoir été un outil réservé aux centres de recherches, elle s'est implantée dans l'industrie, et depuis une dizaine d'années, elle envahit nos foyers et nos bureaux. Aujourd'hui, elle est omniprésente dans pratiquement tous les secteurs d'activités de la vie quotidienne, notamment dans les domaines de la gestion, de l'industrie, des sciences et techniques, des télécommunications, du multimédia et de l'éducation...

De plus, l'ordinateur permet, par sa puissance de calcul, d'aborder énormément d'objets mathématiques. Peu de domaines échappent ainsi à l'expérimentation sur machine, qui permet souvent d'aller un cran plus loin que le papier- crayon, et qui fournit également visualisations et animations. A titre d'exemples, on peut citer :

- Le traitement des données statistiques en vraie grandeur et le test d'exemples des phénomènes théoriques et la simulation d'autres qui sont trop coûteux, trop longs ou impossibles à réaliser « à la main ».
- Les systèmes de calcul formel traitent des groupes finis, des anneaux de polynômes, des algèbres différentielles.
- En arithmétique, l'ordinateur permet de tester certaines conjectures, de calculer la position des zéros de Riemann, de trouver le pgcd de deux grands nombres, etc.

Par ailleurs, les Mathématiques constituent un domaine de connaissances abstraites construites à l'aide de raisonnements logiques sur des concepts tels que les nombres, les figures, les structures et les transformations. Les mathématiques désignent aussi le domaine de recherche visant à développer ces connaissances, ainsi que la discipline qui les enseigne.

* Ecole Normale Supérieure Takkaddoum Rabat – Maroc – hicham.maadan@gmail.com

Les mathématiques se distinguent ainsi des autres sciences par un rapport particulier au réel. Elles sont de nature essentiellement de nature intellectuelle, basées sur des axiomes déclarés vrais ou sur des postulats provisoirement admis. Bien que les résultats Mathématiques soient des vérités purement formelles, ils trouvent cependant des applications dans les autres sciences et dans différents domaines de la technique.

L'utilisation de l'outil informatique dans l'enseignement des mathématiques s'inscrit dans le champ des pratiques : travail en équipe, contenu commun,... Elle vise à développer chez l'élève, conjointement et progressivement les capacités d'expérimentation et de raisonnement, d'imagination et d'analyse critique à travers une démarche de résolution de problèmes, de modélisation des situations et d'apprentissage progressif de la démonstration ; les élèves peuvent prendre conscience de la pertinence des activités mathématiques, identifier un problème et l'expérimenter sur des exemples, conjecturer un résultat, mettre en forme une solution, contrôler les résultats obtenus et évaluer leur pertinence en fonction du problème étudié. Ainsi l'outil informatique est un outil de travail pour l'élève, qui peut permettre :

- Un auto-apprentissage (avec évaluation préalable, analyse de réponses, régulation correspondant à une véritable analyse didactique),
- Une auto-évaluation : production de documents, échanges par courrier électronique, production de sites, etc.
- Il permet en classe, une transformation profonde de la relation pédagogique (contrat pédagogique) enseignant-élève. Ainsi, par exemple, la projection d'un document pour l'ensemble de la classe rend possible un travail collectif grâce à un logiciel approprié (traitement de texte, tableur) et permet une médiation dans la relation duale enseignant-élève.

Par ses spécificités, l'outil informatique complète les moyens à la disposition des enseignants et des élèves, il permet notamment :

- d'obtenir rapidement une présentation d'un problème, d'un concept, afin de lui donner du sens et de favoriser son appropriation par l'élève.
- de relier différents aspects (algébriques, géométriques, ...) d'un même concept ou d'une même situation.
- d'explorer des situations en faisant apparaître de façon dynamique différentes configurations.
- 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 procéder rapidement à la vérification de certains résultats obtenus.

De plus, On ne peut pas parler d'informatique sans parler des mathématiques car la naissance de l'informatique est basée sur les mathématiques, à travers deux courants principaux : l'algorithmique, qui formalise la notion de calcul, et la logique qui modélise la notion de démonstration, d'où l'influence mutuelle entre eux. Cet outil s'avère donc, un moyen incontournable pour mettre en œuvre une véritable activité mathématique, par une transformation profonde du contrat pédagogique (enseignant-élève).

L'utilisation de cet outil dans l'enseignement des mathématiques pour l'amélioration de l'apprentissage de cette discipline nécessite cependant. la qualification des enseignants, le savoir acquis de la part des élèves, l'adaptation des contenus mathématiques aux apprentissages. D'où, notre intérêt envers l'utilisation de l'informatique dans l'enseignement

et l'apprentissage des mathématiques, que nous allons aborder à travers les questions suivantes :

- Quels logiciels utiliser et dans quelles conditions ?
- Dans quelle mesure l'outil informatique peut-il favoriser l'apprentissage des élèves en mathématiques ?
- Quels sont les avantages mais aussi les difficultés qui entravent l'utilisation de l'outil informatique dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ?

I. QUELQUES LOGICIELS UTILISES POUR L'ETUDE DES MATHEMATIQUES

On peut classer les logiciels dédiés à l'enseignement et à l'apprentissage des maths selon trois catégories.

- Logiciels commerciaux : *Derive, Maple, Mathematica, Matlab.*
- Logiciels libres : *Maxima, Xcas.*
- Logiciels en ligne : *Euler, WIMS, Giac, Mathenpoche, MathemaTICE, Mathou matheux.*

1. Etude d'une grille d'analyse de deux Logiciels de type Exerciseurs

L'utilisation des logiciels en ligne se développe, avec sans nul doute un impact sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Parmi ces ressources, nous nous intéressons aux bases d'exercices d'accès libre, ce que l'on appelle les *exerciseurs* constituées d'exercices ou de problèmes, organisées selon un certain classement, avec pour chacune un environnement qui peut comporter des aides de différents types, des outils (graphiques, calculatrices ...) mais aussi la solution, des exercices ou des problèmes, permettant aux élèves de s'entraîner et de se tester de façon autonome. Les plus performants d'entre eux comprennent une analyse des erreurs plus ou moins élaborée et proposent des outils d'aide ou de remédiation, ces *exerciseurs* peuvent opérer dans des domaines divers (calcul numérique ou littéral, géométrie dans l'espace, ...) et fonctionner en ligne ou hors ligne.

Nous allons cerner notre étude sur quelques *exerciseurs* tels que : *Mathenpoche* et *Wims* en vue de mettre en lumière leurs rôles possibles dans le processus d'apprentissage et d'enseignement des mathématiques.

2. MATHENPOCHE

MATHENPOCHE (<http://www.MATHENPOCHE.com>) est un *exerciseur* en ligne, c'est-à-dire un logiciel qui permet de réaliser des exercices de mathématiques au sein d'un navigateur internet.

Les caractéristiques de ce logiciel sont résumées dans le tableau suivant :

structure didactique	Public visé : collège, lycée
	Organisation didactique : des séries d'exercices sont programmées. En version réseau, l'enseignant programme lui-même sa liste d'exercices. Les questions des exercices sont à variables numériques aléatoires et à énonces variables. L'idée est que les élèves recommencent pour améliorer leur score.
	Types de réponses : brèves (expressions algébriques, valeurs numériques ou QCM).
	Feedback à chaque question : « bonne réponse » si c'est juste, « faux, tu as encore un essai » lors d'une première erreur, avec l'apparition de l'icône « aide », lors d'une deuxième erreur, « encore faux, regarde bien l'aide » avec la mauvaise réponse barrée, la bonne réponse et l'écran d'aide ouvert quelques fois des messages complémentaires (des apports d'information mathématique sont donnés à la suite d'une réponse correcte).
	Notation : chaque exercice comporte entre cinq et dix questions.
Structure logicielle	Classification des exercices : organisation arborescente par niveaux scolaires puis par thèmes mathématiques, puis par séries d'exercices correspondant chacun à un type de tâche mathématique
	Enregistrement des traces : pas de trace dans la version en ligne. Dans la version en réseau, les élèves ont accès à leurs résultats.
Contenu	Connaissances mathématiques abordées : tous les thèmes du collège, plus un lien collège-lycée
	Types de tâches : variées entre applications directes des connaissances et problèmes plus complexes.
	Environnement des exercices : selon les exercices : calculatrice disponible, brouillon disponible, aide disponible et conseillée.

3. WIMS

WIMS (*Web Interactive Mathematics Server*) (www.WIMS.unice.fr): est un logiciel générant des exercices de mathématiques, qui permet la création de cours interactifs, d'outils mathématiques et d'exercices. Pour l'utiliser, il suffit de posséder d'une connexion internet et de se connecter à l'un des serveurs *Wims* disponible.

Les caractéristiques de ce logiciel sont résumées dans le tableau suivant :

Structure didactique	Public visé : école, collège mais principalement lycée et université.
	Organisation didactique : accès libre par thèmes ou bien feuilles de TD-WIMS préparées par l'enseignant dans une classe virtuelle. Les exercices sont programmés et donc à variables aléatoires, parfois la forme des énoncés change aussi.
	Types de réponses : brèves (expressions algébriques, valeurs numériques, QCM)
	Feedback à chaque question : <i>WIMS</i> annonce « juste » ou « faux » mais ne donne pas en général la méthode pour obtenir la bonne réponse
Structure logicielle	Notation : note entre 0 et 10 à chaque essai ; l'élève peut refaire plusieurs fois chaque exercice pour augmenter sa note mais a aussi la possibilité sur les feuilles de TD-WIMS de s'entraîner « à blanc »
	Classification des exercices : par thèmes et/ou par niveaux scolaires
	Interactivité cognitive : <i>WIMS</i> donne pour chaque essai « juste » ou « faux » et note les élèves entre 0 et 10
Contenu	Enregistrement des traces : journaux de traces des activités de chaque élève lorsqu'ils sont dans une classe virtuelle et recueil des notes.
	Connaissances mathématiques abordés : tous les thèmes du primaire à l'enseignement supérieur
	Types de tâches : des applications immédiates mais aussi de véritables problèmes qu'il est par exemple possible de construire en regroupant plusieurs exercices techniques sous un seul.
	Environnement des exercices : selon les exercices, quelques documents de cours accessibles, surtout des outils graphiques, calculatrices numériques, fonctionnelles... de rares aides pour quelques exercices

On peut dire que ces logiciels offrent un outil puissant mettant en jeu une grande variété de tâches mathématiques, dans les domaines différents, et dans des registres différents (langage naturel, tableau, graphique...). Parfois, ils permettent aussi d'engendrer de nouvelles activités de traitement impossible en classe, dans le domaine graphique et géométrique notamment, où il s'agit de développer les représentations mentales à l'aide de tests et simulations. Mais parfois, il arrive que certains thèmes présents dans le programme ne le soient pas dans la base de données du logiciel. D'où l'utilité de cibler les atouts et les inconvénients de ces logiciels.

II. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'UTILISATION DES LOGICIELS INFORMATIQUES DE TYPE *EXERCISEURS* DANS L'ENSEIGNEMENT ET L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Les logiciels informatiques évoqués ci-dessus s'avèrent donc, un moyen intéressant pour mettre en œuvre une véritable activité mathématique. En effet, ils permettent notamment :

- D'assurer des contenus rigoureux et progressifs, des exercices interactifs, riches et non répétitifs et d'y accéder facilement, voire de façon autonome pour les élèves.
- D'offrir des aides claires, souvent animées qui semblent en général, offrir un réel soutien aux élèves.
- Une plus grande disponibilité du professeur pour les élèves en difficulté est constatée, les élèves plus à l'aise travaillant en autonomie.
- La réalisation d'une approche différente des mathématiques ; les supports utilisés sont variés et participent au développement de l'autonomie des élèves.
- Une mise au travail des élèves plus rapide et permettant une plus grande concentration des élèves. De plus, 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.
- Aux élèves de reprendre plusieurs fois un exercice, ou de revenir plus tard sur certains.
- La possibilité de travail à la maison : les élèves reprennent chez eux les exercices travaillés en classe : Ce travail est efficace car ces logiciels ne répètent jamais les mêmes séries puisque les données sont choisies de manière aléatoire.
- La motivation et re-motivation, autonomie, autoévaluation.
- La progressivité des difficultés dans les séries traitées, ce qui constitue un réel atout de motivation pour l'élève en difficulté.
- Un suivi détaillé des difficultés des élèves.
- D'obtenir rapidement une représentation, d'un problème, d'un concept afin de lui donner un sens et ainsi favoriser son appropriation par l'élève.
- De relier différents cadres (algébrique, géométrique, ...) d'un même concept ou d'une même situation.
- D'explorer des situations en faisant apparaître de façon dynamique différentes configurations.
- De procéder rapidement à la vérification de certains résultats obtenus.
- Dépôts de documents (pdf, image, audio, etc...) par les enseignants.
- Création de classes individuelles (gestion indépendante par l'enseignant) ou de groupes de classes (permettant de mutualiser des groupes d'élèves).

L'intérêt de l'utilisation des logiciels informatique dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques permet de joindre l'utile à l'agréable. En effet, ils améliorent les pratiques d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques et suscitent la motivation de l'élève.

Cependant dans leur conception, certains *exerceurs* peuvent influencer négativement sur l'activité mathématique, et par suite risquent de nuire à l'apprentissage. Dans ces effets négatifs on peut citer :

- Les exercices sont le plus souvent proches d'applications immédiates avec parfois un caractère répétitif des questions. D'autres demandent au contraire plus de disponibilité de connaissances, avec des étapes intermédiaires à résoudre non annoncées ou des données inutiles.
- Les aides en ligne ne sont pas toujours très claires pour les élèves, parfois longue.
- Certains exercices imposent des méthodes de résolution parfois mal adaptées au niveau des élèves puisqu'elles peuvent faire appel à des notions encore inconnues ou bien non revues.
- L'usage des instruments de dessin génère parfois des difficultés considérables.
- Quelques logiciels ne permettent ni la correction, ni la saisie.
- Il y a un risque d'avoir d'erreurs parasites, et des problèmes de connexion internet.

- Ces logiciels nécessitent la maîtrise de l'outil informatique.
- Certains logiciels exigent une bonne connaissance en programmation.
- Il y a un manque de formation chez les enseignants.

Ces logiciels constituent un outil important pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques : à nous de faire que cet outil profite aux élèves au lieu de leur nuire.

III. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'utilisation des logiciels dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques s'inscrit dans le champ des pratiques innovantes (travail en groupe, diversité des référentiels et des contenus, ...). Nous venons de voir que ces logiciels offrent des opportunités intéressantes d'exploration dans des situations variées pour l'enseignant et pour l'élève en l'amenant à réfléchir sur ce qu'il fait. Cependant, nous avons signalé un certain nombre d'obstacles qui peuvent entraver l'intégration efficace de ces logiciels comme le degré de maîtrise de l'outil informatique, la maintenance du matériel informatique, les facteurs liés à la gestion du temps et du contenu et le manque d'explication bien détaillée des logiciels. Les sources de ces difficultés sont le manque de formation des enseignants dans ce domaine, mais aussi le nombre insuffisant d'ordinateurs pour les élèves, voire pour les enseignants, le manque de temps (emploi du temps chargé), le manque d'intérêts et de volonté de la part des élèves ainsi que l'absence d'une véritable politique encourageant l'utilisation des logiciels d'apprentissage et d'enseignement des mathématiques.

Une réelle intégration de logiciels d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques nécessite donc un changement en profondeur des pratiques et des conceptions de tous les acteurs en présence. Sans oublier qu'il y a des situations qui ne nécessitent pas l'utilisation des ces logiciels.