

Université de Montréal

**Utilisation des TIC dans l'enseignement secondaire et
développement des compétences des élèves en résolution
de problèmes mathématiques au Burkina Faso**

par

Issa BORO

Département de psychopédagogie et andragogie

Faculté des sciences de l'éducation

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph. D.)
en sciences de l'éducation
option technopédagogie

Janvier 2011

© BORO, 2011

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

**Utilisation des TIC dans l'enseignement secondaire et
développement des compétences des élèves en résolution
de problèmes mathématiques au Burkina Faso**

présentée par :
Issa BORO

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

M. Michel Lepage, président-rapporteur
M. Thierry Karsenti, directeur de recherche
Mme Colette Gervais, co-directrice
M. Serge Larivée, membre du jury
M. Alain Jaillet, examinateur externe
M. François Bowen, représentant de la doyenne de la FSÉ

Résumé

La présente étude intitulée « *utilisation des technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement secondaire et développement des compétences des élèves en résolution de problèmes mathématiques au Burkina Faso* » est une recherche descriptive de type mixte examinant à la fois des données qualitatives et quantitatives. Elle examine les compétences en résolution de problèmes mathématiques d'élèves du Burkina Faso pour révéler d'éventuelles relations entre celles-ci et l'utilisation des TIC par les élèves ou leur enseignant de mathématiques. L'intérêt de cette recherche est de fournir des informations aussi bien sur la réalité des TIC dans l'enseignement secondaire au Burkina que sur les effets de leur présence dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.

Les éléments théoriques ayant servi à l'analyse des données sont présentés suivant trois directions : la résolution des problèmes, le développement des compétences, et les relations entre les TIC, le développement de compétences et la résolution de problèmes. Du croisement de ces éléments émergent trois axes pour le développement de la réponse apportée à la préoccupation de l'étude : 1) décrire l'utilisation de l'ordinateur par les élèves du Burkina Faso pour améliorer leur apprentissage des mathématiques ; 2) identifier des rapports éventuels entre l'utilisation de l'ordinateur par les élèves et leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques ; 3) identifier des rapports entre les compétences TIC de l'enseignant de mathématiques et les compétences de ses élèves en résolution de problèmes.

Les processus de la résolution de problèmes sont présentés selon l'approche gestaltiste qui les fait passer par une illumination et selon l'approche de la théorie de la communication qui les lie au type de problème. La résolution de problèmes mathématiques passe par des étapes caractéristiques qui déterminent la compétence du sujet. Le concept de compétence est présenté selon l'approche de Le Boterf.

Les données révèlent que les élèves du Burkina Faso utilisent l'ordinateur selon une logique transmissive en le considérant comme un répétiteur suppléant de l'enseignant. Par la suite, il n'y a pas de différence significative dans les compétences en résolution de problèmes mathématiques entre les élèves utilisant l'ordinateur et ceux qui ne l'utilisent pas. De même, l'étude révèle que les enseignants présentant des compétences TIC n'ont pas des élèves plus compétents en résolution de problèmes mathématiques que ceux de leurs collègues qui n'ont pas de compétences TIC.

Mots-clés : résolution de problèmes, compétences, Burkina Faso, enseignement secondaire, mathématiques

Abstract

This study entitled "*Use of information and communication technologies in secondary education and development of students in mathematical problems solving skills in Burkina Faso*" is a mixed descriptive research examining both qualitative and quantitative data. It examines the math problem solving skills of students from Burkina Faso to reveal possible relationships between them and the use of ICT by students or teachers in mathematics. The interest of this research is to provide information as well on the reality of ICT in secondary education in Burkina Faso as on the effect of their presence in teaching and learning mathematics.

The theoretical elements used for data analysis are presented in three areas: problem solving, skills development and the relationship between ICT, skills development and problem solving. From crossing these areas rose three directions in which the response to the concern of the study is presented: 1) describe the use of computers by students from Burkina Faso to improve their learning of mathematics; 2) identify possible relationship between the use of computer by students and their mathematical problems solving skills; 3) identify relationships between mathematics teachers ICT skills and their students problems solving skills.

The problem solving process is presented according the gestalt theory that takes it through an enlightenment, and according to the communication theory approach that links it to the type of problem to solve. Mathematical problems solving goes through characteristic stages that determine the subject's abilities. The concept of competence is presented using the approach of Le Boterf.

The data show that students from Burkina Faso are using the computer in a transmissive way taking it as a substitute for the teacher. Subsequently, in mathematical problem solving skills there is no meaningful difference between students who use computer and those who do not use it. Similarly, the study found that students whose teacher has ICT skills were not

more competent in mathematical problems solving than those whose teacher does not have ICT skills.

Key Words : problem solving, skills, Burkina Faso, secondary education, mathematics.

Table des matières

Résumé.....	iii
Abstract.....	v
Table des matières.....	vii
Liste des tableaux.....	xi
Liste des figures.....	xii
Liste des abréviations.....	xiii
Dédicace.....	xv
Remerciements.....	xvi
Chapitre 1 Problématique.....	3
1.1 Contexte.....	3
1.1.1 Enseignement et apprentissage des mathématiques au secondaire.....	4
1.1.2 La résolution de problèmes.....	5
1.1.3 Les TIC dans l’enseignement.....	11
1.1.4 Les mathématiques dans l’enseignement secondaire au Burkina Faso.....	18
1.2 TIC et enseignement mathématique.....	20
1.2.1 Apport des TIC aux mathématiques.....	21
1.2.2 Les TIC et l’apprentissage des mathématiques.....	22
1.2.3. L’usage des TIC dans l’enseignement des mathématiques au Burkina Faso.....	27
1.2.4 Le concept de compétence.....	28
1.3 Le problème de recherche.....	29
1.4 La question de recherche.....	31
1.5 La pertinence de la question.....	32
Chapitre 2 Cadre théorique.....	34
2.1 La résolution de problèmes en mathématiques.....	34
2.1.1 Qu’est-ce qu’un problème ?.....	34
2.1.2 Les processus de la résolution de problèmes.....	36

2.1.3 Les stratégies de résolution de problèmes.....	40
2.1.4. Les défis de la résolution de problèmes	44
2.1.5 Les problèmes en mathématiques.....	45
2.2 Le développement des compétences.....	50
2.2.1 Le concept de compétence	50
2.2.2 Construire les compétences.....	51
2.2.3 L'évaluation des compétences.....	53
2.3 Les TIC, le développement de compétences et la résolution de problèmes en mathématiques.....	54
2.4. Objectifs de la recherche	58
Chapitre 3 Méthodologie.....	61
3.1 Type de recherche.....	61
3.2 Population cible et choix de l'échantillon	62
3.3 Opérationnalisation de la recherche.....	64
3.4 Outils de cueillette de données.....	68
3.5 La cueillette et l'analyse des données.....	72
3.6 Précautions éthiques	72
3.7 Les forces et limites de la recherche.....	73
Chapitre 4 Présentation des articles	76
Premier article : Utilisation de l'ordinateur par les élèves de l'enseignement secondaire du Burkina Faso pour l'apprentissage mathématique	79
1. Problématique.....	82
2. Cadre théorique	83
3. Méthodologie.....	87
4. Résultats.....	88
5. Discussion.....	91
Références.....	93

Deuxième article : Lien entre l'utilisation des TIC et les compétences en résolution de problèmes mathématiques chez des élèves du secondaire au Burkina Faso	96
Résumé.....	98
1. Problématique.....	99
1.1 TIC et enseignement au Burkina Faso.....	100
1.2. Importance de la résolution de problèmes.....	102
2. Cadre théorique	103
2.1 La résolution de problème	103
2.2. Apprentissage de la résolution de problèmes.....	104
2.3. TIC et résolution de problèmes mathématiques.....	107
3. Méthodologie.....	108
3.1. Analyse des données.....	111
3.2. Limites de la recherche.....	112
4. Résultats.....	112
5. Discussion.....	118
Références.....	120
Troisième article : Compétences technologiques des enseignants et compétences en résolution de problèmes mathématiques des élèves : y a-t-il un parallèle ?.....	126
Résumé.....	128
1. Problématique.....	129
2. Cadre théorique	132
3. Méthodologie.....	135
4. Résultats.....	138
5. Discussion.....	140
Références.....	141
Chapitre 5 Discussion générale	146
5.1. L'usage des TIC dans l'enseignement secondaire au Burkina Faso.....	146
5.2. Le premier objectif.....	147

5.3. Le deuxième objectif	147
5.4. Le troisième objectif	148
5.5. Synthèse.....	149
Conclusion générale	150
Annexe A : Questionnaire enseignant.....	I
Annexe B : Questionnaire élève.....	VIII
Annexe C : Guide d'entretien avec les élèves.....	XIV
Annexe D : Guide d'entretien avec le professeur de mathématiques	XIV

Liste des tableaux

Tableau 1	Correspondance entre les objectifs et les sections du questionnaire pour enseignant.....	70
Tableau 2	Typologie des problèmes du test de compétences en résolution de problèmes..	71
Tableau 3	Activités et avis des élèves rencontrés	90
Tableau 4	Répartition des participants par établissement.....	108
Tableau 5	Répartition des participants par âge.....	109
Tableau 6	Typologie des problèmes du test de compétences en résolution de problèmes.	111
Tableau 7	Scores du test mathématique.....	115
Tableau 8	Caractéristiques empiriques des trois groupes.....	116
Tableau 9	Statistiques selon le genre	118
Tableau 10	Répartition des élèves selon le temps passé avec le même enseignant de math	136
Tableau 11	Répartition des enseignants selon la spécialité	136
Tableau 12	Répartition des enseignants selon l'âge.....	137
Tableau 13	Statistiques des catégories d'élèves.....	138

Liste des figures

Figure 1 : Lieu d'accès à l'ordinateur	110
Figure 2 : Les utilisations de l'ordinateur par les élèves.	113
Figure 3 : Taux de réussite par question	114
Figure 4 : Fréquences des scores obtenus	115
Figure 5 : Distribution des scores selon le genre.....	117

Liste des abréviations

ACFAS :	Association francophone pour le savoir
BECTA :	British educational communications and technology agency
BEP :	Brevet d'études professionnelles
BEPC :	Brevet d'études du premier cycle
CAP :	Certificat d'aptitude professionnelle
CAPES :	Certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement secondaire
CD :	Compact disc
CJE :	Canadian journal of education
DELGI :	Délégation générale à l'informatique
DIFPE :	Direction des inspections et de la formation des personnels de l'éducation
DVD :	Digital versatile disc
EAO :	Enseignement assisté par ordinateur
GPS :	General problem solver
GPS :	Global positioning system
ISU :	Institut de statistique de l'UNESCO
ITU :	International telecommunication Union

LMD :	Licence-master-doctorat
NTIC :	Nouvelles technologies de l'information et de la communication
PIB :	Produit intérieur brut
QIA :	Quality improvement agency
RESATICE :	Réseau de chercheurs en technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement
RCÉ :	Revue canadienne de l'éducation
SAT :	Scholastic assessment test
SCÉE :	Société canadienne pour l'étude et l'éducation
SGBD :	Système de gestion de bases de données
TIC :	Technologies de l'information et de la communication
UIT :	Union internationale des télécommunications
USB :	Universal serial bus

Dédicace

*À Massara, dont la patience a su me donner
le temps que je n'avais pas.*

Remerciements

À Thierry Karsenti qui a cru assez en moi pour s'investir personnellement afin que j'accède à ce programme de Ph.D. À l'équipe de professeur(e)s qu'il forme avec Colette Gervais et Michel Lepage, pour la patience, l'expérience et la grande sagesse dont ils ont usé pour conduire ce programme à son terme.

À tous ceux de l'université de Montréal dont la constante disponibilité et la sympathie m'ont stimulé.

À tous mes pairs qui ont accepté de critiquer mon travail.

Aux collègues et amis de l'université de Ouagadougou qui m'ont constamment soutenu.

À l'université de Montréal pour son appui sans lequel cette recherche n'aurait pas été possible.

Introduction

Une des préoccupations essentielles de l'enseignement secondaire en général, et de l'enseignement des mathématiques en particulier, est de fournir à l'apprenant des outils et aptitudes lui permettant de faire face aux défis quotidiens de la société dans laquelle il vit. La société actuelle est caractérisée par une omniprésence des TIC (technologies de l'information et de la communication) dont la maîtrise et l'accessibilité semblent être des points communs aux pays ayant les niveaux de vie les plus élevés. Ce constat conduit de nombreux organismes de développement à préconiser et promouvoir le développement de l'accès et de l'usage des TIC, particulièrement dans le domaine de l'éducation, pour favoriser le développement des pays les moins avancés. Cette incitation se justifie par les nombreuses études américaines et européennes établissant l'impact positif de l'intégration pédagogique des TIC.

Cependant l'usage pédagogique des TIC en Afrique se heurte à un sous-équipement profond ne permettant pas une utilisation de ces outils en classe comme dans les conditions où sont observées ces retombées positives. Les établissements qui disposent d'équipement sont rares et offrent peu ou pas d'accès aux élèves. Ceux-ci accèdent aux ordinateurs généralement dans des centres communautaires à accès payant ou à domicile pour quelques rares privilégiés. La tendance des pratiques en matière de TIC dans les établissements africains étant plutôt l'enseignement de l'informatique aux élèves (Karsenti et Tchameni Ngamo, 2009), c'est essentiellement à travers ces accès non encadrés que les élèves peuvent développer des activités d'acquisition de connaissances diverses avec les TIC. Or les études jusque-là menées se réfèrent à un contexte d'intervention encadrée, on peut donc se demander quelle incidence positive les élèves tirent d'une telle utilisation des technologies. En particulier, l'ordinateur étant souvent perçu comme un outil mathématique, quel avantage les élèves tirent-ils de son usage non encadré pour leur apprentissage des mathématiques ?

Selon Isman et Yaratan (2005) l'apprentissage des mathématiques se heurte généralement aux problèmes de faible motivation de la part des apprenants, de transfert des

compétences en résolution de problèmes aux situations de la vie réelle, de faible valeur accordée aux mathématiques en rapport avec la vie quotidienne, de manque de standard pour l'enseignement des mathématiques. Parmi ces problèmes, celui du transfert des compétences en résolution de problèmes semble être le plus préoccupant pour les pays africains en quête de développement. En effet, un des reproches les plus courants adressés à l'enseignement mathématique en Afrique est de présenter des contenus qui ne servent pas dans la vie quotidienne des apprenants. En réalité, ce reproche traduit plutôt l'incapacité des apprenants à transférer les compétences acquises dans leur apprentissage mathématique dans la résolution des problèmes qu'ils rencontrent dans la vie réelle. Il devient alors intéressant de collecter des informations sur l'apport des TIC dans la réponse à cette préoccupation, car de nombreuses études européennes (Becta, 2003a ; Becta 2003b) permettent d'attendre une incidence positive de l'utilisation des TIC dans l'apprentissage des mathématiques sur le développement des compétences en résolution de problèmes chez l'apprenant. On peut donc se demander dans quelle mesure l'accès aux TIC améliore les compétences des élèves du Burkina Faso en résolution de problèmes concrets. Pour y répondre, il sera nécessaire de préciser le contexte de l'enseignement mathématique secondaire au Burkina Faso ainsi que l'état des TIC dans l'enseignement des mathématiques.

Chapitre 1

Problématique

Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation du contexte général de cette recherche et en précise le domaine concerné. Il présente ensuite et décrit le problème qui fera l'objet de la recherche avant de le formuler sous forme de question. L'objectif et l'intérêt de cette recherche viendront clore le chapitre.

1.1 Contexte

Les mathématiques occupent une place particulièrement importante aussi bien dans notre société que dans l'éducation (Crahay, Verschaffel, De Corte et Grégoire, 2005). Omniprésentes dans les différents secteurs d'activité, elles incitent des responsables de systèmes éducatifs à toujours chercher une amélioration de la formation dans ce domaine. Dans cette recherche beaucoup d'espoirs sont fondés sur les technologies de l'information et de la communication dont on espère qu'elles révolutionnent l'enseignement autant que notre société. Mais jusque-là, les mathématiques sont encore considérées par de nombreux élèves et étudiants comme le plus grand obstacle à leur réussite. Il n'est pas exceptionnel d'entendre des élèves affirmer que les mathématiques ne servent à rien dans la vie courante (Gasquet, 1991) si ce n'est qu'à une sélection favorisant leur échec. Il est vrai que certains exemples tendent à leur donner raison, comme les situations recensées par Olkun, Altun et Smith, (2005) sur l'importance des mathématiques dans la réussite scolaire et académique aux États-Unis d'Amérique, pendant que les technologies semblent pouvoir tout simplifier. Si les technologies de l'information et de la communication (TIC) contribuent largement au progrès des sciences et des mathématiques, il serait intéressant d'examiner l'usage qui en est fait dans l'enseignement et l'apprentissage, particulièrement en mathématiques dans l'enseignement secondaire.

1.1.1 Enseignement et apprentissage des mathématiques au secondaire

L'efficacité d'un enseignement mathématique se mesure généralement non seulement à la capacité qu'acquièrent les apprenants de résoudre des problèmes généraux relevant du domaine de l'enseignement reçu, mais aussi et surtout dans leur habilité à transférer ces connaissances dans la résolution de problèmes de la vie courante. Pelpel (2002) présente l'apprentissage comme une transformation progressive des idées et représentations par l'acquisition d'outils intellectuels permettant d'appréhender des situations réelles dans toute leur complexité. Le rôle de l'enseignant de mathématiques serait donc de susciter et faciliter chez l'élève cet apprentissage qui se traduit par l'acquisition de la compétence mathématique. De Corte et Verschaffel (2005, p. 33) définissent la compétence mathématique comme « une disposition à mathématiser le réel ». À ce propos, un reproche couramment adressé à l'enseignement des mathématiques en Afrique (et le Burkina Faso ne fait pas exception) est celui de transmettre des connaissances inadéquates aux besoins locaux. La loi d'orientation de l'éducation du Burkina Faso (1996) précise que le système éducatif de ce pays a pour but de « faire acquérir des connaissances, des attitudes et développer des aptitudes pour faire face aux problèmes de la vie ». Mais l'enseignement secondaire général visant la préparation des apprenants à la poursuite d'études ultérieures à travers l'acquisition de connaissances générales, ceux qui en sortent ont généralement peu d'aptitude à transférer ces connaissances dans la résolution de problèmes concrets. Les enseignants du supérieur déplorent généralement le manque d'esprit critique et d'initiative chez les élèves en fin d'enseignement secondaire.

L'enseignement secondaire a pour rôle de consolider les acquis de l'enseignement primaire et de fournir à l'élève des outils pour la poursuite d'études supérieures ou contribuant à la formation de ressources humaines. Les mathématiques, « exercices de base du mécanisme intellectuel » (Gasquet, 1991, p.11) y sont constituées d'outils fondamentaux

pour la représentation et le raisonnement. Depuis les mathématiques classiques jusqu'aux programmes actuels en passant par les maths modernes, le souci de l'école a toujours été de former du mieux possible l'apprenant à l'efficacité des mathématiques tout en réduisant les taux d'échec. Les contenus aussi bien que les pratiques et approches théoriques d'enseignement et d'apprentissage sont continuellement revus et rénovés dans ce souci, et la pédagogie ne cesse d'évoluer tendant de plus en plus vers une approche par compétences. Pourtant, force est de reconnaître que les mathématiques continuent à être redoutées par de nombreux élèves qui trouvent leur apprentissage difficile. Les activités d'implication, d'opération et d'intégration nécessaires au fonctionnement de l'apprentissage (Pelpel, 2002) semblent présenter en mathématiques des obstacles qui leur apparaissent encore insurmontables (Andler, 2006). Serait-ce les enseignants qui n'arrivent pas à susciter des apprentissages chez leurs élèves ou plutôt les mathématiques elles-mêmes qui seraient destinées à une élite ? Quoi qu'il en soit l'enseignant devrait perpétuellement réajuster ses stratégies et méthodes d'enseignement pour rendre ses enseignements accessibles à l'intégralité sinon à la majorité de ses élèves car, comme dit Polya (1965, p. 7), « l'un des devoirs les plus stricts du professeur est d'aider ses élèves. » Et l'efficacité des apprentissages des élèves se manifestera à travers leurs compétences mathématiques dont celles en résolution de problèmes.

1.1.2 La résolution de problèmes

La résolution de problèmes constitue un concept fondamental de la connaissance. À tous les niveaux de l'éducation, que ce soit au cours de l'apprentissage initial ou de la recherche élargissant le champ des connaissances, il est toujours question de résoudre des problèmes. Glaeser (1973) affirme que développer chez l'élève l'aptitude à poser et résoudre des problèmes doit être l'un des principaux objectifs de l'enseignement mathématique. Il est attendu des problèmes qu'ils aident les élèves à établir des liens entre le symbolisme mathématique et les relations et actions réelles (Fagnant, 2005). La résolution de problèmes est donc au cœur de l'activité mathématique et occupe une position

essentielle entre ce qui est un problème et ce qui cesse d'en être un. Pour mettre en relief son importance, il serait utile de préciser au préalable le concept de problème avant d'examiner la place qui lui est accordée à travers les programmes scolaires et des documents sur l'enseignement.

1.1.2.1 Le problème

Le concept de problème lui-même, lié généralement à une question ou à une difficulté, prend un intérêt essentiel pour les mathématiciens, car il se situe au cœur du progrès scientifique. On peut considérer qu'il y a problème lorsqu'on ne peut pas produire automatiquement une réponse adaptée à une certaine demande (Joshua et Dupin, 1993). Cette caractérisation met l'accent sur la nécessité d'investigation que provoque le problème : la résolution de celui-ci exige une recherche, c'est-à-dire l'exercice d'une certaine activité cognitive pouvant conduire à une réponse adaptée à la demande. Cette nécessité de recherche est admise par Baruk (1995, p. 919) lorsqu'elle définit de façon générale le problème comme étant, dans le domaine du savoir, une « question obscure ou prêtant à discussion, non encore élucidée ». Mais, soulignant que le but du problème est sa résolution, elle attire également l'attention sur son énoncé par une définition restrictive : « question à résoudre par des méthodes scientifiques ou rationnelles à partir d'un certain nombre de données qui en constituent l'énoncé » (Baruk, 1995, p. 919). Cette définition est quelque peu restrictive dans le sens où elle réduit le problème à une question et exige des méthodes scientifiques pour y apporter une réponse. Elle conviendrait pour des problèmes scolaires, des questions de mathématiques nécessitant une certaine réflexion pour y fournir des réponses adéquates. Joshua et Dupin (1993, p. 75) donnent une définition beaucoup plus large lorsqu'ils identifient comme problème « les situations où ne sont pas disponibles des automatismes pour s'y confronter, et où l'élaboration d'une stratégie de résolution apparaît nécessaire. » Cette définition, qui prend en compte les problèmes scolaires, reconnaît au problème les trois caractéristiques qui l'identifient (Mayer, 1977 ; voir aussi Poissant, Poëllhuber et Falardeau, 1994) : un état initial (la situation de départ qui contient

les données), un état-objectif (le but à atteindre ou la situation d'arrivée) et des obstacles. Les obstacles se présentent entre les deux états, c'est-à-dire que le passage de la situation de départ au but n'est pas immédiat et exige une certaine recherche mobilisant une activité intellectuelle. Résoudre le problème, c'est alors trouver une réponse satisfaisante à la question qui est posée par son énoncé, c'est-à-dire trouver un moyen de franchir les obstacles et atteindre le but, trouver une solution.

Selon Mayer (1990), la résolution de problèmes est le processus cognitif visant à transformer la situation donnée en une situation désirée, et ce, en l'absence de toute méthode évidente de résolution pour celui qui le résout. La définition de la situation de départ et celle de la situation désirée sont contenues dans l'énoncé du problème généralement sans mention de la démarche à suivre. Cette définition permet de distinguer quatre caractéristiques à la résolution de problèmes (Baker et Mayer, 1999) : elle est cognitive, à base de processus, orientée et personnelle. Les mathématiques sont en général considérées comme domaine par excellence de cette activité cognitive et la résolution de problèmes se retrouve dans tous les programmes de mathématiques de l'enseignement secondaire. Ainsi, de nombreuses difficultés des élèves dans cette discipline peuvent être interprétées comme des difficultés dans la résolution de problèmes (Dumas-Carré, Goffard et Gil, 1992). Entre 1987 et 2004, au moins 14 états américains ont augmenté le nombre minimal de crédits en mathématiques exigés dans leurs diplômes afin d'améliorer les compétences de leurs candidats en résolution de problèmes (Bozick et Ingels, 2008). De même, depuis la première moitié du 20^e siècle, les universités américaines soumettent leurs candidats à l'entrée à des épreuves comprenant des tests de compétences en résolution de problèmes mathématiques (Hoover, 2007). On voit là l'importance de la résolution de problèmes dans l'enseignement secondaire, également au Burkina Faso dont les programmes de mathématiques (DIFPE, 1991b) précisent dans leurs objectifs que « l'enseignement des mathématiques dans les classes du premier cycle vise à [...] fournir à l'élève un bagage de connaissances pratiques, de techniques usuelles, de méthodes opératoires lui permettant de résoudre des problèmes simples qui se posent à lui dans la vie

courante ou à l'occasion d'autres enseignements. » Il apparaît donc important de faire un point rapide des pratiques destinées à développer les aptitudes des élèves dans la résolution de problèmes mathématiques.

1.1.2.2 Apprendre à résoudre des problèmes

Tous les programmes de mathématiques des classes scientifiques du Burkina Faso (DIFPE, 1991a) insistent sur la nécessité pour les élèves d'apprendre à résoudre des problèmes, et ce, comme élément fondamental de la compétence mathématique. Dans le cas de la résolution de problèmes, l'apprentissage consiste pour les élèves en l'acquisition de méthodes et de modèles utiles dans la recherche de solution. Mais pour devenir compétents en mathématiques, ils doivent acquérir la maîtrise des cinq catégories suivantes d'outils cognitifs : une base de connaissances spécifiques au domaine, des heuristiques, des connaissances métacognitives, des stratégies d'autorégulation et les croyances associées aux mathématiques (De Corte et Verschaffel, 2005). Les connaissances et outils mathématiques aussi bien que les habiletés heuristiques sont échelonnées tout au long des étapes de la scolarité pour permettre à l'élève leur acquisition graduelle. À l'école primaire, l'enfant apprend à découvrir les formes géométriques, les nombres et les opérations arithmétiques. Au secondaire, il apprend l'abstraction algébrique et le raisonnement mathématique, il consolide ses connaissances des nombres et des formes géométriques et s'initie à la représentation analytique. Au supérieur, il perfectionne ses connaissances et habiletés et apprend à produire de nouvelles connaissances. L'apprentissage correspond à un changement durable des comportements et est provoqué par un changement des processus internes sous l'effet de répétition ou de transfert. On peut dire qu'il se produit à la faveur d'une situation d'apprentissage occasionnant une certaine construction (De Corte et Verschaffel, 2005).

Quel que soit le modèle théorique de l'apprentissage adopté pour les élèves, le rôle de l'enseignant demeure fondamental. Du modèle transmissif dans lequel il est le principal

vecteur de la connaissance, au modèle socio-constructiviste dans lequel il crée ou choisit les milieux dans lesquels plonger l'élève pour son apprentissage, en passant par les modèles behavioriste et constructiviste, c'est lui qui organise l'apprentissage. « Dans des prescriptions moins extrêmes, le rôle de l'enseignant est beaucoup plus nettement marqué dans sa façon d'orienter le débat par ses conseils, ses reformulations, ses apports d'information, ses synthèses » (Joshua et Dupin, 1993, p. 329). Dans tous les cas donc, la culture et les conceptions du professeur influenceront l'apprentissage de l'élève.

Cependant, il est nécessaire que l'élève soit confronté à une multitude de situations variées tant au niveau des contenus que de la complexité pour que ses outils cognitifs se développent de manière intégrée. Pour cela, Woods (1987) recommande de ne jamais perdre de vue les six affirmations suivantes (voir aussi Poirier-Proulx, 1997) :

- L'apprentissage de la résolution de problèmes est indissociable de l'acquisition des connaissances.
- L'entraînement à la résolution de problèmes ne peut être efficace et transférable que lorsqu'il se situe à l'intérieur d'une discipline et utilise des problèmes de la vie réelle.
- Le développement de stratégies mettant en œuvre un processus de raisonnement ne s'acquiert pas sur des exercices, mais plutôt sur des problèmes.
- La résolution de problèmes ne suffit pas, il faut expliciter pédagogiquement le processus mis en œuvre.
- Pour que les élèves développent des habiletés reliées au processus de résolution, ils doivent être confrontés à des problèmes suffisamment riches et complexes.
- Les différences individuelles, tels le style d'apprentissage, le niveau de développement cognitif, l'attitude, doivent être prises en compte pour le développement des habiletés dans la résolution de problèmes.

Les enseignants désireux de développer les compétences de leurs élèves en résolution de problèmes se doivent d'être conscients de la complexité de cette tâche et de

consentir de constantes réflexions sur leurs approches. Dans ce domaine, Poirier-Proulx (1997) ajoute l'utilisation du travail d'équipe aux quatre dimensions importantes que Beyer (1988) identifie dans l'enseignement des habiletés intellectuelles, à savoir l'environnement d'apprentissage, l'utilisation du contenu des cours, le mode d'enseignement et l'utilisation d'une démarche systématique et structurée. Chacune de ces dimensions devrait faire l'objet d'une profonde interrogation de la part de tout enseignant soucieux de développer efficacement les habiletés de ses élèves en résolution de problèmes.

1.1.2.3 Utilité pédagogique de la résolution de problèmes

L'intérêt de la résolution de problèmes est évident lorsque l'on considère les défis et autres obstacles plus ou moins importants que les individus rencontrent quotidiennement dans leur milieu social ou professionnel. Poirier-Proulx (1997) affirme que la compétence en résolution de problèmes est l'une des plus importantes des activités intellectuelles et une composante cruciale de l'intelligence. Ainsi par exemple, le programme de formation de l'école québécoise reconnaît à la mathématique le rôle de permettre d'appréhender la réalité. Il souligne que l'enseignement mathématique doit, en plaçant l'élève dans diverses situations d'apprentissage, en lui faisant mener des activités diverses et utiliser des ressources mathématiques, l'amener à être plus compétent pour résoudre une situation-problème, déployer un raisonnement mathématique et communiquer à l'aide du langage mathématique. Mais la résolution de problèmes elle-même peut aider l'élève à construire ses connaissances, c'est le principe de base de l'apprentissage par problèmes. Guilbert et Ouellet (1997) définissent l'apprentissage par résolution de problèmes comme une formule pédagogique dans laquelle les apprenants travaillent ensemble en équipes pour collecter de l'information et résoudre un problème complexe réel ou inspiré de la réalité que l'enseignant leur propose pour développer leurs compétences en résolution de problèmes tout en leur faisant acquérir d'autres connaissances. L'enseignant joue un rôle de facilitateur dans cette démarche qui n'aboutit pas forcément à une solution du problème, celui-ci servant de prétexte à l'apprentissage de nouvelles connaissances à travers les

efforts d'explication des phénomènes sous-jacents. Cette approche socioconstructiviste de l'apprentissage, bien qu'onéreuse en temps de préparation et d'activité, a été adoptée par beaucoup d'universités depuis sa vulgarisation par l'Université McMaster de l'Ontario dans les années 1960, son origine semblant liée à Dewey au début du 20^e siècle (Nicolas, 2006).

Mais parmi les moyens permettant de développer les compétences des élèves, le programme de formation de l'école québécoise cite l'utilisation de la technologie pour l'exploration de situations complexes ainsi que la construction de figures et la manipulation de données. Pour la présente étude, l'apport des TIC en particulier au développement des compétences en résolution de problèmes présente une importance qui invite à un certain développement.

1.1.3 Les TIC dans l'enseignement

L'ère actuelle est profondément marquée par les technologies de l'information et de la communication dont le développement fulgurant a transformé la société. Dans les pays développés, on observe que ces technologies ont envahi tous les secteurs de la vie sociale et tendent à modifier les bases de l'économie (Conseil Supérieur de l'Éducation, 2000). Qu'est-ce que les technologies de l'information et de la communication et quel usage en fait-on en éducation ? Quelques réponses à ces questions permettront d'examiner leur apport à l'éducation et leur situation en Afrique.

1.1.3.1 Notion de TIC

Les technologies de l'information et de la communication (TIC), parfois appelées nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) recouvrent un vaste domaine dont les limites sont généralement floues. Le terme désigne, en général, toutes les technologies électroniques apparentées à l'informatique et bien au-delà, des réseaux de communication fixes ou mobiles, avec ou sans fil, généralement à large bande passante, et bien d'autres applications allant des codes à barres et du braille au système

GPS (The Digital Strategy, 2006). Mais dans le contexte de l'éducation, ce terme est généralement réduit aux techniques nouvelles utilisées dans le traitement et la transmission de l'information, principalement celles de l'informatique, de l'Internet et des télécommunications (Wikipedia, 2003). Dans le cadre de cette étude, l'expression TIC ou technologies de l'information et de la communication désignera essentiellement les techniques de l'informatique et de l'Internet. Les applications TIC dans l'éducation sont variées et s'étendent des logiciels d'aide à l'apprentissage ou à l'enseignement aux environnements de travail à distance, en passant par les outils de communication multimédia. Le Conseil Supérieur de l'Éducation du Québec (2000) distingue trois types d'usage de ces technologies : les technologies comme objet d'apprentissage, les technologies comme moyen d'apprentissage et les technologies comme soutien à l'apprentissage. La majorité des formations aux TIC, dans notre contexte, est consacrée aux technologies comme objet d'apprentissage pendant que ce sont les deux autres usages qui présentent le plus de préoccupations pédagogiques.

1.1.3.2 Usages pédagogiques des TIC

L'histoire de la pédagogie est étroitement liée à celle de la technologie ; de l'écriture à l'ordinateur en passant par l'imprimerie, le film, la radio, la télévision et la vidéo, la technologie a toujours influencé les pratiques pédagogiques (Karsenti, 2005). L'évolution fulgurante de l'ordinateur, depuis les premières calculatrices jusqu'aux versions actuelles du micro-ordinateur, a toujours été suivie de près dans les écoles nord-américaines. Les pédagogues, aussi bien les behavioristes que les constructivistes, tenteront de modéliser son intégration pédagogique : le courant behavioriste avec l'enseignement programmé basé sur la théorie du conditionnement opérant de Skinner, et le courant constructiviste avec le langage LOGO de Seymour Papert qui permettrait aux élèves de construire leur propre savoir. Et l'éducation sera bouleversée par l'apparition du réseau Internet en 1968 et celle du World Wide Web entre 1989 et 1991 qui ont supprimé les distances et facilité le partage de l'information (Karsenti, 2005).

Comme pour étayer les espoirs fondés dans l'apport des TIC à la pédagogie, des études ont examiné leurs usages chez les enseignants. Gibson et Oberg (2004) ont établi, à partir d'observations chez des enseignants du Canada, que l'Internet est utilisé par les enseignants comme outil d'aide à l'enseignement à travers l'accès à l'information, l'accès à des contenus ou plans de leçons et la collaboration avec d'autres enseignants. Les études d'Anderson (2006) en Suède confirment que les enseignants se servent majoritairement des TIC pour accéder à l'information scientifique ou pour accéder à des ressources servant à renforcer leurs cours. Elles montrent que les TIC sont un outil de développement des connaissances et de l'apprentissage pour les enseignants, dont certains se servent de l'ordinateur comme outil de motivation en classe (Anderson, 2006). Répondant à leur vocation d'outil de communication, ces technologies servent également dans la communication verticale (Anderson, 2006) et les enseignants tirent beaucoup d'avantages des discussions en ligne (Li, 2006).

Mais les TIC rendent inadapté le modèle traditionnel de transmission du savoir selon le schéma ouvrage imprimé – exposé d'enseignant – apprenants. Avec la culture d'Internet, les apprenants développent leur habileté à naviguer et à échanger avec leurs pairs pour acquérir de façon commode, rapide et facile des connaissances ou des compétences, bouleversant au passage les hiérarchies (Karsenti, 2005). Le rôle pédagogique de l'enseignant doit, pour s'adapter, évoluer de celui de médiateur entre l'élève et le monde vers celui de régulateur de l'apprentissage. La machine ne peut pas faire disparaître l'enseignant, celui-ci devra plutôt s'adapter aux nouveaux besoins que lui créera la métamorphose de la pédagogie. Il devrait désormais apprendre à l'élève à trouver l'information, à juger de sa validité et de sa pertinence. Les TIC sont une menace pour la pédagogie traditionnelle, mais aussi un renfort pour les pédagogies ouvertes.

L'arrimage des TIC à la pédagogie devrait donc, au lieu de nuire à l'enseignant, rendre la pédagogie plus active et plus agréable, mieux ouvrir l'école au monde (Karsenti, 2005). Cela nécessitera de surmonter quelques difficultés au début, mais aussi de mener des

réflexions sur les enjeux pédagogiques qui sous-tendent ce rapport. Il faudra veiller à améliorer l'esprit critique des élèves et leurs compétences en résolution des problèmes, et surtout ne pas perdre de vue que c'est l'homme qui imagine, crée et supervise l'usage de la technologie (Karsenti, 2005).

Les TIC ont été largement adoptées par les enseignants et les apprenants et diverses pratiques en la matière sont rencontrées chez les enseignants en général. Ces usages sont répertoriés à travers 20 compétences TIC utiles aux enseignants (Turner, 2005) énumérées ci-après :

1. Compétence en traitement de texte : être capable d'utiliser un logiciel de traitement de texte pour accomplir de façon adéquate des tâches d'écriture.
2. Compétence en tableur : être capable d'utiliser un tableur pour compiler des données en classes et en diagramme.
3. Compétence en base de données : être capable d'utiliser un logiciel de gestion de bases de données pour créer des tables et y stocker ou extraire des données, créer exécuter une requête de données.
4. Compétence en présentation assistée par ordinateur : être capable d'utiliser un logiciel de présentation assistée par ordinateur pour créer et présenter un diaporama.
5. Compétence en navigation Web : être capable de naviguer sur le Web et chercher efficacement des données sur Internet.
6. Compétence en conception de site Web : être capable de concevoir, créer et mettre à jour un site Web personnel ou institutionnel.
7. Compétence en courrier électronique : être capable de communiquer par courrier électronique, envoyer des pièces jointes et créer des dossiers pour ranger les messages.
8. Connaissance des appareils photo numériques : savoir comment utiliser un appareil photo numérique et comment utiliser une image numérique.

9. Connaissances réseau applicables à sa structure : avoir les connaissances de base sur les réseaux et savoir comment fonctionne le réseau de son établissement.
10. Compétence sur l'explorateur Windows et la gestion de fichiers : être capable de gérer ses fichiers sur l'ordinateur et accomplir les tâches suivantes : créer et supprimer des fichiers et des dossiers, déplacer et copier des fichiers et des dossiers à l'aide du *Poste de travail* ou de l'*Explorateur Windows*.
11. Téléchargement de ressources numériques (y compris des livres électroniques) à partir du Web : être capable de télécharger des éléments logiciels à partir du Web et connaître les principaux sites Web destinés à cet usage.
12. Installation de logiciel sur un ordinateur : être capable d'installer un logiciel d'application sur un ordinateur.
13. L'enseignement via WebCT ou Blackboard : connaître l'existence de ces deux systèmes d'enseignement en ligne et avoir des notions dessus ou savoir les utiliser pour enseigner ou prendre des cours.
14. Compétence en vidéoconférence : être capable d'utiliser une salle de vidéoconférence et comprendre les bases de l'enseignement par vidéoconférence.
15. Connaissance des supports de stockage numérique : comprendre et savoir comment utiliser les supports de stockage suivants : disques, CD, clés USB, disquettes ZIP et DVD.
16. Connaissance du scanner : savoir utiliser un scanner et connaître les capacités d'un système de reconnaissance de caractères.
17. Connaissance d'un ordinateur de poche : savoir ce qu'est un ordinateur de poche et qui peut s'en servir.
18. Connaissance du Web invisible : savoir ce qu'est le Web invisible et comment s'en servir comme source de ressources.
19. Connaissance des droits d'auteur en éducation : comprendre les questions de droits d'auteur relatif à l'éducation, y compris les questions de droits d'auteur pour les produits multimédias et ceux du Web.

20. Connaissance de la sécurité informatique : avoir des connaissances de base sur les questions de sécurité informatique dans le domaine de l'éducation.

Ces compétences TIC recouvrent l'essentiel des activités qu'un enseignant ayant accès aux TIC peut être amené à pratiquer. Cependant, selon la discipline qu'il enseigne, un enseignant peut avoir à pratiquer avec les TIC des activités ne figurant pas dans cette liste.

1.1.3.3 Avantages des usages pédagogiques des TIC

Un avantage vite reconnu à l'usage de l'ordinateur par les enseignants est la qualité des productions textuelles et leur archivage. Nombreux sont les enseignants qui, depuis leur initiation à l'usage de l'ordinateur, saisissent et stockent leurs cours et leurs sujets de devoir au format numérique, profitant des facilités d'édition, de modification et de diffusion de ce format. Désormais les listes et les notes d'élèves sont traitées à l'aide de tableurs soulageant les utilisateurs de bien de tâches routinières fastidieuses. Mais beaucoup d'enseignants reconnaissent également le caractère motivant de l'ordinateur en classe tel que mis en évidence par Anderson (2006). Dans les établissements qui en offrent la possibilité, des enseignants ont recours à l'ordinateur pour illustrer leur cours et permettre des manipulations motivantes pour les élèves. En mathématiques, l'usage de logiciels tels Cabri Géomètre permet d'illustrer des objets et propriétés et améliore largement le cours de géométrie. L'ordinateur permet de s'affranchir des calculs fastidieux pour mieux se préoccuper des relations et des propriétés des objets manipulés.

Certaines études européennes révèlent que l'usage des TIC entraîne, chez les jeunes de 7 à 16 ans, des gains significatifs en anglais, en sciences, en conception et technologie (Balanskat, Blamire et Kefala, 2006). Elles rapportent une amélioration des performances des élèves aux tests en mathématiques et en sciences à la suite de l'amélioration de leur accès aux TIC, et assurent l'existence d'un lien entre la durée du temps d'utilisation de l'ordinateur par les élèves et leurs performances en mathématiques.

1.1.3.4 Les TIC au Burkina Faso

Le continent africain présente, en matière de technologies, un contexte caractérisé par un faible accès aux infrastructures et une bande passante faible (Wilkinson et Wilkinson, 2001). L'Afrique du Sud, qui constitue un cas exceptionnel de développement sur ce continent, présente tout de même un retard considérable dans l'accès à l'ordinateur. Les statistiques de 2009 révèlent que 0,9% seulement de la population du Burkina utilise Internet, soit seulement 0,2% des usagers du continent africain (Internet World Stats, 2009). En 2006, le pays ne comptait que 1700 abonnés à une connexion à haut débit. Beaucoup d'espoirs sont fondés dans la capacité des accès communautaires à améliorer le niveau d'accès aux technologies, permettant d'envisager de meilleures perspectives pour les enseignants dont beaucoup font preuve d'un engouement pour la formation en ligne. Le Burkina Faso a marqué assez tôt son option pour l'entrée de l'ordinateur dans l'éducation à travers un projet pilote d'introduction de l'informatique dans l'enseignement secondaire général lancé en 1987 (Sam, 1999). Mais cet outil mal connu et dont l'entrée n'a pas été préparée recevra un accueil plutôt mitigé. En effet, beaucoup d'enseignants avaient du mal à saisir l'intérêt d'accorder de leur temps pour apprendre l'utilisation d'un traitement de texte ou d'un tableur qui leur semblait plutôt relever d'une culture étrangère, surtout dans un contexte où l'accès aux machines n'était pas des plus faciles. L'enseignement des mathématiques y bénéficiera également en 1995 de la dotation des principaux lycées en calculatrices programmables. Quelques enseignants cependant permettront à cette introduction de se poursuivre et de s'affirmer par la suite avec l'arrivée de l'Internet. L'ouverture dans des établissements d'enseignement secondaire de salles équipées d'ordinateurs, dont certaines avec accès à l'Internet, s'y poursuit sur la base d'initiatives diverses souvent non concertées. Mais parmi les caractéristiques fondamentales du système scolaire burkinabé, on trouve des effectifs pléthoriques face à des moyens très insuffisants dans les classes. À la différence des pays occidentaux où l'enfant est initié à l'usage de l'ordinateur dès le cycle primaire d'enseignement, l'accent est mis, comme dans beaucoup

de pays africains où cet outil demeure encore un équipement de luxe, sur l'amélioration de son accès dans les établissements d'enseignement secondaire ou supérieur et dans la recherche scientifique (Burkina Faso, 1999). Mais en l'absence de toute formalisation de cette introduction de l'ordinateur dans l'éducation, seules des initiatives isolées et expériences individuelles permettront de cerner la réalité des usages pédagogiques des technologies dans ce pays. Des élèves de l'enseignement secondaire ont pu bénéficier des apports du programme Worldlinks. Cependant, lorsqu'un enseignement informatique est dispensé dans le cadre scolaire, il est essentiellement consacré aux TIC comme objet d'apprentissage (Karsenti et Tchameni Ngamo, 2009) : qu'est-ce qu'un ordinateur, comment s'en servir. Et cela reste encore bien rare, la plupart des élèves n'accédant à un ordinateur qu'en dehors du cadre scolaire. On peut s'attendre à ce que, dans cette situation affranchie des garde-fous qu'imposeraient les contraintes d'un cadre formel d'intégration, les enseignants, dans leurs tentatives d'adapter l'usage des technologies à leurs besoins, imaginent des pratiques innovantes. Pour mieux saisir les spécificités de ce contexte, un survol de l'apprentissage des mathématiques dans l'enseignement secondaire au Burkina Faso serait bien utile.

1.1.4 Les mathématiques dans l'enseignement secondaire au Burkina Faso

Le système éducatif burkinabé, à l'instar de ceux de nombreuses anciennes colonies françaises en Afrique, est hérité du système éducatif français de l'ère coloniale. Dès l'indépendance du pays, il a connu de nombreuses réformes qui, pour la plupart, ont affecté essentiellement les curricula sans en modifier la structure. Cette section présente succinctement le système éducatif et le développement de l'enseignement secondaire au Burkina Faso puis les curricula de l'enseignement des mathématiques.

1.1.4.1 Le système éducatif du Burkina Faso

L'éducation au Burkina Faso comprend essentiellement trois ordres d'enseignement : l'enseignement primaire, l'enseignement secondaire et l'enseignement supérieur. Le système éducatif formel y est structuré en trois ordres d'enseignement (Burkina Faso, 2004) :

- L'enseignement de base : il se compose de l'éducation préscolaire comportant un cycle unique de trois ans, et de l'enseignement primaire comportant trois cours de deux ans chacun.
- L'enseignement secondaire : il comporte deux types d'enseignement : un enseignement général qui s'étale sur un premier cycle de quatre ans couronné par le brevet d'études du premier cycle (BEPC), suivi d'un second cycle de trois ans couronné par le baccalauréat ; un enseignement technique et professionnel proposant soit un cycle initial court de quatre ans sanctionné par un certificat d'aptitude professionnelle (CAP), soit, après le BEPC, un cycle moyen de deux ans sanctionné par un brevet d'études professionnelles (BEP) ou un cycle long de trois ans sanctionné par le baccalauréat.
- L'enseignement supérieur : maillon terminal du système éducatif, il est en pleine réorganisation pour son entrée dans le système LMD (Licence-Master-Doctorat) avec trois cycles successifs : le premier cycle dure trois ans et est sanctionné par une licence ou un diplôme équivalent, le deuxième cycle dure deux ans et est sanctionné par un master ou un diplôme équivalent, le troisième et dernier cycle dure trois ans et est sanctionné par un doctorat ou un diplôme équivalent.

Chacun de ces ordres d'enseignement demeure encore faiblement développé : les taux nets de scolarisation pour l'année 2008 sont estimés par l'Institut de Statistique de l'UNESCO (ISU) à 60% pour l'enseignement primaire, 14% pour l'enseignement secondaire, et pour l'enseignement supérieur le taux brut de scolarisation est 3%. L'enseignement secondaire, maillon central du système éducatif, est divisé en deux cycles

dont le premier dure quatre ans et le second, trois ans. L'offre éducative dans cet ordre est largement dominée par l'enseignement général dont toutes les classes bénéficient d'un cours de mathématiques.

1.1.4.2 L'enseignement des mathématiques au secondaire

L'enseignement des mathématiques dans l'enseignement secondaire au Burkina Faso s'est, de tous les temps, efforcé de tenir compte de l'évolution de la discipline au niveau mondial, particulièrement dans le monde francophone. Au sortir des indépendances, les programmes d'enseignement étaient essentiellement ceux hérités de la colonisation (Denys et Mopondi Bendeko Grema, 2008). Pendant la décennie 1960-1970, les programmes de mathématiques étaient basés sur l'enseignement des mathématiques classiques dont les apprenants appréciaient l'intuition géométrique. Puis à la suite de la réforme française de 1971, les élèves du secondaire découvrirent l'enseignement des mathématiques modernes accordant plus d'intérêt à l'abstrait avec une approche traditionnelle. Mais des réflexions ultérieures d'éducateurs africains dénonceront l'écart entre ces belles idées abstraites et la réalité quotidienne des élèves de l'enseignement secondaire. Ainsi les nouveaux programmes de mathématiques pour l'enseignement secondaire, qui seront mis en place à partir de 1991, chercheront à faire acquérir par les apprenants des compétences qui puissent leur être utiles soit pour la poursuite d'études postérieures, soit pour la résolution de problèmes quotidiens ou professionnels (Sawadogo, Gnamou, Yougbaré et Béré, 2004). L'abstraction des mathématiques modernes est alors abandonnée pour une approche plus constructiviste avec des curricula par compétences privilégiant la résolution de problèmes.

1.2 TIC et enseignement mathématique

Les mathématiques sont souvent considérées comme le domaine par excellence des calculs, et de ce fait facilement associées à l'ordinateur dont la force première est sa

capacité de calcul. Au-delà de cette association sommaire, les mathématiques, qui vont bien au-delà des calculs, ne manquent pas de tirer des avantages aussi bien techniques que pédagogiques des possibilités, non seulement de l'ordinateur, mais des TIC en général.

1.2.1 Apport des TIC aux mathématiques

Une caractéristique importante de l'ordinateur réside dans ses performances en calcul, ce qui en fait un outil convenable pour les nombreux et longs calculs dont regorgent les méthodes de l'analyse numérique. Les algorithmes et les méthodes itératives de calcul de l'analyse numérique proposent souvent des démarches dont la convergence est établie, mais dont les calculs ou le nombre d'itérations pour obtenir une approximation satisfaisante semblent au-delà des possibilités humaines. Les possibilités de plus en plus élevées des ordinateurs permettent désormais de donner un sens commun à ces méthodes dont les applications concrètes sont nombreuses. Pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques, les apports des TIC se situent essentiellement au niveau du calcul et de la représentation. En particulier, l'ordinateur s'est imposé dans la création de modèles et dans la simulation.

Il paraît difficile de donner ici une définition standard de la notion de modèle. Joshua et Dupin (1993) observent que, bien que largement répandue dans la pratique scientifique et la recherche épistémologique, elle n'est pas issue d'une définition unique. Selon le domaine d'utilisation, elle prend une définition non établie mettant l'accent tantôt sur la représentation tantôt sur la mise en relation de concepts. Cette définition composite sera délibérément restreinte à celle du modèle mathématique qui est en cause dans cette étude. L'encyclopédie en ligne Wikipédia (2003) le définit ainsi : « Un modèle mathématique est une traduction de la réalité pour pouvoir lui appliquer les outils, les techniques et les théories mathématiques, puis généralement, en sens inverse, la traduction des résultats mathématiques obtenus en prédictions ou opérations dans le monde réel ». C'est donc une construction matérielle ou abstraite d'un objet qui se doit d'être le plus

ressemblant possible à l'objet du point de vue de caractéristiques pertinentes et de sa destination. Cette définition prend en compte les modèles prédictifs utilisés pour anticiper des événements ou des situations, et les modèles descriptifs servant à représenter des données historiques.

La simulation est postérieure à la modélisation, elle interroge le modèle pour obtenir des informations à priori et réduire ainsi les risques d'erreur à posteriori. Le site Wikipédia (2003) la définit comme étant la recherche d'un « élément qui réagit d'une manière semblable à celui que l'on veut étudier et qui permettra de déduire les résultats ». Matlin (2001) définit la simulation par ordinateur comme une pratique consistant à construire un programme informatique destiné à exécuter certaines tâches à l'identique de l'homme. C'est un outil puissant utilisé par les chercheurs pour reproduire aussi fidèlement que possible les conditions réelles d'un phénomène ou d'une situation afin d'y étudier les résultats d'une action sur un élément sans réaliser l'expérience sur l'élément réel. Le développement de l'informatique a apporté un développement formidable dans la simulation numérique, aujourd'hui appliquée dans plusieurs domaines dont ceux du jeu et de la réalité virtuelle. Mais l'ordinateur a aussi influencé l'enseignement des mathématiques.

1.2.2 Les TIC et l'apprentissage des mathématiques

À l'instar des applications mathématiques, l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ont été influencés par l'évolution de la technologie. L'entrée de l'ordinateur dans la classe a suscité davantage de motivation chez les apprenants (Anderson, 2006), mais elle a changé surtout l'apprentissage de la résolution de problèmes mathématiques : la calculatrice et l'ordinateur ont permis de se dispenser des aspects calculatoires pour se consacrer davantage au raisonnement.

De nombreuses applications pédagogiques de l'ordinateur sont maintenant à la disposition des enseignants et des élèves pour aider ces derniers à acquérir de l'autonomie

dans la recherche de solutions à un problème posé. Un usage pédagogique de l'ordinateur bien connu est celui du logiciel LOGO, un langage qui a été développé dans les années 1970 par les constructivistes pour modéliser l'intégration de l'ordinateur dans l'enseignement (Karsenti, 2005). C'est un excellent langage pour débiter avec la programmation et apprendre des rudiments tels que les boucles, les tests, les procédures, etc. L'utilisateur doit déplacer un objet appelé « tortue » sur l'écran à l'aide de commandes aussi simples que « avance, recule, tourne à droite », etc. À chaque déplacement, la tortue laisse un trait derrière elle permettant ainsi de créer des dessins. Papert (1981) a montré que LOGO permet à l'enfant de converser naturellement avec l'ordinateur pour apprendre et progresser. Clements (1999) montre que l'usage modéré et régulier de logiciels tels la géométrie de la tortue améliore les performances des enfants aux tests de niveau. Cet usage prépare l'élève à bien organiser l'information, à créer un modèle et à tester la validité du modèle. Sarama et Clements (2001) ont examiné l'usage de LOGO dans la résolution de problèmes par de jeunes élèves et les stratégies d'utilisation de l'ordinateur en classe puis ont conclu que les TIC peuvent avoir plusieurs effets sur la réussite en maths selon la manière dont on les utilise. Ils soulignent le rôle de l'environnement de travail (traitement de texte, logiciel de conception, grapheur) et l'exigence d'intégration de ces technologies dans les programmes d'enseignement pour exploiter leur potentiel total grâce aux bonnes pratiques des enseignants.

De la même manière, l'utilisation du logiciel Cabri améliore considérablement l'enseignement aussi bien de notions de géométrie (Dahan, 2001 ; Genevès, 2003 ; Kuntz, 1998) que de notions d'algèbre et d'analyse (Dahan, 2002). Tournès (2003) montre comment le logiciel Cabri peut être utilisé pour présenter de façon attrayante et à la portée des élèves, des éléments importants de l'analyse numérique en s'appuyant sur des constructions géométriques, des simulations et des calculs comparatifs. Trouche (2003) s'est penché sur la compréhension de l'influence d'un outil de calcul sur la construction de la connaissance, et ce, à travers l'analyse des contraintes de l'outil. Il introduit alors le concept d'orchestration instrumentale pour expliquer comment, à travers l'utilisation de

l'outil dans la résolution de problèmes, on atteint un but didactique dans la construction de savoir chez les apprenants. Falcade, Mariotti et Laborde (2004) ont montré que l'usage de la commande *Trace* dans le logiciel de construction géométrique Cabri peut fonctionner comme un médiateur sémiotique potentiel permettant à l'élève de construire une signification de la notion de fonction comme correspondance point par point. Les chercheurs soulignent au passage le rôle de l'enseignant qui doit orienter les élèves et les guider vers la construction d'un sens mathématique spécifique.

Cette assistance de l'ordinateur dans la résolution de problèmes sera développée par la création d'autres applications analogues. Un exemple illustratif de l'apport de telles applications est donné par Abidin et Hartley (1998), dans leur étude sur l'usage de systèmes assistés par ordinateur pour l'aide à la résolution de problèmes mathématiques. Ils y montrent que le logiciel *FunctionLab* contribue largement à l'amélioration des compétences des apprenants dans la résolution de problèmes littéraux mathématiques en incitant ceux-ci à relier l'information contextuelle à un savoir construit. C'est un logiciel qui, à travers une approche investigatrice, permet à l'élève de construire un modèle dynamique représentant l'information et les relations contenues dans un problème algébrique littéral. Le modèle peut ensuite être vérifié par une exécution pas à pas, l'animation peut être arrêtée pour un diagnostic ou une réflexion, suggérant des orientations dans la résolution du problème. Ainsi l'ordinateur peut donc contribuer à la résolution de problèmes par la construction de modèle et la simulation.

Ainsi, la littérature scientifique rapporte plusieurs bienfaits de l'ordinateur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Par exemple, on y montre que l'ordinateur facilite l'apprentissage de nombreux concepts mathématiques par les élèves (Ruthven et Hennessy, 2002 ; Becta, 2003b). Dans l'enseignement des mathématiques, l'ordinateur permet :

- 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 ; en particulier, les

logiciels de géométrie permettent une représentation précise et rapide de figures géométriques, illustrant agréablement les concepts présentés (Chauvat, 2003 ; Dahan, 2001 ; Dahan, 2002). L'ordinateur permet de donner une forme tangible aux objets mathématiques dans l'enseignement secondaire (Kaput, 2007).

- de relier différents aspects (algébrique, géométrique...) d'un même concept ou d'une même situation (Dahan, 2002 ; Tournès, 2003) ce qui peut présenter un intérêt particulier dans la résolution de problèmes.
- d'explorer des situations en faisant apparaître de façon dynamique différentes configurations (Healy et De Lourdes Vaz, 2003).
- 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 de premières vérifications (Bittar, 2003).
- de se consacrer à la résolution de problèmes issus de situations courantes, alors que les calculs sont longs ou complexes, et procéder rapidement à la vérification de certains résultats obtenus.

Les résultats des recherches montrent également un déséquilibre sévère entre filles et garçons dans l'usage de la technologie : elles ont moins d'opportunités de toucher aux machines, sont en sous-effectif dans les classes utilisant les ordinateurs et sont exclues par le choix des sujets (Jarrett, 1998).

Par ailleurs, Internet a de plus en plus d'impact sur le cours de mathématiques à travers les usages suivants (Tschacher, 2003) :

- Internet comme dictionnaire ou encyclopédie à travers les multiples ressources accessibles via les moteurs de recherche ; beaucoup d'élèves accèdent à des documents complétant ou précisant le contenu d'une notion mathématique.
- Internet comme base de ressources pédagogiques pour les cours, aussi bien pour l'enseignant qui prépare son cours que pour l'élève qui apprend ses leçons ; des

ressources mises en ligne par des spécialistes ou par des pairs contribuent à enrichir le cours.

- Internet comme espace de communication pour partager des travaux, des réflexions, du matériel ou des informations avec un public intéressé ; des apprenants ou même des enseignants peuvent communiquer avec des pairs via Internet pour interagir et bénéficier d'un apprentissage collaboratif.
- Internet comme tuteur et moyen d'apprentissage à travers les didacticiels, aides et exercices interactifs accessibles ; grâce à Internet de nombreux apprenants distants ou isolés peuvent bénéficier d'une assistance et d'un encadrement décisifs dans leur formation.
- Internet comme boîte à curiosités, avec plein d'informations singulières : c'est une banque de ressources variées et parfois très inattendues qui peuvent donner des idées ou de l'inspiration.

Li (2006) a montré que dans une formation d'enseignants de mathématiques, des discussions en ligne ont permis à ceux-ci de se libérer et s'exprimer plus hardiment, de s'appropriier les sujets d'échanges à travers des investigations leur permettant des remises en question débouchant sur un apprentissage certain. Elles complètent idéalement les séances présentiels en les prolongeant et en palliant leurs insuffisances. Il faudra pour leur efficacité veiller à répartir les participants dans des groupes à effectifs raisonnables, bien organiser les contributions en thèmes et sujets, et ne pas s'opposer aux digressions qui renforcent plutôt l'appartenance à une communauté.

On peut donc conclure que les TIC contribuent dans une large mesure à améliorer l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques, plus précisément elles facilitent et renforcent l'acquisition de connaissances mathématiques.

1.2.3. L'usage des TIC dans l'enseignement des mathématiques au Burkina Faso

Le Burkina Faso est un pays sahélien enclavé d'Afrique de l'Ouest, dont le PIB est 4,181 milliards de dollars US avec une croissance démographique de 2,82%. Les derniers chiffres publiés par la Délégation Générale à l'Informatique (DELGI), organe de pilotage de la politique nationale de développement des TIC, indiquaient en 2002 un parc national de 15 000 ordinateurs ; mais on peut estimer aujourd'hui que ce chiffre a dépassé 100 000 car en 2005 le projet Worldlinks-Burkina Faso affirmait l'existence de salles équipées d'ordinateurs dans 60 établissements scolaires du pays. De plus, le nombre de cybercafés estimé par la DELGI à 150 en 2002, a largement augmenté aussi bien au niveau du nombre par ville que du nombre de villes concernées. Néanmoins le taux d'accès aux TIC reste très faible par rapport au niveau mondial de développement de l'infrastructure technologique. Par conséquent, la politique nationale d'intégration des TIC à l'éducation se limite au développement de l'infrastructure, aucune utilisation formelle dans l'enseignement ou l'apprentissage n'étant explicitement préconisée. Cependant des usages isolés sont observés dans les établissements bénéficiant d'un accès à l'ordinateur, ou mieux encore, à l'Internet. Barry (2004) a observé chez des enseignants de mathématiques du pays, l'usage de logiciels pédagogiques tels Cabri-Géomètre, Geoplan et Geospace ainsi que leurs didacticiels intégrés que sont Homoth et Intersep. En raison des difficultés et disparités dans l'accès aux équipements, l'utilisation de ces logiciels n'est pas systématique en classe, elle se fait plutôt de façon informelle et personnelle, mais en rapport avec le travail scolaire.

Ce contexte d'utilisation se démarque totalement de celui des expériences et études citées ici et peut y poser la question de la validité des résultats observés. En effet, cet usage informel des logiciels implique parfois une autoformation où l'utilisateur apprend en autonomie, soit avec l'aide d'un didacticiel, soit par tâtonnement, soit à travers des échanges avec des pairs.

1.2.4 Le concept de compétence

Les programmes de l'enseignement mathématique au second cycle du secondaire visent en général l'acquisition de connaissances et d'habiletés exprimées en termes de compétences chez l'apprenant¹. Les enseignants de mathématiques définissent la compétence en termes de capacité à acquérir au cours de l'apprentissage, et l'évaluent à travers une quête de savoir et de savoir-faire. Cette vision de la compétence l'affaiblit et nos élèves ont ainsi peu d'occasion de faire preuve de leur savoir-agir en se retrouvant confrontés à des situations inédites. Mais la définition de la compétence ne peut ignorer le contenu que les entreprises et organisations donnent à ce concept. On dira ainsi qu'une personne sait agir avec compétence si elle sait combiner et mobiliser un ensemble de ressources pertinentes pour gérer avec autonomie un ensemble de situations professionnelles afin de produire des résultats satisfaisant à certains critères de performance pour un destinataire (Le Boterf, 2000).

Mais la compétence est aussi un processus par lequel la personne construit ou adapte la méthode de travail appropriée à la singularité du cas à traiter et agit avec autonomie. Son apprentissage passe par le moment de l'expérience vécue, celui de l'explicitation, celui de la conceptualisation et de la modélisation, et celui du transfert ou de la transposition à de nouvelles situations (Le Boterf, 2000). C'est pourquoi les enseignants de mathématiques sont encouragés à varier les situations qu'ils proposent à leurs élèves pour leur poser des problèmes à résoudre. Dans la pratique quotidienne, on accroîtra la réussite du transfert si on donne toujours aux apprenants l'occasion de vivre une expérience mettant en œuvre la compétence à acquérir et en leur accordant le temps de l'explicitation avant de les accompagner dans la modélisation et la conceptualisation. Les formidables capacités de l'ordinateur en modélisation et simulation pourraient permettre d'offrir aux

¹ Direction des Inspections et de la Formation des Personnels de l'Éducation (Burkina Faso). *Programmes de mathématiques : secondes premières terminales, juin 1991.*

apprenants des situations très variées participant à leur apprentissage du transfert des compétences. Cet outil permettra de juger de la capacité de l'élève à s'adapter à une situation inédite et à réinvestir les acquis obtenus dans les moments précédents l'apprentissage, en lui proposant des situations virtuelles adéquates que l'enseignement aurait du mal à trouver autrement. Mais l'entrée de la technologie dans la classe n'est pas une nouveauté en soi.

1.3 Le problème de recherche

L'éducation en Afrique souffre de beaucoup d'insuffisances, dont le manque d'enseignants et d'infrastructure adéquate. L'enseignement des mathématiques y souffre encore plus de sa difficile approche et sa grande sélectivité. Ses défauts sont aggravés par le reproche que lui font ses détracteurs de former des apprenants qui ne savent pas transférer leurs connaissances dans la résolution des problèmes pratiques de leur vie courante (Perrenoud, 1998). Si les études menées sur la contribution de la technologie au développement des compétences en résolution de problèmes ont révélé des résultats pleins d'espoir, elles proviennent presque exclusivement des pays développés. Le retard technologique des pays africains ne permet pas d'y envisager une application à grande échelle des résultats observés dans les études menées, mais leur contexte pourrait receler bien des innovations. En effet, les tentatives isolées d'introduction de l'ordinateur dans l'enseignement et son entrée informelle à l'école ont permis à des enseignants de s'intéresser aux avantages que leur pratique pédagogique pourrait tirer de cet outil. Une tendance à l'adaptation, dans leur contexte, des applications permettant de développer chez l'apprenant une approche expérimentale des mathématiques se fait sentir chez les enseignants et les élèves dont chacun tente de tirer le meilleur parti de l'outil auquel il a accès, soit isolément soit au sein d'un petit groupe.

Quels enseignements pourrait-on tirer de ces tentatives isolées ? Les écrits traitent très peu de ces expériences liées au contexte africain. L'introduction de l'ordinateur dans

l'éducation en Afrique vise en priorité le niveau secondaire. Les enseignants de mathématiques utilisant ces outils dans l'enseignement secondaire y trouvent un impact favorable à l'accroissement des apprentissages (Barry, 2004) mais on ne trouve pas d'écrit sur leurs pratiques. Le Burkina Faso, dont l'enseignement souffre du manque d'enseignants de mathématiques, lacune que les autorités tentent de combler en faisant appel à des enseignants n'ayant pas une formation adéquate, peut-il donner plus de sens aux contenus mathématiques qui y sont enseignés par l'apport des TIC ? Le caractère innovant de l'intégration des technologies peut-il contribuer au besoin de rapprocher l'enseignement des mathématiques des réalités quotidiennes des apprenants ?

Les pays développés mettent à contribution les capacités de simulation de l'ordinateur à travers des applications telles *MicroWorld Project Builder* pour inciter à leurs apprenants à une modélisation mathématique de situations de la vie. Des applications informatiques telles *FunctionLab* permettent à l'apprenant de lier l'information contextuelle à un savoir construit (Abidin et Hartley, 1998) et améliorent ainsi sa capacité à résoudre des problèmes. Le développement de l'Internet a permis à la formation à distance de connaître un essor exceptionnel. Des plates-formes spécialisées permettent à des enseignants de former et tester à distance des apprenants sur des problèmes divers. Élèves et enseignants trouvent sur la toile des ressources libres leur permettant de travailler en autonomie dans le domaine de leur choix. Comment ces outils sont-ils utilisés par les enseignants et quel est leur rapport au développement des compétences des apprenants burkinabé en résolution de problèmes ? L'intégration des TIC dans les pratiques pédagogiques des enseignants de mathématiques favorise-t-elle une meilleure aptitude des apprenants à transférer leurs acquisitions mathématiques dans la résolution des problèmes de leur vie quotidienne ?

1.4 La question de recherche

Des enseignants de mathématiques du Burkina Faso utilisent ou font utiliser par leurs élèves des applications d'aide à l'apprentissage mathématique telles Cabri Géomètre, GeoplanW et GeospacW (Barry, 2004). Mais quels enseignements peut-on tirer de cette utilisation marginale de tels outils ? En particulier, il paraît important de savoir si les élèves tirent quelque avantage de l'initiation de leurs enseignants aux TIC. La question de la contribution des TIC au développement des compétences en résolution des problèmes mathématiques paraît digne d'être posée dans un contexte africain et conduit à l'examen de la question générale suivante :

Quel lien y a-t-il entre l'utilisation des TIC par les enseignants et les élèves de mathématiques du secondaire du Burkina Faso et le développement des compétences des apprenants en résolution de problèmes ?

Le but de cette recherche est d'investiguer les rapports éventuels entre l'utilisation des TIC par les élèves et les enseignants de mathématiques du Burkina Faso et les compétences que les élèves présentent en résolution de problèmes. Elle étudiera la question posée s'attachant particulièrement à :

- Identifier des rapports entre les types d'utilisations des TIC par les élèves du Burkina Faso pour leur apprentissage des mathématiques
- Identifier des rapports entre l'utilisation des TIC par les élèves et leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques.
- Identifier des rapports éventuels entre l'utilisation de logiciels mathématiques par les enseignants et les compétences de leurs élèves en résolution de problèmes mathématiques.

1.5 La pertinence de la question

À un moment où le continent africain cherche à développer son accès aux TIC pour renforcer son engagement dans la voie du développement, améliorer la qualité et l'étendue de son éducation, il paraît important de connaître les enseignements des usages éprouvés dans son contexte. Le contexte d'utilisation des TIC pour l'enseignement ou l'apprentissage au Burkina Faso diffère beaucoup de ceux dans lesquels ont pu être observés des effets avantageux, ce qui pourrait inciter à annoncer déjà des résultats décevants pour l'étude envisagée. En effet, le contexte burkinabé est caractérisé par un accès difficile aux TIC dû au manque d'équipement informatique ou à sa vétusté, une bande passante étroite pour l'accès à Internet et de fréquentes pannes d'électricité ou de réseau, un manque d'assistance pour les usagers. Par contre, dans les pays tels ceux de l'Occident où on observe une intégration pédagogique des TIC, apprenants et enseignants ont un accès régulier et souvent encadré à l'équipement informatique et à Internet en milieu scolaire, souvent à domicile aussi. Cependant, on pourrait observer que des effets positifs de l'usage des TIC ont pu être observés dans des contextes analogues à celui du Burkina Faso (Karsenti, Collin et Harper-Merrett, 2011), laissant penser que ce contexte défavorable peut receler quelques enseignements intéressants. Le renforcement de l'enseignement des mathématiques passe par une bonne connaissance des solutions empiriques aux problèmes qu'il rencontre. Le premier intérêt de cette étude sera de fournir des éléments qui pourraient éventuellement contribuer à orienter la formation des enseignants aux TIC et à apprécier l'utilité de renforcer leur accès aux TIC. Au moment où les enseignants africains réclament une amélioration de leur accès aux TIC, on constate une rareté d'études sur le sujet dans leur contexte. Cette étude pourrait contribuer à combler ce manque en apportant des informations sur la réalité des TIC dans les établissements secondaires du Burkina Faso. Par ailleurs, l'étude permettra de fournir des données sur des pratiques pédagogiques d'intérêt pour le développement de l'enseignement des mathématiques au Burkina Faso et en Afrique. Les spécificités du contexte africain sont souvent une entrave pour y appliquer

des modèles ou solutions éprouvés dans des contextes différents. En plus, ce contexte différent peut nourrir le développement d'innovations pédagogiques importantes pour les connaissances en sciences de l'éducation en matière de résolution de problèmes.

L'étude contribuera également à renforcer les informations scientifiques sur l'utilisation des TIC pour l'apprentissage en Afrique. En effet, la plupart des écrits actuellement disponibles sur le contexte africain sont consacrés plus à l'état des lieux des technologies dans l'éducation ou à la formation à distance. Les nombreuses études sur l'utilisation des technologies en éducation proviennent surtout des pays du Nord et développent sur la méthodologie et l'efficacité de différents usages de la technologie comme outil d'aide à l'apprentissage mathématique. Mais ces études se réfèrent en général à un contexte où élèves et enseignants disposent d'une certaine infrastructure faisant défaut souvent en Afrique. Cette étude contribuera à renforcer ces connaissances par un apport d'informations tirées du contexte africain et basées sur une utilisation marginale de la technologie.

L'intérêt accordé à l'usage des TIC dans l'enseignement et l'apprentissage est en général en rapport avec un usage formel où souvent l'enseignant est un facilitateur encadrant l'apprentissage des élèves via la technologie. Dans le contexte africain, les rares enseignants ayant accès aux TIC tentent d'en tirer un avantage pour leur enseignement, pendant que de leur côté les élèves y ayant accès tentent d'en tirer un avantage pour leur apprentissage, tout cela de façon intuitive et non encadrée. Ils ont tous conscience du potentiel que recèle l'accès aux TIC pour un acteur de l'éducation, mais ne s'inscrivent pas dans les schémas où ces avantages sont avérés.

L'apprentissage mathématique est de plus en plus tourné vers une approche par compétences et les compétences en résolution de problèmes présentent un intérêt particulièrement important. Le chapitre suivant suggère un recensement des écrits sur la résolution de problèmes et le développement des compétences qui aidera à mieux aborder le sujet.

Chapitre 2

Cadre théorique

Introduction

Ce chapitre fait l'état des lieux des concepts-clés de l'étude à travers une recension d'écrits. Le problème qui sous-tend notre recherche fait appel au concept de résolution de problèmes, particulièrement en mathématiques, et au développement de compétences. Mais il fait également appel au concept de TIC en relation avec les deux précédents. Cette recension permettra de fixer les objectifs et hypothèses de la recherche.

2.1 La résolution de problèmes en mathématiques

L'activité des élèves en mathématiques semble liée à des résolutions de problèmes ou d'exercices. La notion de problème est à la base de cette activité et permet d'examiner les processus inhérents à cette activité et les stratégies contribuant à sa réussite. Les raisons qui sous-tendent cette activité en mathématiques et les types de problèmes qui y sont traités retiendront notre attention.

2.1.1 Qu'est-ce qu'un problème ?

Dans le langage courant, on entend généralement par problème toute difficulté ou préoccupation qui se pose à un sujet. Ainsi le dictionnaire Petit Larousse illustré (2008, p. 823) définit le problème comme une « question à résoudre par des méthodes logiques, rationnelles, dans le domaine scientifique », mais aussi comme un exercice scolaire ou une difficulté. Cette définition exclut l'existence de problème en dehors des sciences, ce qui en fait une vision trop restrictive. La psychologie cognitive a beaucoup contribué à la compréhension de la résolution de problèmes et donne du problème les trois caractéristiques que nous rappelons ici : l'état initial, l'état final et les obstacles (Matlin, 2001 ; Poissant, Poëllhuber et Falardeau, 1994). Cette caractérisation plus globale n'insiste plus sur la présence d'une question, mais sur deux états distincts qu'il faut rallier en

surmontant des obstacles. Le domaine n'a plus d'importance, un problème pouvant se poser dans tous les contextes. Cette définition est plus rigoureuse dans la mesure où elle donne les éléments précis dont la connaissance détermine le problème. Elle recouvre aussi bien des problèmes intellectuels tels que ceux de mathématique, de physique ou autre science, que ceux de la vie quotidienne.

Mais il faudrait distinguer le problème du scientifique de l'exercice scolaire de l'élève ; le problème que se pose le scientifique est remarquable par son caractère aventureux : il est généralement ouvert avec une formulation imprécise et l'existence d'une solution est incertaine (Glaeser, 1973 ; Johsua et Dupin, 1993). Il apparaît qu'aux examens et concours aussi bien que dans les manuels scolaires, on ne propose pratiquement jamais des vrais problèmes, c'est-à-dire des énoncés s'ouvrant sur une véritable investigation. Il est vrai que les problèmes scolaires sont généralement « prédigérés » et retenus pour leur rapport à l'apprentissage : problème d'application, problème thématique, problème de recherche, etc. De façon générale, on parlera de problème lorsqu'on est dans une « situation où ne sont pas disponibles des automatismes pour s'y confronter, et où l'élaboration d'une stratégie de résolution apparaît nécessaire » (Johsua et Dupin, 1993, p. 75). C'est dire qu'il y a problème lorsqu'on est dans une situation où ne peut pas produire automatiquement une réponse adaptée à une certaine demande. On parle alors de situation-problème caractérisée par la situation initiale, le but à atteindre et les actions permises, caractéristiques qui définissent un espace du problème. Le problème de l'élève autant que celui du chercheur répondent tous à cette caractérisation, mais on peut distinguer trois aspects fondamentaux les différenciant : le problème scolaire a déjà été résolu par d'autres contrairement à celui du mathématicien, il doit être traité dans un temps limité et est dénaturé pour répondre à des besoins pédagogiques, alors que celui du mathématicien est une véritable aventure visant une meilleure compréhension du monde mathématique (Mathieu, 2005).

2.1.2 Les processus de la résolution de problèmes

La caractérisation du problème nous suggère que sa résolution est le passage de l'état initial à l'état final. C'est le processus cognitif visant à transformer la situation donnée en une situation désirée, et ce, en l'absence de toute méthode évidente de résolution pour celui qui le résout (Mayer, 1990 ; Baker et Mayer, 1999 ; Matlin, 2001). Un problème existe quand un sujet a un but, mais ne sait comment l'atteindre (Baker et Mayer, 1999 ; Lemaire, 1999); la résolution du problème est l'activité mentale visant à lui trouver une solution. C'est une activité cognitive (Baker et Mayer, 1999) à la base de processus, orientée et personnelle. La psychologie cognitive l'a abordée selon au moins deux approches : la perspective gestaltiste (école allemande) et la perspective de traitement de l'information (école américaine) (Lemaire, 1999). L'approche gestaltiste a la particularité d'éclairer sur les processus inhérents à la résolution de problèmes (Lemaire, 1999).

2.1.2.1 L'approche gestaltiste

La résolution de problèmes nous situe dans le domaine de l'heuristique, qui se définit comme « la science ou l'art de la recherche et de l'invention. Elle s'efforce de répondre à la question : comment procède-t-on pour résoudre des problèmes ? » (Glaeser, 1973, p. 23). Selon les gestaltistes, elle semble suivre une maturation inconsciente de la pensée débouchant sur une illumination à partir de laquelle les fruits de l'inspiration pourront être mis en ordre. Cette vision de la résolution de problèmes comme une activité perceptive a été développée à travers des travaux et études qui ont largement contribué à une meilleure compréhension de la résolution de problèmes.

Selon Wallas (1926), la résolution de problèmes se réalise à travers cinq étapes dont les quatre majeures sont : la préparation, l'incubation, l'illumination et la vérification (Lemaire, 1999).

- La préparation : c'est l'étape cruciale pendant laquelle le sujet reconnaît l'existence du problème, c'est-à-dire prend conscience de la différence entre la situation actuelle et la situation désirée. Cette étape est nécessaire à l'apparition de la volonté de résoudre le problème et procède par une appropriation du problème.
- L'incubation : c'est la phase au cours de laquelle, après quelques tentatives de résolution vaines suite à la volonté de résoudre le problème, le sujet met de côté le problème et arrête de mener une recherche consciente de solution. Pendant cette phase, il mène une recherche inconsciente qui prépare l'étape suivante. Durant cette phase, certains aspects du problème (qui n'avaient pas été perçus) émergent et prennent une importance nouvelle.
- L'illumination : après un certain temps de mise à l'écart du problème, le sujet reprend une recherche consciente de solution et reçoit un insight, c'est-à-dire une illumination : l'apparition soudaine d'une solution du problème.
- La vérification : c'est la dernière étape, consacrée à la vérification qui confirme et valide la solution apparue au cours de l'illumination.

Cette approche présente beaucoup de limites dont celle de faire dépendre la résolution de problèmes d'un processus inconscient qui ne saurait être reproduit artificiellement, et le caractère discontinu de la suite de processus identifiés. De plus, la description de certains processus reste imprécise, comme celle de l'incubation, rendant difficile leur mise à l'épreuve expérimentale. Néanmoins, les travaux expérimentaux menés sur cette approche ont produit des résultats pleins d'enseignements qui, sans confirmer la mise en œuvre des processus indiqués dans la résolution de problèmes, mettent en évidence des phénomènes importants (Lemaire, 1999).

2.1.2.2 L'approche de traitement de l'information

Les psychologues s'inspirant des théories de traitement de l'information lient les processus de résolution de problèmes à la typologie de la situation problème traitée. Ils

distinguent les problèmes bien définis, c'est-à-dire les problèmes dont la situation de départ et le but final sont clairement énoncés, des problèmes mal définis dont l'état initial et l'état final ne sont que partiellement spécifiés (Lemaire, 1999). Les processus que Greeno (1991) identifie dans la résolution de problèmes sont donnés suivant trois grandes catégories de problèmes (Lemaire, 1999 ; Poissant, Poëllhuber et Falardeau, 1994) : les problèmes d'induction de structure, les problèmes de transformation et les problèmes de configuration.

Les problèmes d'induction de structure sont ceux, tels la formation de concept et le raisonnement analogique, dont la résolution exige du sujet l'induction d'une structure, d'une règle s'appuyant sur un point commun entre des informations données. En général, les éléments du problème sont connus et il s'agit de découvrir la relation entre eux (elle est fixe). Pour ces problèmes, Lemaire (1999) cite trois processus identifiés par Pellegrino (1985) :

- L'encodage qui permet d'extraire les caractéristiques des items à traiter par activation sémantique (matériel verbal) ou décomposition (matériel pictural);
- La comparaison au cours de laquelle le sujet compare les attributs encodés;
- La sélection-évaluation qui permet de déterminer la meilleure réponse parmi plusieurs possibles.

La mise en œuvre de ces processus exige des habiletés d'analyse dimensionnelle mais aussi de raisonnement logique et la capacité de faire des inférences (Poissant et al., 1994). On retiendra que ce type de problèmes est souvent proposé dans les classes du second cycle du secondaire à travers des données exigeant de l'élève l'induction d'une formule de récurrence permettant d'accéder à la solution du problème.

Les problèmes de transformation sont ceux qui, tels celui de la Tour de Hanoi² ou encore celui des cannibales et des missionnaires³, exigent du sujet de trouver une succession d'opérations transformant leur état initial en leur état final, les deux états étant clairement définis. Leur résolution comporte les trois processus suivants (Karat, 1982 ; voir aussi Lemaire, 1999) :

- Exécution : il vérifie si une opération autorisée est activée, sinon fait appel au processus suivant;
- Proposition : analyse l'état du problème pour proposer une stratégie d'évolution;
- Évaluation : évalue la validité et l'efficacité du déplacement proposé.

La recherche sur cette catégorie de problèmes a permis de mettre en évidence diverses stratégies de résolution de problèmes telles l'analyse des moyens et des fins, la représentation du problème, la fixation de sous-objectifs, le raisonnement par analogie (Newell et Simon, 1972 ; Poissant et al., 1994). Pour cette recherche, on retiendra que ce type de problèmes est proposé au lycée à travers des comparaisons de grandeurs ou des changements de repère.

2.1.2.2.3. Les problèmes de configuration (ou d'arrangement)

Ce sont des problèmes, tels les problèmes d'anagramme ou de scrabble, dans lesquels « le sujet doit arranger certains éléments selon un critère préalablement établi » (Lemaire, 1999, p. 282). En général, ces problèmes sont moins complexes que ceux de transformation et ont de grandes possibilités de solutions, le réarrangement donnant une

² Problème de la Tour de Hanoi : 64 disques sont empilés, la plus large à la base et de plus en plus étroit jusqu'au sommet, comment les déplacer de la tour de départ vers une troisième en passant par une tour intermédiaire, en un minimum de coups sous les contraintes suivantes : on ne peut déplacer qu'un disque à la fois, et on ne peut placer un disque que sur un autre plus large que lui ou sur un emplacement vide.

³ Problème des cannibales et des missionnaires : comment faire passer de l'autre côté d'une rivière infestée de crocodiles, trois cannibales et trois missionnaires, sachant qu'ils ne disposent que d'une pirogue pouvant prendre seulement une ou deux personnes à la fois, et que si les cannibales se retrouvent en nombre supérieur sur une rive, ils mangent les missionnaires.

solution se faisant de façon assez soudaine grâce à l'insight (Poissant et al., 1994). Leur résolution exige quatre habiletés citées par Reed (Poissant et al., 1994) pour résoudre ce type de problème : a) la créativité dans la façon de voir le problème et d'en envisager des solutions ; b) la flexibilité dans l'examen des solutions ; c) la capacité à limiter les recherches de manière stratégique ; d) la bonne mémorisation des schémas de solution éprouvés.

Ce type de problème est généralement rencontré au lycée en géométrie ou dans les problèmes verbaux. Cependant, les problèmes scolaires autant que ceux de la vie quotidienne sont rarement des cas purs de l'un des types présentés, ce sont plutôt en général des mélanges à divers degrés de deux ou même des trois types de problème (Poissant et al., 1994).

2.1.3 Les stratégies de résolution de problèmes

Des différentes approches proposées à travers les écrits sur la résolution de problèmes, nous retiendrons deux étapes essentielles : la représentation du problème et la recherche de solution. Le succès d'un sujet face à un problème à résoudre est lié aux stratégies qu'il adopte pour sa résolution. Ces stratégies s'appuient avant tout sur une bonne compréhension donc une bonne représentation du problème

2.1.3.1 La représentation du problème

Pour être résolu, un problème doit d'abord être bien compris par le sujet. Cette compréhension du problème est l'élaboration d'une représentation interne et requiert trois qualités proposées par Greeno (Johsua et Dupin, 1993 ; Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001) pour favoriser l'efficacité et la précision des raisonnements ultérieurs :

- la cohérence : tous les éléments de la représentation doivent former une entité qui conserve leurs relations ;

- la mise en correspondance : la représentation interne et le matériel d'origine doivent correspondre parfaitement ;
- la relation aux connaissances préexistantes : une relation doit être établie entre le matériel d'origine et les connaissances préexistantes du sujet.

La construction de la représentation du problème comporte alors deux phases essentielles : la fixation de l'attention sur les informations pertinentes (prise de décision et attention) et le choix des méthodes de représentation du problème (à l'aide de symboles, d'inventaires, de matrices, de diagrammes en arborescence, de graphiques et d'images visuelles) (Matlin, 2001).

La satisfaction des conditions de Greeno (1991) passe par trois processus lors de la construction de la représentation que le sujet se fait du problème (Julo, 1995) :

- L'interprétation et la sélection : les données du problème sont un ensemble d'éléments formant un contexte sémantique que le sujet interprète en opérant une sélection. La représentation obtenue doit refléter les données et la tâche à réaliser pour assurer une bonne orientation de la recherche de solution. Ce processus contribue à la cohérence de la représentation et sa mise en correspondance.
- La structuration : la représentation apparaît comme un ensemble structuré qui a sa propre logique de fonctionnement, l'interprétation que l'on fait du contexte sémantique conduisant à une contrainte très forte au niveau de l'objet du problème et de la tâche ; l'accès à une solution passe parfois par une remise en cause de la structure et une restructuration moins contraignante.
- L'opérationnalisation : pour atteindre son but le sujet a besoin d'une représentation qui permet ou facilite le passage à l'action.

La relation aux connaissances préexistantes peut orienter judicieusement la restructuration et rendre plus opérationnelle la représentation du problème

2.1.3.2 La recherche de solution

La compréhension du problème permet de dégager un espace-problème, c'est-à-dire un ensemble de choix auxquels le sujet est confronté à chaque étape de la résolution du problème, dans lequel il faut évaluer les stratégies qui permettront de le traiter. Il y en a deux principales : les algorithmes et les heuristiques (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001).

Un algorithme est une règle ou une séquence d'actions qui garantissent de parvenir à une solution correcte après un temps suffisant d'application correcte (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001). Par exemple une recherche exhaustive (test de toutes les solutions possibles) est un algorithme qui peut être appliqué dans les problèmes d'anagrammes. Selon Matlin (2001), la plupart des algorithmes sont inefficaces et peu élaborés, ce qui peut être une raison de l'abondance de recherches sur les heuristiques plutôt. Cependant, à la différence des problèmes généraux, les problèmes de l'analyse numérique ont permis le développement d'algorithmes efficaces et puissants que le développement de l'informatique a mis en valeur. Par ailleurs, l'utilisation d'algorithme, quelque complexe qu'il soit, n'est pas considérée par certains auteurs comme une activité de résolution de problèmes (Wilson, Fernandez et Hadaway, 1993) ; c'est plutôt le processus de création d'algorithme et sa généralisation qui relèverait de la résolution de problèmes. Il n'en demeure pas moins que les algorithmes font bien partie de l'arsenal d'outils auxquels peut recourir un sujet, particulièrement en mathématiques, face à un problème à résoudre.

Les heuristiques sont des méthodes empiriques basées sur la recherche sélective dans l'espace-problème d'éléments susceptibles de dégager une solution. Règles ou techniques, ce sont des informations plausibles permettant des prises de décisions dans la résolution de problèmes mais donnant rarement une orientation infaillible et donc un résultat incertain (Wilson et al., 1993). Voici quelques exemples d'heuristiques courants :

- La recherche arrière : elle identifie la situation finale et la situation initiale du problème puis tente de remonter à la situation initiale en partant de la situation

finale (Lemaire, 1999). Cette heuristique qui peut faciliter l'accès à la solution ou mettre en évidence des sous-buts faciles à atteindre ne peut être utilisée que pour des problèmes dont le but est clairement défini.

- L'heuristique fins-moyens : stratégie la plus fréquemment utilisée dans la résolution de problèmes (Stilling et al., 1995 ; Sweller et Levine, 1982 ; Matlin, 2001) l'heuristique fins-moyens divise en premier lieu le problème en un certain nombre de sous-problèmes (plus restreints) puis en second lieu, essaie de réduire la différence entre l'état initial et l'état final pour chaque sous-problème. Il s'agit donc d'une démarche récursive qui identifie des buts intermédiaires à atteindre et les stratégies optimales pour les atteindre (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001 ; Poissant et al., 1994). Newell et Simon (1972) ont développé sur cette base un programme informatique de simulation, appelé Résolution générale de problèmes (General Problem Solver, GPS) qui résout un problème en quatre étapes de traitement : la représentation du problème, la recherche et sélection d'un ou des opérateurs, la mise en œuvre de l'opérateur sélectionné, l'évaluation du résultat obtenu (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001).
- L'analogie : elle procède par un transfert d'une solution à un problème précédent (problème-source) pour la réutiliser dans le problème actuel (problème-cible) en cherchant les similitudes entre les deux problèmes (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001 ; Poissant et al., 1994). Cette heuristique comporte le risque d'être plus portée sur des similitudes de surface au détriment de similitudes de structure entre le problème-source et le problème-cible ; mais Novick (1988) a montré que les sujets experts en mathématiques sont plus aptes à établir des analogies avec des problème-sources dont les traits de structures se ressemblent (Matlin, 2001). Un traitement actif du problème-source peut être favorisé par les conditions suivantes : une demande aux sujets de comparer deux ou plusieurs problèmes aux traits de surfaces différents, la confrontation

préalable des sujets à de nombreux problèmes de la même structure, un effort des sujets pour résoudre le problème source au-delà de son étude (Matlin, 2001).

La résolution d'un problème peut requérir l'usage de l'une de ces stratégies ou la combinaison de plusieurs d'entre elles. Dans la pratique, l'observation de leur mise en œuvre exige du temps et des conditions non disponibles dans la présente étude.

2.1.4. Les défis de la résolution de problèmes

La facilité avec laquelle un sujet pourra résoudre un problème dépend de divers éléments dont fondamentalement la représentation qu'il en fera. En effet, une représentation adéquate du problème peut faciliter sa résolution et constitue une grande différence entre le sujet expert et le novice (Johsua et Dupin, 1993 ; Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001). Les défis d'un sujet face à un problème à résoudre sont d'une part, de mobiliser des ressources qui caractérisent l'expert, d'autre part, de surmonter des obstacles rendant plus difficile cette activité.

2.1.4.1. L'expertise

Un expert est un sujet qui réalise des performances d'un niveau très élevé dans certaines tâches, grâce à des connaissances spécifiques acquises dans un domaine particulier (Ericsson et Lehmann, 1996 ; voir aussi Matlin, 2001). Il se distingue donc du novice par sa riche base de connaissances lui permettant de comprendre un sujet et d'en élaborer une représentation adéquate. L'expert a une plus grande mémoire que le novice des informations qui relèvent de son domaine d'expertise et tend à élaborer une représentation privilégiant les traits de structures pendant que le novice s'attache aux caractéristiques de surface. De plus, il a un bon recours à l'heuristique fins-moyens et sait organiser sa stratégie par l'élaboration préalable d'un plan général cohérent et efficace de résolution du problème. L'expert est plus rapide dans sa résolution de problèmes, car capable de mettre en œuvre un traitement parallèle (qui intègre plusieurs items à la fois) au

lieu d'un traitement sériel (un item à la fois) et peut mieux contrôler sa démarche de résolution (Matlin, 2001).

2.1.4.2. Les obstacles à la résolution de problèmes

Doornekamp (2001) a observé que le type de problème et le matériel utilisé pour la résolution peuvent être déterminants. Il a conclu que la résolution des problèmes de construction, qui sont plutôt des problèmes ouverts, exigeait l'utilisation d'heuristiques tandis que celle des problèmes d'explication, qui sont des problèmes avec contraintes, se prêtait beaucoup plus à l'utilisation d'algorithmes avec une approche plus structurée. Certains éléments peuvent rendre plus difficile la résolution de problèmes, notamment la fixité fonctionnelle et la mécanisation de la pensée (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001).

La fixité fonctionnelle se rapporte à la manière dont le sujet pense aux objets, à la possibilité de les utiliser de façon inhabituelle ; elle signifie une difficulté à varier les usages assignés aux objets (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001). Cette difficulté à envisager un usage inhabituel d'un objet peut éloigner le sujet de la solution du problème.

La mécanisation de la pensée, ou ancrage dans un contexte, est la tendance à recourir à une analogie avec d'autres problèmes pour résoudre un problème se prêtant à d'autres stratégies plus pertinentes, obéissant à une sorte de rigidité automatique qui empêche une résolution efficace du problème (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001).

2.1.5 Les problèmes en mathématiques

La résolution de problèmes prend une importance particulière en mathématiques où elle semble être une activité essentielle. Les mathématiques apparaissent à de nombreux usagers comme synonymes de résolution de problèmes : l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques semblent avoir pour but principal de développer chez l'apprenant la capacité à résoudre une large variété de problèmes complexes (Wilson et al., 1993).

2.1.5.1. Caractérisation des problèmes en mathématiques

Wertz (2005, p.17) reprend les cinq caractéristiques principales d'un problème de mathématique selon Fabre (1999) et Astolfi (1997) : « il doit être d'une relative complexité, mettre en jeu plusieurs compétences, être tel que la solution n'est pas immédiatement disponible, exiger de la part de l'étudiant mobilisation et initiative et se fonder sur une difficulté objective concernant le savoir à construire ». Polya (1965) distingue l'exercice algorithmique du vrai problème mathématique (Allen et Carifio, 1999), par quatre activités cognitives majeures développées au cours de la résolution de ce dernier :

- La mobilisation : après avoir pris connaissance de l'énoncé, le sujet reconnaît des aspects familiers et rassemble dans sa mémoire des éléments d'information relative au problème (problèmes analogues déjà résolus, théorèmes, définitions).
- L'organisation : c'est le processus de construction de connexions entre les éléments d'information remémorés et le problème ; le sujet peut rajouter des détails supplémentaires au problème ou réarranger tout ou partie des composants du problème en accordant plus ou moins d'importance à certains éléments.
- L'isolation : le sujet isole un détail spécifique pour l'examiner, morcelle le problème par l'heuristique fins-moyens.
- La combinaison : c'est le processus de réassemblage des éléments d'une nouvelle manière plus harmonieuse, donnant un nouveau point de vue du problème.

Mais au-delà de sa complexité, le problème mathématique peut aussi être caractérisé par le recours à une base de connaissances mathématiques pour sa résolution. Dans le cadre de la présente étude, cette base sera constituée des contenus visés par les programmes de mathématiques de l'enseignement primaire et du premier cycle de l'enseignement secondaire du Burkina Faso.

2.1.5.2 Pourquoi résoudre des problèmes en mathématiques

Les problèmes sont présents partout en mathématiques avec un intérêt varié. Avant tout, la résolution de problèmes fait partie intégrante des mathématiques : savoir faire des mathématiques ne saurait se concevoir sans résoudre des problèmes (Wilson et al., 1993). Si le mathématicien confirmé se préoccupe de la résolution de problèmes pour une meilleure compréhension de notre monde, l'apprenant traite plutôt des problèmes formateurs. Ainsi tous les curricula semblent orienter l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques vers la préparation des apprenants à la résolution de divers problèmes, notamment ceux de la vie courante. À l'école, la résolution de problèmes prend un intérêt et un but pédagogiques car elle est pour les élèves un moyen, non seulement de construire et de s'approprier des connaissances mathématiques, mais aussi de leur donner du sens. L'art de résoudre des problèmes est essentiel à la compréhension et à l'appréciation des mathématiques dont il devrait en être un objectif d'enseignement. De nombreux problèmes consistent en une résolution mathématique de problèmes posés dans d'autres disciplines ou domaines (Julo, 1995 ; Wilson et al., 1993).

Une autre raison de l'usage de la résolution de problèmes en mathématiques est sa capacité intrinsèque de mobilisation qui est exploitée à l'école pour stimuler l'intérêt et l'enthousiasme des apprenants (Wilson et al., 1993). De la même manière, des problèmes mathématiques prennent un aspect ludique permettant des récréations largement partagées. Ces multiples intérêts de la résolution de problèmes en mathématiques conduisent à un examen de la démarche pour sa mise en œuvre.

2.1.5.3. Comment résoudre un problème en mathématiques

Les caractéristiques observées du problème de mathématiques marquent de façon singulière les étapes de sa résolution que Polya (1965) résume en quatre temps (Poissant et

al., 1994 ; Wilson et al., 1993) : la compréhension du problème, l'élaboration d'un plan, l'exécution du plan et l'évaluation des résultats.

La compréhension du problème passe par une bonne représentation du problème. Cette représentation peut se faire par encodage ou par reformulation de l'énoncé. Elle permet au sujet de formuler son objectif à atteindre qui doit être défini aussi clairement que possible ; cet objectif est généralement plus ou moins clairement donné dans les problèmes de mathématiques. Une bonne représentation du problème nécessite une analyse des caractéristiques de l'état initial et la prévision des obstacles s'opposant au passage à l'état désiré. L'élève cherchera à bien comprendre le problème posé en portant l'attention sur l'information importante en s'efforçant de bien comprendre le vocabulaire mathématique ; il s'efforcera de reformuler le problème avec ses propres mots en lui donnant du sens et s'en donnera une représentation sur papier ou au moins une image mentale.

L'élaboration d'un bon plan permet d'éviter des pertes de temps inutiles, tout comme le fait l'expert. Cela nécessitera une ébauche des principales étapes de la résolution avant l'examen des détails, ce qui évitera l'exploration de solutions peu productives. L'importance de la planification sera fonction de la complexité du problème. Le plan passera par un recensement des idées de stratégies par analogie ou une génération de stratégies nouvelles avant l'adoption de la stratégie la plus appropriée.

L'exécution du plan est consacrée à la mise en œuvre de la stratégie choisie et peut révéler l'inefficacité ou des insuffisances de celle-ci. Elle fait généralement appel à un ensemble d'outils et de techniques mathématiques :

- Pour les calculs, l'élève se rappellera les procédures correctes pour l'application d'algorithmes et les exigences de précision mathématique. Les algorithmes présentent une grande importance en mathématiques et on les retrouve à tous les niveaux d'apprentissage. Depuis l'école élémentaire où sont appris et mémorisés les algorithmes permettant d'obtenir la somme, le produit, la différence ou le

quotient de deux nombres, jusqu'à l'université où des algorithmes puissants sont utilisées pour résoudre des équations par des méthodes itératives, on les retrouve dans les connaissances mathématiques constituant les outils spécifiques du mathématicien débutant ou expert.

- Le raisonnement mathématique, principalement le raisonnement par l'absurde, le raisonnement par disjonction des cas et le raisonnement par récurrence, sont des techniques utilisées pour passer d'une situation à une autre de manière rigoureuse, dans la démarche mathématique. Le raisonnement peut permettre une déduction : il s'agit de montrer que la situation étudiée se situe dans un cas dont l'étude a permis d'établir une règle qui peut alors s'appliquer à ladite situation. Mais il est parfois précédé d'un bricolage : c'est le tâtonnement qui procède par essais et erreurs, en calculant ou en mesurant, pour acquérir une familiarité avec les difficultés à surmonter (Glaeser, 1973). L'observation de la situation peut permettre d'émettre une conjecture, c'est-à-dire une « explication supposée d'un phénomène ou d'un événement, échafaudée sans aucune certitude et en dehors de toute preuve, à partir d'apparences, de suppositions, de déductions » (Baruk, 1995, p. 243).

L'évaluation des résultats peut s'appliquer à toutes les étapes de la résolution de problèmes et permet de détecter les erreurs et de tester la validité d'une solution. Elle comporte une surveillance du processus permettant d'évaluer la compréhension du problème, l'adéquation de la planification et l'efficacité de la démarche par des stratégies métacognitives, qui consiste pour l'élève en ceci : dire à haute voix ou à soi-même ce que le problème demande de faire, se demander soi-même si l'on comprend le problème, vérifier sa progression dans la résolution. Elle permet de recueillir des rétroactions internes permettant de juger de la qualité du processus, mais peut aussi exploiter des rétroactions externes dans le cas d'un travail en équipe.

Pour une observation détaillée de ces quatre temps, cette étude aurait eu besoin de mettre en place un protocole qui alourdirait le travail et exigerait du temps et des moyens dont elle ne dispose pas. Néanmoins, on pourra considérer le succès d'un élève dans la résolution d'un problème qui lui est soumis comme résultant d'une correcte observation de ces quatre temps. La performance d'un élève dans la résolution d'une série de problèmes choisis exprimera ainsi son niveau d'acquisition de compétences mathématiques, dont celle en résolution de problèmes.

2.2 Le développement des compétences

La notion de compétence, par delà le monde du travail, se rencontre de plus en plus dans les programmes de l'enseignement secondaire en général et dans ceux de l'enseignement mathématique en particulier. Les objectifs visés sont exprimés en termes de compétences à acquérir, invitant à une meilleure connaissance de ce concept et des approches pour construire ou évaluer les compétences.

2.2.1 Le concept de compétence

Pour définir la compétence, certains auteurs font appel au concept de capacité (Beckers, 2001 ; Roegiers, 2003). Roegiers (2003, p. 50) définit la capacité comme étant « le pouvoir, l'aptitude à faire quelque chose ». Il la présente alors comme une activité qui peut être cognitive, gestuelle ou socioaffective, qui ne se manifeste qu'en s'appliquant sur des contenus. Il la distingue cependant de la compétence à travers ses caractéristiques : transversale (elle est rarement disciplinaire ou spécifique), évolutive (elle se développe tout au long de la vie), transformante (elle se développe selon l'axe des situations, générant par combinaison de nouvelles capacités) et non évaluable (son niveau de maîtrise est difficile à objectiver). La capacité n'est pas la compétence, elle participe plutôt à celle-ci. La compétence mobilise des capacités et des contenus dans une situation d'intégration significative.

Mais on ne saurait se limiter à de telles considérations pour définir correctement le concept de compétence ; si elle intègre effectivement savoir, savoir-faire et savoir-être, et également la capacité de gérer les situations imprévues autant que prévues, elle est beaucoup plus complexe, car plus qu'une disposition à agir dans des contextes et des situations variées, c'est un processus comportant une double dimension individuelle et collective (Le Boterf, 2000). La compétence est donc étroitement liée à la situation ou plutôt à la famille de situations dans lesquelles elle s'exerce (Beckers, 2001 ; Le Boterf, 2000 ; Roegiers, 2003). Selon Le Boterf (2000), la définition de la compétence est fonction de la situation dans laquelle elle s'exerce. S'il s'agit de situations de travail caractérisées par la répétition, le simple, la prescription stricte : être compétent correspondra à « savoir-faire », savoir exécuter ou appliquer des instructions. Mais s'il s'agit de situation de travail caractérisée par l'affrontement aux aléas, l'innovation, la complexité, la prise d'initiative, la prescription ouverte, être compétent signifiera savoir quoi faire et quand, savoir agir et réagir, savoir aller au-delà du prescrit. Pour les élèves, la compétence en mathématiques serait donc, au-delà de la maîtrise des contenus théoriques de leur programme d'apprentissage, la capacité à analyser différentes situations présentant des problèmes mathématiques explicites ou non, à raisonner et à présenter des idées conduisant à une solution d'un problème. Bien que s'inscrivant dans l'approche de Le Boterf, elle se distingue de la compétence professionnelle par la nature des situations où elle s'exerce, situations plus souvent construites qu'ouvertes.

2.2.2 Construire les compétences

Selon Le Boterf (2000), le professionnel doit être capable de réflexivité, c'est-à-dire de prendre du recul par rapport aux pratiques professionnelles pour conceptualiser ses pratiques et pouvoir les transférer. Cette réflexivité passe par une boucle dont les quatre temps sont : le moment de l'expérience vécue qui correspond à la mise en situation ; le moment de l'explicitation qui correspond à la phase de narration de l'expérience vécue

avec description de la manière d'agir pour rendre l'action consciente ; le moment de la conceptualisation et de la modélisation dans lequel l'expérience est reconstruite en schèmes opératoires et modèles cognitifs reposants sur les invariants mis en évidence pour bâtir un savoir pragmatique réutilisable ; le moment du transfert ou de la transposition à de nouvelles situations qui consiste à mettre à l'épreuve de la réalité les concepts et théories d'actions élaborés au moment précédent et à les interpréter en fonction de nouveaux contextes. C'est un moment de reconstruction des schèmes opératoires et des connaissances par un processus de particularisation faisant intervenir la mémoire de travail et la mémoire à long terme.

Ces quatre moments peuvent être approfondis en distinguant l'apprentissage en simple boucle, l'apprentissage en double boucle et l'apprentissage en triple boucle. Mais si l'apprentissage passe par ces quatre moments, celui du transfert ne saurait s'accomplir dans une situation routinière, il faut le travailler et l'apprendre (Perrenoud, 2000). L'enseignant devrait proposer aux élèves des situations d'apprentissage qui les incitent à faire preuve, non seulement de savoir et de savoir-faire acquis en classe, mais aussi de savoir-agir dans des situations inédites. Le transfert pourra s'effectuer dans des situations nouvelles dont l'issue est incertaine et pour lesquelles l'apprenant devra non seulement juger de l'efficacité des outils dont il dispose, mais aussi de l'utilisation de ces outils le cas échéant.

La construction de compétences devra donc tenir compte des trois axes distingués par Le Boterf (2000) pour leur développement : l'axe de l'activité qui concerne l'action contextualisée, les pratiques professionnelles et leurs résultats ; l'axe des ressources disponibles, qu'elles soient personnelles ou de l'environnement ; l'axe de la réflexivité ou de la distanciation correspondant à la métacognition, à la conceptualisation de l'action par un retour réflexif et une analyse des pratiques. L'exercice de la métacognition développe l'autonomie et la confiance en soi nécessaire à la compétence, et permet le transfert des apprentissages. Développer ses compétences uniquement sur l'axe de l'action et de la réussite, c'est se limiter à des compétences de routine et réduire la flexibilité ; rester

uniquement sur l'axe des ressources, c'est prendre le risque d'enfermer l'apprenant dans une formation académique ; prendre en compte uniquement l'axe de la métacognition, c'est prendre le risque de manquer de transférabilité.

La transférabilité s'observerait plutôt dans la faculté d'aborder et de traiter de nouvelles situations en construisant des connexions avec ce qui est connu et déjà maîtrisé. Elle résulte d'une réflexion à partir d'une expertise contextualisée plutôt que de connaissances générales sur la résolution de problèmes et ne saurait se reconnaître dans une application directe. Transférer, c'est réinvestir un apprentissage dans une situation différente de celle où il s'était produit, c'est encore un apprentissage. L'apprentissage doit être contextualisé pour être rendu transférable. L'apprentissage de la transférabilité est favorisé par le passage par des situations variées d'apprentissage, la participation à des moments d'analyse des pratiques professionnelles, le compagnonnage avec un professionnel chevronné, l'échange de pratiques avec d'autres apprenants (Le Boterf, 2000). Une mesure de la transférabilité exigerait le recours à des situations nouvelles ou inédites pour les apprenants, et tout ceci incite à ne pas en faire l'objet des préoccupations de la présente recherche.

2.2.3 L'évaluation des compétences

Si la compétence est perçue comme la capacité à transférer les acquis de l'école dans d'autres situations, notamment hors de l'école, il faut reconnaître que l'école ne présente pas un cadre favorable à la construction de situations permettant une évaluation fiable des compétences. Le Boterf (2000) lie l'approche de l'évaluation à l'analyse des compétences et distingue ainsi trois entrées possibles :

- Lorsque la compétence se définit en termes de performances, son évaluation repose alors sur un jugement d'efficacité ou d'utilité qui porte sur la contribution individuelle attendue pour l'obtention d'une performance collective. Par exemple, la contribution individuelle à la réalisation d'une production de groupe

dans le cadre d'un exposé scolaire ; son évaluation juste nécessiterait que soit bien distingué en amont ce qui sera attendu comme contribution individuelle de ce que le groupe assumera.

- Lorsque la compétence se démontre par l'exercice d'une activité conformément à des critères, des spécifications ou des standards, son évaluation s'appuie sur des protocoles d'observation de la tâche où la compétence s'exerce. Si la compétence est comprise comme la capacité d'exécuter une opération prescrite, son évaluation consistera en l'observation de la conformité de l'opération. Mais si elle est comprise comme un savoir-agir, son évaluation observera la maîtrise dans son ensemble d'une situation donnée qui peut être réelle ou simulée. L'explicitation de la compétence peut passer par une mise en mot du schème opératoire à travers une verbalisation simultanée ou une verbalisation différée.
- L'entrée par les ressources permet de mesurer le niveau de satisfaction des conditions indispensables mais pas suffisantes à la compétence.

Dans tous les cas, l'évaluation doit être envisagée comme faisant partie du processus d'apprentissage et contribuer au développement des compétences (Le Boterf, 2000 ; Perrenoud, 2004).

Quelle que soit l'approche adoptée aussi bien pour la construction des compétences que pour leur évaluation, on peut se demander, face aux immenses potentialités des TIC, quelle peut être la contribution de celles-ci dans leur mise en œuvre.

2.3 Les TIC, le développement de compétences et la résolution de problèmes en mathématiques

Les capacités des TIC ont conduit à leur présence dans presque tous les domaines d'activité et la question de leur contribution à la construction et à l'évaluation des compétences mérite d'être posée. Lorsqu'on les utilise dans l'enseignement mathématique,

en quoi contribuent-elles à la maîtrise et la mobilisation de connaissances mathématiques nécessaires à l'exercice des compétences en résolution de problèmes ? Selon Alagic et Palenz (2006) l'enseignant joue un rôle fondamental dans la détermination de l'efficacité d'un enseignement mathématique en environnement technologique. Ils rappellent Perkins (1993) qui identifie six priorités pour les enseignants visant la compréhension dans l'apprentissage :

- faire de l'apprentissage un processus à long terme centré sur la réflexion ;
- assurer un riche contrôle continu ;
- soutenir l'apprentissage par de puissantes représentations ;
- prendre en compte les facteurs de développement ;
- installer les élèves dans la discipline ;
- et enseigner pour le transfert.

Dans le cadre défini par ces priorités, les apprenants doivent pouvoir dresser un flexible inventaire de représentations pour appuyer leur compréhension. Pour favoriser les bonnes performances des élèves, l'enseignant doit trouver ou les aider à trouver les représentations qui illustrent la réflexion mathématique. Ils ont besoin d'être dirigés pour réussir le transfert de leurs aptitudes. Les approches conceptuelles de l'enseignement des mathématiques privilégient la mise en relation de représentations variées dans la résolution de problèmes. Ces représentations par les TIC et les translations entre elles contribuent au renforcement de la compréhension par les élèves des concepts et idées mathématiques. Les outils cognitifs se définissent comme des moyens informatiques d'aide à la réflexion, telles les calculettes graphiques et les feuilles de calcul. Les feuilles de calculs permettent des représentations variées de données mettant en relief des raisonnements mathématiques sous-jacents. Des études sur les feuilles de calcul comme outils cognitifs ont mis en évidence leur efficacité dans la construction de savoirs du numérique à l'algébrique (Alagic et Palenz, 2006).

Selon Jarrett (1998), les résultats des recherches montrent que les élèves, même les plus hésitants, sont fortement motivés par l'usage en classe de calculatrice ou d'ordinateur. Les TIC accroissent la motivation, améliorent la confiance en l'usage de la technologie, favorisent de hauts niveaux de participation et de collaboration et aident l'apprentissage à travers les moyennes et les représentations graphiques. Des enseignants ont observé cet accroissement de la motivation à travers l'engouement des élèves, leurs performances dans le travail avec la technologie et la fierté avec laquelle ils montrent leur compréhension. Ils apprécient positivement les réactions immédiates de la machine. La technologie les libère des calculs fastidieux et ils peuvent mieux se consacrer à la réflexion sur des aptitudes aussi importantes que la résolution de problèmes. Les rapports de recherche confirment les bénéfices suivants dans l'usage des TIC : motivation, compétences en communication, résolution de problèmes, acquisition de compétences de base, enrichissement des programmes d'enseignement, création d'authentiques expériences d'apprentissage (Jarrett, 1998)

Les jeux ont toujours suscité un vif intérêt chez les enfants et de nombreux pédagogues se sont intéressés à leur impact sur l'apprentissage. Yelland (2002) a observé chez des petits enfants un intérêt pour des jeux électroniques, avec une préférence pour les jeux présentant plus de défis ou ceux placés dans un contexte de récit. Le contenu mathématique éveille leur intérêt quoique ne se rapportant pas directement à leur programme scolaire, en raison du contexte dans lequel ces mathématiques ont été placées. L'usage solitaire du jeu ou conduisant à l'isolement a peu d'intérêt pédagogique, celui-ci devrait plutôt favoriser la collaboration, le partage d'idées et de stratégies en groupe.

Abidin et Hartley (1998) ont montré que l'usage d'une interface orientée sur le savoir, incitant l'apprenant à lier l'information contextuelle à un savoir construit, améliore fortement les compétences en résolution de problèmes des apprenants. En soumettant leur échantillon à deux problèmes, l'un sur les fonctions et l'autre sur des suites arithmétiques, les chercheurs ont pu observer une bonne amélioration des connaissances et des

performances grâce au logiciel *FunctionLab*. Sur le premier problème, les sujets ont fait preuve d'une maîtrise rapide des fonctionnalités du logiciel à travers des modèles linéaires simples et graduels dans leur complexité. Dans le deuxième problème, la combinaison des effets conjugués des deux suites a donné l'occasion aux sujets de produire des modèles assez élaborés illustrant une plus grande familiarité avec les fonctionnalités de *FunctionLab* et une plus grande disposition à comprendre et structurer l'information.

L'usage de calculatrices graphiques enrichit l'enseignement de l'analyse par la possibilité offerte aux élèves d'avoir une représentation dynamique, avec la possibilité de déplacer un curseur sur la figure avec lecture des coordonnées du curseur (Jarrett, 1998). La calculatrice graphique joue un rôle de médiateur dans la collaboration entre élèves, encourage les élèves à clarifier leurs idées pour leurs camarades, mais son usage usuel au collège (en travail individuel) n'est pas idéal.

À ces résultats, ajoutons d'autres indiqués par les rapports de Becta (2003a, 2003b) (British Educational Communications and Technology Agency) à propos de la recherche sur les TIC et les mathématiques :

- Certains usages favorisent l'expression de la puissance des TIC : constructions géométriques, constructions graphiques, programmation Logo, construction de savoir partagé.
- Les TIC réorganisent les interactions en classe en mettant en compétition les pratiques préexistantes et les pratiques des enseignants qui intègrent les TIC.
- L'enregistrement de données a renforcé chez ses auteurs les capacités en lecture, interprétation et schématisation comparativement à des témoins, il peut être utilisé chez des enfants en début d'école primaire pour obtenir un apprentissage positif ; une approche alternative à l'introduction des graphiques peut être avantageuse.
- Les calculatrices ont été rapidement intégrées à l'enseignement et avec succès, elles se sont révélées une source portable et accessible adaptée pour

l'enseignement d'une gamme de contenus mathématiques ; on a découvert une variété de manières de les utiliser : présentation à la classe entière, usage individuel ou apparié, travail en petits groupes.

- Les TIC permettent d'identifier des thèmes pédagogiques ou opérationnels à succès comme partie d'un modèle réussi de leur usage, elles permettent aux enseignants d'utiliser des pratiques préétablies mais de manière plus efficace et plus étendue qu'auparavant.
- L'usage des TIC contribue au développement des compétences en interprétation des élèves plus que les moyens conventionnels, ceux-ci ont plus de temps à consacrer à l'interprétation que ceux utilisant le papier et ils peuvent affiner cette interprétation en exploitant la mobilité de l'image à l'écran.
- Dans les activités avec Logo, les filles ont une participation plus prudente et sont moins enclines à prendre de risque que les garçons ; elles sous-estiment les déplacements requis et font des tours et déplacements supplémentaires.

Mais l'effet induit par ces outils cognitifs est largement tributaire des contextes matériels et humains de leur usage (Depover, Karsenti et Komis, 2007). L'état du matériel informatique incitera ou découragera son usage, ses conditions de mise à disposition influenceront les stratégies de son usage à des fins d'enseignement ou d'apprentissage. L'approche pédagogique privilégiée par l'enseignant et son engagement dans l'utilisation de la technologie sont déterminants pour les résultats à en tirer. Les résultats sont meilleurs quand l'apprenant exploite ces outils pour interagir avec l'enseignant et aussi d'autres apprenants. Une attitude positive pour l'apprenant est de se mettre en partenariat cognitif avec l'ordinateur plutôt que d'attendre passivement d'apprendre de l'ordinateur.

2.4. Objectifs de la recherche

Les résultats des études considérées permettent donc d'affirmer que, dans certains contextes matériels et humains, l'usage des TIC améliore l'enseignement et l'apprentissage

des mathématiques. Or la résolution de problèmes étant au sommet de l'activité mathématique (Joshua et Dupin, 1993), on peut s'attendre, dans les mêmes contextes, à leur effet positif sur le développement des compétences en résolution de problèmes. Cependant, l'usage de ces technologies dans le contexte africain se singularise par son caractère plutôt intuitif et le faible niveau d'accès au matériel. La particularité de ce contexte invite à examiner les effets éventuels de l'utilisation faite des TIC par les enseignants et les élèves, en particulier sur les compétences en résolution de problèmes mathématiques chez les apprenants. L'accès, même occasionnel et informel, des enseignants et élèves aux TIC favoriserait-il le développement de ces compétences chez les derniers ?

La présente étude poursuivra les objectifs suivants :

Objectif général

Identifier, dans le contexte de l'éducation au Burkina Faso, des effets de l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement et l'apprentissage mathématique sur le développement des compétences en résolution de problèmes.

Objectif spécifique 1

Décrire l'utilisation de l'ordinateur par les élèves du Burkina Faso pour améliorer leur apprentissage des mathématiques.

Objectif spécifique 2

Identifier des rapports éventuels entre l'utilisation de l'ordinateur par les élèves et leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques.

Hypothèse

Les compétences en résolution de problèmes sont meilleures chez les élèves ayant accès à l'ordinateur que chez ceux n'y ayant pas accès.

Objectif spécifique 3

Identifier des rapports entre les compétences TIC de l'enseignant de mathématiques et les compétences de ses élèves en résolution de problèmes

Hypothèse

Les compétences en résolution de problèmes des élèves dont l'enseignant de mathématiques a des compétences TIC sont meilleures à celles des élèves dont l'enseignant n'a pas de compétence TIC.

Chapitre 3

Méthodologie

Introduction

En rappel, le but de cette recherche est de répondre à la question : « L'utilisation des TIC par les enseignants de mathématiques du secondaire du Burkina Faso a-t-elle des effets sur les compétences de leurs apprenants en résolution de problèmes ? » Dans ce chapitre sera décrite la méthode adoptée pour atteindre ce but, c'est-à-dire mettre en évidence des rapports éventuels entre l'utilisation des TIC par des enseignants de mathématiques et les compétences de leurs élèves en résolution de problèmes. Ainsi pour commencer, il sera donné des précisions sur le type de recherche adopté, la population cible et la démarche pour la collecte et l'analyse des données ; ensuite on rappellera quelques éléments du cadre conceptuel pour étayer la pertinence des instruments qui seront présentés de manière détaillée, avant de terminer par la présentation des précautions éthiques ainsi que les atouts et limites de cette recherche.

3.1 Type de recherche

La présente recherche cherche à déterminer des effets de l'utilisation des TIC par les élèves et les enseignants de mathématiques sur le développement des compétences en résolution de problèmes chez les élèves du Burkina Faso. Il s'agit d'effets éventuels liés aux usages spécifiques des TIC, en particulier de l'ordinateur, qu'ont les enseignants et les élèves du pays pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Le point de vue adopté ici considère que la réalité de ces effets est globale et indépendante de la vision du chercheur, ce qui a incité à adopter une approche positiviste pour saisir cette réalité fondamentale indépendante (Savoie-Zajc et Karsenti, 2004). L'intention est de produire des informations globales sur cette réalité réduite ici à deux variables dont le comportement naturel sera étudié sans intervention particulière : les compétences TIC et les compétences en résolution de problèmes.

Au regard de cette dimension épistémologique et des variables issues du cadre théorique, la méthode qui a été adoptée pour répondre à la question de recherche en tenant compte des contraintes du contexte est de type mixte. Elle comporte une étude qualitative visant à explorer les pratiques des élèves dans l'utilisation de l'ordinateur pour l'apprentissage en autonomie. Cette étude procède par un recueil de données qualitatives à travers des entretiens semi-dirigés avec des élèves et un enseignant pour recueillir leur avis sur l'utilisation de l'ordinateur à des fins d'apprentissage mathématique. La recherche comporte également une partie quantitative consacrée à la mesure et à l'analyse de variables. En effet, d'une part on a procédé à une mesure graduée de l'accès aux TIC et des compétences TIC à l'aide d'une échelle de Likert ; d'autre part, la mesure des performances grâce à un test de compétences en résolution de problèmes a donné par le score une valeur quantitative de la deuxième variable.

Ainsi l'étude se ramène à « un problème de recherche relatif à un phénomène quantifiable » (Boudreault, 2004, p. 162). Le modèle adopté ici est expérimental (Boudreault, 2004) avec comme variable indépendante les compétences TIC et comme variable dépendante les compétences en résolution de problèmes mathématiques. Les contraintes de temps et de ressources imposées par le cadre de cette recherche n'ont pas permis de conduire une intervention particulière sur la population afin d'en observer les différentes évolutions. La démarche adoptée pour rester en conformité avec le modèle expérimental a consisté à identifier et observer une population ayant bénéficié de l'intervention souhaitée indépendamment de cette étude. Une partie de la population a été délibérément choisie exempte de l'intervention pour servir de groupe de contrôle. Les mesures ont porté sur une population d'enseignants de mathématiques avec leurs élèves.

3.2 Population cible et choix de l'échantillon

Malgré quelques actions en faveur de l'accès des enseignants et des élèves du Burkina Faso à l'ordinateur, une grande partie de ceux-ci demeurent encore isolés de celui-

ci. Mais l'on trouve dans des centres urbains du pays quelques usagers aussi bien parmi les enseignants de mathématiques que chez les élèves du secondaire (Barry, 2004). Pour le recueil des données qualitatives, l'échantillon à retenir doit comporter des élèves des deux sexes ayant accès à l'ordinateur soit à domicile soit dans un cybercentre, et qui s'en servent pour l'apprentissage. Pour la collecte des données quantitatives, l'expérience de Barry a incité à envisager d'impliquer un échantillon aléatoire d'une trentaine d'enseignants de mathématiques titulaires de classes de seconde ou de premières scientifiques, dont la moitié a été retenue parmi des usagers de l'ordinateur. À cet effet, les enseignants ont été sélectionnés à travers un entretien préalable lors duquel ils ont eu à répondre à la question : « utilisez-vous l'ordinateur ? ». Il est important de préciser ici qu'aucun des enseignants n'utilise l'ordinateur en classe, ceux qui s'en servent le faisant principalement pour leur culture personnelle, culture pouvant avoir des effets sur leurs apprenants. Les enseignants non utilisateurs des TIC ont constitué le groupe de contrôle, ne présentant pas la caractéristique que l'on cherche à lier aux compétences des élèves en résolution de problèmes mathématiques. Chaque enseignant impliqué a proposé une vingtaine d'élèves pour participer à l'étude, selon le critère d'assiduité aux cours de mathématiques pendant le semestre déjà écoulé de l'année.

Les participants ont été recrutés dans des établissements publics aussi bien que dans des établissements privés. La cueillette des données auprès des élèves s'est faite en relation avec celles sur leur enseignant afin de tenir visible le lien entre enseignant et élève tout au long de la collecte et de l'analyse. Il convient de souligner ici la description des enseignants qui ont été retenus dans l'échantillon pour ce qui est des caractéristiques générales : il s'agit d'enseignants qualifiés pour la conduite de classes du second cycle de l'enseignement secondaire en mathématiques, c'est-à-dire titulaires d'une licence en sciences ou d'un CAPES (Certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement secondaire) à option mathématiques, et ayant effectivement en charge une classe de seconde ou de première scientifiques au moment de la collecte. Quant aux élèves, il s'agit d'élèves de seconde ou de premières scientifiques ayant régulièrement suivi les cours de mathématiques de leur

enseignant pendant un semestre au moins. Il faut préciser que la population cible a été recrutée dans des classes scientifiques pour s'assurer de l'intérêt qu'elle accorde aux mathématiques. Il était très probable que des utilisateurs des TIC figurent aussi bien parmi ceux du groupe cible que parmi ceux de du groupe de contrôle. Pour tenir compte des influences possibles de leur utilisation des TIC sur les performances qui seront observées, telles que soulignées dans le chapitre précédent, l'instrument de collecte de données auprès des élèves comporte un volet consacré à leur connaissance et utilisation de l'ordinateur.

3.3 Opérationnalisation de la recherche

Les concepts examinés dans le chapitre précédent se rapportent aux compétences, à la résolution de problèmes et à l'utilisation des TIC en mathématiques. Cette recension des écrits permet de dégager ici les deux caractères essentiels dont on veut étudier les rapports : d'une part, l'utilisation des TIC et la résolution de problèmes, et de l'autre, les compétences intervenant dans chacun pour en mesurer le niveau. Le choix a été de porter l'attention ici sur les compétences dans l'utilisation des TIC (désignées par compétences TIC) des enseignants, que l'on examinera selon les types d'usages, et les compétences en résolution de problèmes.

Chacune de ces compétences peut être mesurée sur une échelle de Likert à quatre niveaux (pour éviter des choix indécis) dont la gradation indique le niveau de maîtrise de la compétence TIC acquis par le sujet. Quatre grandes catégories d'usages ont été retenues pour cette étude: la prise en main de l'ordinateur, l'édition de document numérique, l'exploration d'objet ou de situation, la communication électronique.

La prise en main de l'ordinateur recouvre toute activité qui contribue à la découverte de l'ordinateur et à l'acquisition d'une autonomie dans son utilisation : démarrage et arrêt de l'ordinateur, exploration des disques, gestion des fenêtres et de l'affichage, gestion des fichiers et répertoires. Ces activités correspondent à un niveau

basique de maîtrise de l'ordinateur et sont représentées dans la liste du chapitre précédent par les compétences 9, 10, 12, 15, 17, 19 et 20. La mesure des compétences exercées dans ce type d'activité s'inscrit dans le cadre des objectifs spécifiques 2 et 3.

L'édition de document numérique est le traitement informatique, la préparation d'un document à l'ordinateur pour un usage envisagé. Ce traitement correspond à l'utilisation d'une application spécifique tels un traitement de texte, un tableur, un logiciel de traitement d'image, un logiciel de dessin vectoriel, un logiciel de présentation assistée par ordinateur ou un logiciel de publication assistée par ordinateur, un système de gestion de bases de données. On peut y ajouter également l'utilisation d'éditeurs d'équations ou de logiciel spécifique d'édition de textes mathématiques. Ces activités figurent dans la liste de Turner aux compétences 1, 2, 3, 4, 6, 8, 13, 14 et 16. La mesure des compétences exercées dans ce type d'activité s'inscrit dans le cadre de nos objectifs spécifiques 2 et 3.

La manipulation d'objet ou de situation mathématiques facilite l'étude de configurations particulières ou le comportement d'objets soumis à des actions spécifiques. De telles manipulations sont possibles grâce à des logiciels traceurs de courbes ou des logiciels de géométrie tels Cabri Géomètre, Geoplan et Geospace, mais également grâce à une utilisation avisée de tableurs. De telles activités n'ont pas été prises en compte dans la liste de Turner qui s'adresse aux enseignants en général. La mesure des compétences exercées dans ce type d'activité s'inscrit dans le cadre des objectifs spécifiques 2 et 3.

La communication électronique est toute utilisation de l'ordinateur permettant un échange d'information entre enseignants, entre enseignants et apprenants, entre ceux-ci et toute ressource pouvant contribuer à l'acquisition ou au renforcement de la connaissance. Elle passe généralement par l'usage d'Internet et figure dans la liste de Turner aux compétences 5, 7, 11 et 18. La mesure des compétences exercées dans ce type d'activité s'inscrit dans le cadre de nos objectifs spécifiques 2 et 3.

Pour ce qui est de la résolution de problèmes, sa complexité a été examinée en détail à travers ses processus et les stratégies mises en œuvre par les sujets pour y faire face. Si l'approche gestaltiste a apporté des éclairages sur les processus inhérents à ce concept, l'approche traitement de l'information a permis de mieux en appréhender les stratégies. L'observation minutieuse de la résolution d'un problème de mathématiques (observation des activités de mobilisation, organisation, isolation et combinaison) nécessite du temps et des précautions non disponibles dans le cadre de notre recherche. Cependant il est possible d'avoir une vue d'ensemble des performances d'un sujet en la matière s'il est soumis à une série d'épreuves couvrant les trois types de problèmes identifiés au chapitre précédent dans l'approche traitement de l'information ainsi que les stratégies mises en œuvre dans leur résolution. Par exemple, les problèmes d'induction de structure se retrouvent en mathématiques au secondaire souvent dans les calculs sur des suites numériques ; les problèmes de transformation peuvent être construits sur la comparaison de nombres ou autres objets mathématiques ou sur des calculs numériques complexes ; les problèmes de configuration peuvent être bâtis sur le dénombrement d'objets ou sur des configurations géométriques. Une série de problèmes mathématiques couvrant les trois types peut donc permettre d'observer les performances des sujets dans la résolution de problèmes mathématiques en général. Le champ de contenu mathématique que nous viserons sera celui des programmes d'enseignement des classes du premier cycle du secondaire. La population d'élèves dont on observe les compétences doit donc avoir intégralement étudié ce contenu, ce qui amène à la choisir à la sortie du premier cycle d'enseignement secondaire. L'observation portera globalement sur les différentes composantes des compétences en résolution de problèmes, elle utilisera donc des problèmes très variés et pourra être organisée selon les principes de l'évaluation des compétences.

On rappelle ici les trois entrées possibles que Le Boterf (2000) distingue pour l'évaluation des compétences : l'entrée par les performances, l'entrée par les situations professionnelles, l'entrée par les ressources.

- L'entrée par les performances considère le niveau de réussite dans les tâches comme indicateur du niveau de compétence. Cette entrée est pratiquée dans l'évaluation de compétences individuelles. Elle exige une prise en compte de la chaîne [compétences → modes opératoires → paramètres d'exploitation sensibles]. La présente étude s'intéresse pour une large part aux compétences individuelles des élèves en résolution de problèmes mathématiques, cette entrée y sera donc particulièrement privilégiée.
- L'entrée par les situations professionnelles demande au sujet de prouver sa compétence par l'exercice d'une activité en conformité avec des spécifications. Elle nécessite la mise en place de protocoles d'observation liés aux situations d'évaluation qui dépendent du curseur de la compétence. L'observation peut exiger de la part du sujet une verbalisation simultanée (en situation) ou une verbalisation différée pour mettre en évidence son schème opératoire. Le cadre de notre recherche ne permet pas la mise en place de tels dispositifs d'observation mais n'exclut pas la mise du sujet dans des situations pratiques. En effet, l'énoncé de certains problèmes mathématiques a pour effet de placer directement le sujet dans une situation problème relevant de la vie quotidienne ou de cas particulier existant réellement.
- L'entrée par les ressources vérifie que le sujet possède bien des ressources prioritaires pour gérer une situation dans laquelle s'observe la compétence. La résolution des problèmes à proposer doit faire appel à un champ de connaissances mathématiques déjà étudiées par les sujets. Les problèmes qui sont utilisés pour la collecte de données font appel à un champ de connaissances que la population cible est censée posséder déjà.

Cette étude cherche à observer l'existence éventuelle de relation entre les compétences TIC des enseignants et les compétences en résolution de problèmes de leurs

élèves dans le contexte spécifique de l'enseignement mathématique dans les lycées et collèges du Burkina Faso. On voit ainsi se dégager les variables de la recherche qui sont :

- Les compétences TIC : on considère la liste dressée par Turner (2005) et y retient les compétences adaptées au contexte de la recherche. L'instrument de collecte vise les compétences 1 à 12 ainsi que la compétence 16 de la liste de Turner donnée dans le chapitre précédent.
- Les compétences en résolution de problèmes : dans le contexte de l'étude, le principal indicateur de cette variable sera la performance mais il paraît intéressant de retenir un instrument de collecte qui prenne en compte les deux entrées retenues parmi celles proposées par Le Boterf (2000).

Dans la présente recherche, on garde à l'esprit les avantages déjà démontrés des TIC pour l'enseignement et l'apprentissage et les hypothèses se fondent sur la richesse présumée du cours de mathématiques lorsque l'enseignant connaît l'usage des TIC. Ainsi, on est amené à prendre en compte l'influence des contacts éventuels que pourraient avoir des élèves avec les TIC sur leurs compétences en résolution de problèmes, et on envisage de mesurer cette variable parasite selon les recommandations de Cronbach (1975) comme préconisé par Poellhuber et Chomienne (2006). De même, d'autres variables parasites, notamment le niveau scolaire des élèves et le temps passé avec l'enseignant retenu pour l'étude, feront l'objet d'une mesure afin d'être prises en compte dans l'analyse des données.

3.4 Outils de cueillette de données

Rappelons que l'objectif général de cette recherche est d'identifier, dans le contexte de l'éducation au Burkina Faso, des effets de l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement et l'apprentissage mathématique sur le développement des compétences en résolution de problèmes. Cette identification passe par trois étapes : l'exploration de l'utilisation de l'ordinateur à des fins d'apprentissage mathématique par les élèves du

Burkina Faso, l'identification de rapports éventuels entre l'utilisation de l'ordinateur par ces élèves et leurs compétences en résolution de problèmes, l'identification de rapports éventuels entre les compétences TIC des enseignants de mathématiques et les compétences de leurs élèves en résolution de problèmes. La méthode adoptée est sous-tendue par des mesures parallèles de la variable indépendante qui se rapporte aux enseignants et de la variable dépendante se rapportant à leurs élèves. Pour la mesure des compétences TIC chez les enseignants, l'outil retenu et adapté est le questionnaire conçu par Naylor (2003) pour une enquête sur les compétences TIC des personnels d'université. Ce questionnaire est présenté et disponible sur le site Web FERL de l'agence QIA (Quality Improvement Agency) spécialisé dans les ressources pour la formation et le développement des compétences. Le questionnaire a été adapté à cette recherche en le traduisant, en modifiant sa section d'identification et en y ajoutant des questions sur la manipulation d'objet ou de situation mathématiques. Ainsi le questionnaire d'autoévaluation des enseignants obtenu (voir annexe A), en plus du profil du participant du point de vue des données personnelles et son cadre de travail, recueille des données quantitatives sur ses compétences dans la prise en main de l'ordinateur, l'édition de documents numériques, la communication électronique et l'utilisation de l'ordinateur en mathématiques. Il est composé d'une partie d'identification mesurant quelques variables parasites, une partie mesurant l'accès aux TIC et une partie mesurant les compétences TIC. Le tableau ci-dessous établit une correspondance entre les différentes sections du questionnaire et les objectifs de la recherche.

Tableau 1
Correspondance entre les objectifs et les sections du questionnaire pour enseignant

Objectif visé	Sections du questionnaire pour enseignant
OG, OS3	Section « Accès au TIC » : mesure du niveau d'accès de l'enseignant aux TIC.
OG, OS3	Sections « Gestion de l'ordinateur » et « Matériel et environnement informatique » : mesure de la connaissance du fonctionnement de l'ordinateur et des logiciels, du niveau d'utilisation de base de l'ordinateur et de la culture informatique.
OG, OS3	Sections « Traitement de texte », « Tableur » et « Bases de données » : mesure des compétences en utilisation de logiciels de bureautique.
OG, OS3	Sections « Internet » et « Courrier électronique » : mesure du niveau d'utilisation de l'Internet et de la communication par courrier électronique.
OG, OS3	Section « Usage mathématique des TIC » : mesure des compétences en utilisation mathématique des TIC.

Pour la mesure des compétences en résolution de problèmes mathématiques chez les élèves, il a été retenu l'utilisation d'un des tests de la version conçue par Mathur (2005) pour la préparation à l'épreuve mathématique du SAT (Scholastic Assessment Test). Le SAT est une série de tests utilisés depuis la première moitié du vingtième siècle par des universités nord-américaines pour évaluer les capacités de leurs postulants à poursuivre des études supérieures à l'aide de scores en résolution de problèmes mathématiques, lecture critique et écriture (Hoover, 2007). Ces tests dont la validité a souvent été éprouvée (Wright et Wendler, 1994 ; Zwick, Brown et Sklar, 2004) ont l'avantage d'être faciles à administrer et permettent d'évaluer les compétences en résolution de problèmes mathématiques par des questions à choix multiples portant sur un champ de connaissances acquises à la fin du premier cycle de l'enseignement secondaire. Le questionnaire des élèves (voir annexe B)

est composé d'une section identification recueillant des informations sur le profil du répondant et d'une section consacrée au test. Dans un souci de simplification, tous les élèves participant à l'étude seront soumis à un même test composé de 10 questions tirées du test de Mathur, à traiter dans un temps maximum de 20 minutes à raison de deux minutes par question, sachant que le test en ligne peut être traité en 12 minutes. Le tableau ci-dessous présente la typologie des problèmes proposés dans ce test. L'administration des questionnaires aux enseignants et aux élèves se fera parallèlement.

Tableau 2
Typologie des problèmes du test de compétences en résolution de problèmes.

Type de problème	Items correspondants
Problème de transformation	Questions 1, 2 et 7
Problème d'induction de structure	Questions 3, 4, 8 et 9
Problème de configuration	Questions 5, 6 et 10

Les deux questionnaires ayant subi des modifications, ils ont été soumis à un pré-test destiné à recueillir auprès de quelques enseignants et élèves ne faisant pas partie de l'échantillon des informations sur les aspects suivants : compréhension des questions, problèmes rencontrés pour remplir le questionnaire, temps nécessaire pour le remplir, problèmes techniques avec le questionnaire ou ses instructions. Ces informations ont contribué à éprouver la validité interne de ces questionnaires (Boudreault, 2000) sachant qu'ils bénéficient déjà des qualités des instruments dont ils émanent.

Pour la collecte complémentaire de données, les entretiens semi-dirigés avec les élèves se sont déroulés dans le cadre de leur établissement, en se basant sur un guide d'entretien figurant dans l'annexe C. Les participants étaient des volontaires retenus parmi ceux reconnus par l'enseignant comme usagers de l'ordinateur. L'entretien avec l'enseignant s'est basé sur le guide d'entretien en annexe D.

3.5 La cueillette et l'analyse des données

L'administration du questionnaire élève nécessitant une plage spéciale de disponibilité, un rendez-vous a été pris avec chaque enseignant et ses élèves pour consacrer une heure à la présentation et à l'instruction pour les réponses aux questionnaires. L'administration du questionnaire aux élèves s'est faite en deux temps : dans un premier temps, ceux-ci ont rempli le volet identification du questionnaire sans aucun accès au second volet, en y insérant un code attribué à leur enseignant ; dans un second temps, ils se sont soumis au test pendant une durée chronométrée. Les deux volets du questionnaire sont alors collectés ensemble et rassemblés. Pendant le test, l'enseignant dispose de temps pour répondre au questionnaire enseignant et y insérer le code qui lui est attribué. Afin d'observer rigoureusement ces conditions, la cueillette des données a été étroitement suivie par le chercheur, le nombre relativement limité d'enseignants dans l'échantillon permettant un tel suivi.

Après la collecte des questionnaires remplis, il a été procédé à un dépouillement dont les données ont été codées et regroupées dans une base de données sous Excel. Ce qui a permis de procéder à une présentation des statistiques descriptives usuelles pour chacune des variables avant d'effectuer une analyse de variance. Des tests d'hypothèse ont été effectués à l'aide du test de Student.

3.6 Précautions éthiques

Il est important d'avoir conscience du fait que les enquêtes conduisent souvent les participants à livrer un peu de soi, ce qui peut largement influencer leur disponibilité à s'y prêter. De plus, le cadre dans lequel sont approchés les sujets de cette étude est généralement soumis à une réglementation qu'il convient de respecter. Afin d'approcher les enseignants et leurs élèves en toute légalité, il a été introduit au préalable une requête auprès des autorités administratives de l'enseignement secondaire pour l'obtention d'une

autorisation formelle. Les questionnaires sont tous anonymes et ne collectent que des données statistiques utiles à l'étude. Sur chaque questionnaire sont précisés le but de l'enquête et l'usage qui sera fait des données recueillies. Ceci invitait à prendre quelques précautions éthiques : a) afin de réduire les risques de communication entre voisins durant l'administration du questionnaire élève, les élèves ont été installés individuellement par table ; b) le questionnaire a été remis aux élèves pour le temps du test et tous les exemplaires récupérés à la fin de celui-ci afin de réduire les risques de fuite vers d'autres élèves de l'échantillon ; c) un retour sera fait vers les participants de l'enquête pour les informer des résultats observés et leur permettre de vérifier le respect de la confidentialité des données, notamment le respect de la non-identification des établissements lors de la divulgation publique des résultats ; d) l'accord préalable des propriétaires légaux des droits sur les ressources utilisées dans les instruments de collecte, notamment le test SAT et le questionnaire d'évaluation des compétences TIC, a été demandé et obtenu, et ce, avant leur traduction et adaptation.

3.7 Les forces et limites de la recherche

La présente recherche est descriptive de type expérimental et présente donc les forces et limites d'une telle approche. S'inscrivant dans un courant positiviste, elle s'intéresse à une réalité naturelle que le chercheur observe sans intervention particulière de sa part, collectant des données primaires pour répondre à sa question de recherche. Les instruments utilisés pour les deux évaluations de compétences, quoique ayant déjà été testés et validés dans d'autres conditions, ont été soumis localement à un pré-test afin d'en éprouver encore la fidélité et la validité avant usage. Par ailleurs, la cueillette des données sur les compétences présente quelque variation entre enseignants et élèves. Les compétences TIC des enseignants n'ont pas été évaluées de façon indépendante dans cette étude : elles ont été estimées à l'aide d'un questionnaire d'autoévaluation. À l'inverse, les compétences des élèves en résolution de problèmes ont été évaluées de façon directe. Cette procédure n'est pas suffisamment détaillée pour en tirer des conclusions sur leur niveau de

compétence dans les différentes composantes de la résolution de problèmes. Cette insuffisance de détail dans l'évaluation des compétences ne permet pas de lier un quelconque aspect spécifique observé chez les élèves à une particularité de l'usage des TIC par les enseignants. Il est également regrettable que les enseignants utilisateurs des TIC retenus ne soient pas tous utilisateurs d'application mathématique. Afin d'atténuer cette vision globalisante, la collecte de données a comporté une entrevue de groupe semi-dirigée auprès d'élèves dont l'enseignant de mathématique est utilisateur de l'ordinateur, ainsi qu'une entrevue individuelle semi-dirigée auprès de leur enseignant de mathématiques (voir annexes C et D). Les données ainsi recueillies peuvent être utilisées pour compléter les informations tirées de l'enquête.

Certaines conditions locales dans la collecte de données peuvent soumettre les résultats à des limites objectives. Notamment, la collecte s'étant déroulée au cours du second semestre de l'année scolaire, il n'est pas certain que tous les enseignants aient déjà passé suffisamment de temps avec leurs élèves pour s'assurer qu'ils aient eu suffisamment d'influence sur leurs compétences mesurées. Le niveau de l'influence de l'enseignant sur les performances de ses élèves n'est probablement pas le même pour deux enseignants dont l'un débute avec de nouveaux élèves et l'autre poursuit avec ses anciens élèves. Afin de prendre en compte ce paramètre et pallier le biais qui peut en résulter, les deux questionnaires comportent une question destinée à mesurer le temps d'exposition des élèves aux enseignements de leur professeur.

Conclusion

Cette étude consiste donc à chercher une éventuelle relation entre les compétences TIC des enseignants de mathématiques et les compétences en résolution de problèmes de leurs élèves. Elle adopte une approche quantitative pour chercher une corrélation entre les deux variables identifiées. La collecte de données se fait par questionnaires auprès d'une vingtaine d'enseignants de mathématiques dont la moitié est initiée à l'usage de l'ordinateur,

ainsi qu'auprès de près de 600 élèves proposés par ces enseignants. Elle est effectuée dans la période février-mars 2008 et suivie du codage des données pour des analyses statistiques dont les résultats seront discutés en tenant compte des limites liées au contexte.

Chapitre 4

Présentation des articles

Cette thèse est rédigée par articles avec l'autorisation de la Faculté des sciences de l'éducation de l'Université de Montréal. Conformément aux règles en la matière, une demande d'autorisation de rédiger la thèse par articles a été adressée à la Faculté des sciences de l'éducation et cette autorisation a été obtenue. Les articles ont été proposés en fonction des objectifs spécifiques de la recherche : 1) décrire comment les élèves du Burkina Faso utilisent l'ordinateur pour améliorer leur apprentissage des mathématiques ; 2) identifier des rapports éventuels entre l'utilisation de l'ordinateur par les élèves et leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques ; 3) identifier des rapports entre les compétences TIC de l'enseignant de mathématiques et les compétences de ses élèves en résolution de problèmes. Ce choix permet de présenter ainsi les résultats obtenus en tenant compte des relations entre eux.

Tous les articles tiennent compte des observations générales faites jusque-là. Chaque article présente sa problématique, son cadre théorique et sa méthodologie en fonction de son objectif. Chacun d'eux développe dans le sens de sa spécificité, mais reste dans le cadre général de l'utilisation des TIC et des compétences en résolution de problèmes mathématiques, ce qui occasionne quelques redondances d'un article à un autre. Ainsi dans chacun d'eux revient l'apport des TIC à l'éducation en général et à l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques en particulier, avec chaque fois une attention différente. Ces éléments communs sont complétés par des informations tirées du développement précédent ou simplement nouvelles et complémentaires. Ainsi, les trois articles sont bien distincts et chacun peut être traité de façon autonome.

Les revues ciblées pour la publication des articles ont été choisies dans un souci de large diffusion des recherches et de recherche de riches critiques sur leur contenu. L'épreuve de l'admission des articles proposés sera certainement formatrice

pour l'auteur qui, en dehors d'une présentation par affiche au 76^e congrès de l'Association francophone pour le savoir (ACFAS), n'a qu'un seul article publié dans la revue *Frantice* du Réseau de chercheurs en technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement (RESATICE). Le choix s'est naturellement porté vers des revues francophones, mais aussi vers une revue anglophone pour se donner l'opportunité d'aborder l'épreuve linguistique. L'ordre de présentation des articles a été choisi de manière à permettre une progression logique entre leurs contenus.

Le premier article proposé a pour objectif : Décrire l'utilisation de l'ordinateur par les élèves du Burkina pour améliorer leur apprentissage des mathématiques. Son titre est : *Utilisation de l'ordinateur par les élèves de l'enseignement secondaire du Burkina Faso pour l'apprentissage mathématique*. L'article, après un survol des avantages que des apprenants ont tirés en Europe et en Amérique de l'utilisation des TIC dans l'apprentissage des mathématiques, dresse un tableau des outils logiciels disponibles pour l'apprenant ayant accès à un ordinateur et éventuellement à l'Internet. Puis, il explique la méthodologie qualitative adoptée avant de présenter les résultats obtenus.

L'article est conçu pour être présenté à la revue *Computers & Education*. C'est une revue internationale en langue anglaise publiée par la société mondiale ELSEVIER basée à Amsterdam, aux Pays-Bas. Elle est distribuée en ligne partout dans le monde auprès d'un large public.

Le deuxième article porte sur le deuxième objectif : Identifier des rapports éventuels entre l'utilisation de l'ordinateur par les élèves et leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques. Il est intitulé : *Lien entre utilisation des TIC et compétences en résolution de problèmes mathématiques chez des élèves du secondaire au Burkina Faso*. Il commence par un rappel sur les apports des TIC à l'apprentissage des mathématiques et à la résolution de problèmes avant de présenter l'enseignement secondaire au Burkina Faso et la manière dont les TIC s'y retrouvent. Puis, il souligne l'importance de la résolution des problèmes dans les programmes de

mathématiques de l'enseignement secondaire avant de présenter les connaissances théoriques sur ce sujet. Ainsi l'article présente deux approches différentes de la résolution de problèmes, ses processus et son apprentissage avant de souligner l'apport des TIC à sa mise en œuvre. La méthodologie retenue ici est présentée avant de procéder aux tests permettant de décider sur l'existence éventuelle de rapport entre l'utilisation des TIC et les compétences des élèves en résolution de problèmes.

Cet article est destiné à la Revue des sciences de l'éducation qui est une entreprise commune aux universités francophones du Canada. Cette revue est largement diffusée au Canada et en Europe auprès d'un lectorat s'intéressant aux questions actuelles des sciences de l'éducation.

Le troisième article porte sur le troisième objectif : Identifier des rapports entre les compétences TIC de l'enseignant de mathématiques et les compétences de ses élèves en résolution de problèmes. Il s'intitule : *Compétences technologiques des enseignants et compétences en résolution de problèmes mathématiques des élèves : y a-t-il un parallèle ?* Cet article aborde la problématique de l'influence de la culture de l'enseignant sur l'apprentissage de ses élèves. S'orientant particulièrement sur l'apprentissage de la résolution de problèmes, il fait l'état des compétences TIC accessibles à l'enseignant et l'usage que celui-ci peut faire des TIC pour améliorer son action. Puis, l'approche quantitative retenue est présentée avant l'analyse statistique des données recueillies.

Cet article est destiné à la Revue canadienne de l'éducation (RCÉ) ou Canadian Journal of Education (CJE). Cette revue publiée par la Société canadienne pour l'étude et l'éducation (SCÉÉ) est une revue bilingue appréciée des chercheurs et chercheurs en éducation du Canada. Elle est largement diffusée aussi bien dans le monde francophone qu'anglophone.

**Premier article : Utilisation de l'ordinateur par les
élèves de l'enseignement secondaire du Burkina Faso
pour l'apprentissage mathématique**

**Utilisation de l'ordinateur par les élèves de l'enseignement secondaire du
Burkina Faso pour l'apprentissage mathématique**

Issa Boro
Université de Ouagadougou

Computer & Education (à soumettre)

Résumé

De nombreuses expériences incitent à l'usage des TIC, en particulier de l'ordinateur par les élèves pour faciliter ou améliorer leur apprentissage en général, particulièrement en mathématiques. Au Burkina Faso, où l'accès à un ordinateur est très faible pour les élèves de l'enseignement secondaire, ceux d'entre eux qui y ont accès développent un usage informel dont l'intérêt pour leur apprentissage est sujet à un questionnement. À travers des entretiens avec des élèves du Burkina sur les outils logiciels et l'usage qu'ils en font, la présente étude examine l'utilisation de l'ordinateur par des élèves du Burkina et révèle des pratiques plutôt inattendues.

Mots clés : Burkina Faso, apprentissage, mathématiques, enseignement secondaire.

Introduction

Dans la société moderne, l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques sont influencés par le développement des TIC et l'ordinateur devient de plus en plus un outil pour l'élève (Karsenti, 2005). De nombreuses études suggèrent l'utilisation des TIC par les élèves pour développer, faciliter et améliorer leur apprentissage (Balanskat, Blamire et Kefala, 2006 ; Becta, 2003a ; Becta, 2003b) et on rapporte des cas où l'utilisation des TIC a favorisé le développement des compétences des apprenants en résolution de problèmes. L'usage de l'ordinateur est de plus en plus familier aux élèves des écoles des pays développés et, au-delà de son caractère motivant pour l'élève (Anderson, 2006), il se révèle très avantageux pour leurs performances. L'analyse de plusieurs expériences européennes a permis d'établir que l'usage des TIC entraîne chez les jeunes de 7 à 16 ans des gains significatifs en anglais, en sciences, en conception et technologie (Balanskat et al., 2006). Ces études indiquent une amélioration des performances des élèves aux tests en mathématiques et sciences suite à l'amélioration de leur accès aux TIC, et assurent

l'existence d'un lien entre la durée du temps d'utilisation de l'ordinateur par les élèves et leurs performances en mathématiques (Balanskat et al., 2006).

1. Problématique

L'utilisation de l'ordinateur pour l'enseignement ou l'apprentissage se réfère toujours à une théorie de l'apprentissage et pas toujours la même (Depover, Karsenti et Komis, 2007). La conception des logiciels d'autoformation, tels les tutoriels qui sont d'usage courant, est fortement d'inspiration behavioriste avec un ensemble de situations prévues et des réactions programmées pour chacune d'elles. Le cognitivisme a inspiré des logiciels d'apprentissage hypermédias invitant l'apprenant à se construire des représentations à partir d'associations qu'il lui est possible de faire entre des contenus sur divers médias. Le constructivisme a inspiré des applications pédagogiques permettant à l'apprenant de créer en cherchant et découvrant dans une communauté virtuelle, tel le projet Jasper de Cognition and Technology Group (Depover et al., 2007).

Au Burkina Faso, il n'y a pas d'utilisation formelle des TIC dans le cadre scolaire, mais un usage marginal et intuitif s'y développe. Les statistiques 2008 de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) indiquent pour ce pays que 0,08% de la population sont abonnés à Internet, 0,92% l'utilisent et 0,03% sont abonnés à un réseau à haut débit. Si de plus en plus d'établissements d'enseignement secondaire du pays s'équipent en ordinateurs, ceux où les élèves y ont accès demeurent encore bien rares. Les lieux d'accès des élèves à l'ordinateur sont majoritairement les centres communautaires informatiques (appelés cybercentres) et les domiciles pour quelques rares privilégiés. Ceci laisse prévoir un usage majoritairement non pédagogique, pourtant de plus en plus d'élèves revendiquent un usage de l'ordinateur à des fins d'apprentissage. Il se pose alors la question de savoir comment ils relient cet usage marginal de l'ordinateur à leur apprentissage quotidien, particulièrement à leur apprentissage des mathématiques. L'objectif de la présente étude est d'identifier les utilisations que les élèves du Burkina Faso ont de

l'ordinateur en rapport avec leur apprentissage des mathématiques, en l'absence de cadre prévu pour l'intégration pédagogique de cet outil.

2. Cadre théorique

Avec l'explosion des TIC dans la société moderne, les acteurs de l'éducation s'évertuent à en adapter l'usage et à en exploiter les outils pour leurs besoins. Que ce soit de manière formelle et organisée comme avec l'enseignement assisté par ordinateur (E.A.O.) ou de façon intuitive et informelle avec un usage personnel non encadré, l'ordinateur permet à l'apprenant d'évoluer dans un domaine de connaissance donné. Partant des usages observés, Touré, Mbangwana et Sene (2009) identifient sept catégories dans lesquelles se répartissent les fonctions des TIC :

- les outils de traitement de texte comprenant les logiciels de traitements de texte, les correcteurs orthographiques et les thésaurus ;
- les logiciels éducatifs comprenant les logiciels de résolution de problèmes, les exercices, les didacticiels ;
- les outils d'analyse et d'information comprenant les systèmes de gestion de base de données, les tableurs et calculatrices, les graphes, les programmes de statistiques ;
- les jeux éducatifs et de divertissement, les simulations d'expériences ou de micro monde ;
- les outils graphiques tels les logiciels de dessin, de création plastique ou de composition musicale ;
- les outils de communication tels le courrier électronique, le chat et la messagerie instantanée, mais également les forums et les babillards électroniques ;
- les multimédias tels les vidéodisques et la technologie des robots.

Ces catégories permettent de couvrir l'ensemble des applications généralement rencontrées en informatique sans nécessairement les mettre en rapport avec l'enseignement et l'apprentissage. Mais d'autres classifications complètent cet

aspect en mettant en relief l'intérêt pédagogique de chaque catégorie considérée. S'intéressant aux applications « grand public » de l'informatique, c'est-à-dire non initialement dédiées à l'éducation, Depover et al. (2007) ont répertorié une gamme d'outils et de logiciels utilisés en éducation :

- Les logiciels de traitement de texte : ce sont des applications destinées à la saisie, la mise en forme et l'impression de documents écrits. Logiciel le plus utilisé par le grand public, le traitement de texte s'est fait une place en éducation sans que ses effets y soient assez nets.
- Les tableurs : ce sont des applications destinées à la saisie, à l'organisation, au traitement et à la présentation de données numériques. Grâce à leurs capacités de calcul et de représentation graphique, ces applications trouvent de larges domaines d'utilisation dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.
- Les sites Web de documentation et les portails éducatifs, qui constituent une importante banque de ressources pour enseignants et apprenants.
- Les systèmes de gestion de bases de données (SGBD) dont l'utilisation pédagogique se passe soit lors de recherches dans le contenu de la base, soit dans le cadre d'apprentissage des technologies informatiques.
- Les logiciels de traitement multimédia : ce sont des applications telles les logiciels de présentation d'usage répandu au niveau universitaire, les logiciels de traitement d'image, de son ou de vidéo, ou encore les logiciels de visualisation qui permettent de concrétiser des phénomènes abstraits ou de saisir des structures complexes.

Cette classification qui met l'accent sur l'utilité de ces outils a l'avantage d'indiquer la place de l'ordinateur dans l'éducation. Avec leur omniprésence dans la société moderne, les logiciels ont trouvé entre les mains des acteurs de l'éducation un usage adapté à leurs besoins. Mais l'apprentissage en lui-même a bien fait l'objet d'étude (Mialaret, 1991) avant l'arrivée de la technologie. Et l'apprentissage des mathématiques a bénéficié des théories générales de l'apprentissage, dont trois modèles inspirent l'utilisation des TIC (Depover et al., 2007) :

- Le modèle behavioriste définit l'apprentissage comme une réponse adéquate à un stimulus, qui s'acquiert par association au moyen d'un renforcement. Cette approche a influencé l'apprentissage hiérarchique proposé par Gagné qui vise l'acquisition de capacités dont les plus élevées sont celles en résolution de problèmes. Cette vision va évoluer pour considérer l'apprentissage comme un processus actif qui s'appuie sur des activités de découverte et d'investigation (Joshua et Dupin, 1993).
- Le modèle cognitiviste préconise l'utilisation des facultés mentales et le développement des stratégies d'acquisition des connaissances. Les apprentissages heuristiques forment la connaissance lorsque l'apprenant s'efforce de s'expliquer le cheminement qui le conduit à la solution d'un problème (Joshua et Dupin, 1993); ce principe est utilisé dans l'apprentissage par résolution de problèmes, démarche utilisée souvent en mathématiques.
- Le modèle constructiviste qui considère que la connaissance est activement construite par l'apprenant à travers une reconstruction personnelle d'une réalité issue de l'interaction avec son environnement (Depover et al., 2007). Ainsi, l'apprentissage passe par une prise de conscience de l'apprenant des limites de ses connaissances antérieures, donc d'un besoin d'une nouvelle connaissance qui sera construite par son action.

L'apprentissage des mathématiques n'échappe pas à l'ancienne conception transmissive qui demande à l'apprenant de l'attention, l'imitation, la répétition, mais subit l'influence des différentes théories, plus généralement les idées constructivistes (Joshua et Dupin, 1993). L'apprenant construit ses connaissances par une interaction active avec son environnement physique et social. Il apprend à travers une série d'activités personnellement significatives. Face à une situation-problème, les stratégies qu'il adopte sont étroitement liées à ses connaissances dans le domaine et à leur structuration, et les résultats auxquels il parvient dépendent du sens que prennent les concepts et relations.

Cette vision constructiviste de l'apprentissage mathématique correspond à la perspective soulignée par Depover et al. (2007) pour l'utilisation de l'ordinateur en éducation, ce qui incite à faire une synthèse de l'utilisation de cet outil en termes d'activités informatiques possibles pour l'élève. Les activités identifiées pourraient se mener aussi bien sous la direction d'un enseignant qu'en autonomie. Celles qui seront retenues pour la présente étude sont :

- L'édition de document numérique : elle concerne la création, la modification ou la manipulation en général de documents numériques tels du texte, une feuille de calcul, un diaporama, une composition, un dessin, une image, un son ou une vidéo.
- La recherche documentaire : ce sont les activités d'investigation s'appuyant sur Internet ou toute banque de ressources et destinées à fournir l'accès à une information, un document ou un outil.
- La résolution de problèmes : ces activités peuvent concerner aussi bien la programmation ou la conception d'outil que l'utilisation d'outil tel un exerciceur.
- L'apprentissage : il s'appuie généralement sur des assistants de travail en autonomie tels les tutoriels et les didacticiels.
- Les jeux et divertissements : ce sont des jeux vidéos et des versions électroniques de jeux courants, et également des séquences audio ou vidéo.
- La communication : c'est l'utilisation de tout moyen de communication basé sur l'ordinateur pour échanger des messages ou documents avec un correspondant.

Toutes ces activités peuvent se mener à des fins d'apprentissage aussi bien sous le guide d'un enseignant qu'en totale autonomie pour un utilisateur ayant déjà une certaine maîtrise de l'outil à utiliser. Cependant, il ne faut pas perdre de vue les différences entre filles et garçons quant à l'exposition aux TIC rapportées par les chercheurs (Jarrett, 1998 ; Jurich, 1999 ; Gillwald, Milek et Stork, 2010). Probablement dues à des préjugés sociaux, ces différences se traduisent par un plus court temps de contact avec la technologie chez les filles : elles ont moins

d'opportunités de s'en servir et ne sont souvent pas prises en compte dans le choix des sujets impliquant l'usage de la technologie. La collecte de données s'est donc adressée à des sujets qui, bénéficiant d'un accès régulier à l'ordinateur, assurent savoir s'en servir et s'en servent pour apprendre.

3. Méthodologie

Le but de cette étude étant de comprendre comment les élèves du Burkina Faso utilisent l'ordinateur pour apprendre les mathématiques, en particulier pour développer leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques, le public concerné a été choisi en fonction de son accès à cet outil et sa conviction de l'utiliser à des fins d'apprentissage. S'agissant d'une étude qualitative/interprétative (Savoie-Zajc et Karsenti, 2004) elle procède par un échantillonnage théorique suivi d'une collecte de données puis d'une analyse inductive de celles-ci. L'échantillon retenu se compose d'élèves de première scientifique d'un lycée de la capitale du Burkina Faso, Ouagadougou, choisis par leur enseignant de mathématiques sur la base de leur affirmation d'avoir un accès régulier à l'ordinateur et de l'utiliser à des fins d'apprentissage. Le choix de l'enseignant a été confirmé après vérification de la diversité des lieux d'accès et du genre des élèves. L'accès à l'outil informatique étant plutôt faible pour les élèves de l'enseignement secondaire du Burkina Faso, l'étude a concerné un échantillon de cinq élèves du même lycée, trois garçons et deux filles.

La collecte de données a été effectuée à travers des entrevues semi-dirigées individuelles dans l'enceinte de leur établissement. Dans un souci de triangulation, l'enseignant de mathématiques ayant en charge les élèves participant à l'étude s'est prêté également à une entrevue semi-dirigée. Ces entretiens, d'une vingtaine de minutes chacune, ont été enregistrés avant d'être transcrits pour une analyse de contenu. Les variables considérées pour le codage sont l'activité de l'élève avec l'ordinateur et son estimation de l'intérêt de son usage de l'ordinateur. Les entretiens transcrits ont été traités avec le logiciel Weft QDA. Parmi les élèves rencontrés, quatre disposent d'un ordinateur à domicile, trois vont dans un cybercentre commercial pour y accéder, un y accède également chez des amis. Ceux qui disposent

à domicile d'un accès à l'ordinateur déclarent lui consacrer par semaine 4 à 10 heures de temps d'utilisation. Une seule participante ne dispose pas à domicile d'un accès à l'ordinateur, elle consacre 2 heures de chaque week-end à y accéder dans des cybercentres privés. Parmi les élèves disposant d'un ordinateur à domicile, un seul se déclare autodidacte en informatique, il découvre en tâtonnant et arrive ainsi à dépanner sa machine sans aide, installe ses logiciels lui-même. Les autres ont recours à l'aide de leurs parents à domicile, ou du personnel du cybercentre privé quand ils y vont. Ils tentent de s'informer auprès de personnes qu'ils considèrent comme plus avisées ou plus expérimentées pour surmonter les difficultés rencontrées dans l'utilisation de l'ordinateur.

En raison des contraintes de temps et de moyens, cette étude ne comporte pas d'observation des pratiques des élèves et le nombre très limité des participants n'a pas incité à une évaluation de leurs compétences. Ces considérations limitent l'étendue des résultats et n'en permettent pas une généralisation systématique.

4. Résultats

De façon générale, les élèves utilisent l'ordinateur pour saisir des documents textes, mais aucun d'eux n'a mentionné l'utilisation d'un éditeur d'équation. Comme dit une des élèves : « c'est surtout pour des recherches pour mes exposés, la saisie des textes et la communication à travers le mail. » Ils se limitent à l'utilisation basique d'un traitement de texte, certains se contentant simplement d'y organiser des séquences de texte récupérées sur la toile. Ils utilisent l'Internet en général pour communiquer avec divers correspondants dont des parents, des amis ou des pairs, mais aussi pour se documenter. Dans le cadre mathématique, cette documentation se limite à la recherche d'exercices ou de sujets d'examen ou de concours, surtout de corrigés proposés pour les exercices ou sujets trouvés.

L'outil considéré par les élèves comme celui des mathématiques sur l'ordinateur est Encarta Maths. C'est un logiciel d'apprentissage des mathématiques incorporant une calculatrice graphique et des outils d'aide à la résolution de

problèmes. Parmi les élèves ayant participé aux entretiens, les 3 garçons déclarent s'en servir pour apprendre à résoudre leurs problèmes de mathématiques. Leur manière de s'en servir se schématise par trois étapes :

- 1 – Identifier un exercice qui peut être pris en charge par Encarta maths.
- 2 – Tenter de traiter l'exercice sans assistance.
- 3 – Explorer le corrigé proposé par Encarta maths.

Les élèves assimilent cette démarche au rôle d'un répétiteur et certains estiment ainsi n'avoir plus besoin de professeur. « Pour faire des maths, je cherche dans Encarta des exercices que j'essaie de traiter avant de regarder la correction. » Dans leur usage de cet outil, certains cèdent à la tentation de demander au logiciel la correction d'un travail de classe qui leur donne du souci. L'un d'eux affirme : « quelques fois j'entrais des équations juste pour voir ce que ça donnait, au fur et à mesure je trouvais cela intéressant, car quelques fois on me donnait à tracer des courbes dont je ne vois même pas l'allure. »

Les filles déclarent n'avoir jamais utilisé d'outil d'apprentissage des mathématiques sur l'ordinateur, car elles imaginent cet apprentissage plus difficile qu'avec les supports traditionnels : « je me dis que ce n'est pas aisé de traiter des exercices de maths avec l'ordinateur, donc je ne le fais pas ; » ou encore « je n'ai jamais utilisé l'ordinateur pour faire des maths, car je me dis que ce serait plus confus qu'avec les livres. » Par contre, les garçons estiment que le travail avec l'ordinateur est plus facile et permet de mieux apprendre. Ils ont foi en l'ordinateur et évoquent sa fiabilité imaginée par une des filles. Tous ces élèves utilisent l'Internet pour communiquer avec des correspondants divers. Ils considèrent que cette communication est plus rapide et moins onéreuse mais ne la mettent pas en rapport avec leur apprentissage : « avec le mail et la messagerie instantanée, on communique à moindres frais qu'au téléphone. » Ils citent seulement la recherche documentaire sur Internet comme partie de cet apprentissage. En effet, ils recherchent sur Internet des exercices nouveaux ou innovants dans les difficultés qu'ils peuvent rencontrer, avec éventuellement leurs corrigés.

Tableau 3
Activités et avis des élèves rencontrés

Sujet	Lieux d'accès	Outil utilisé	Activité	Avis sur l'usage de l'ordinateur pour apprendre
Élève1	Domicile	Encarta Math, Web	Édition de document, Recherche, Communication, Résolution de problèmes	Facilité de manipulation, bon répétiteur, pas besoin de prof
Élève2	Domicile + Cyber	Traitement de texte, Web	Édition de document, Recherche, Communication, Résolution de problèmes	L'utilisation de l'ordinateur améliore le niveau de l'élève
Élève3	Domicile	Encarta Math, Web	Édition de document, Recherche, Communication, Résolution de problèmes	C'est plus facile avec l'ordinateur, c'est un outil fiable
Élève4 (fille)	Domicile	Traitement de texte, Web	Édition de document, Recherche, Communication	Ce n'est pas aisé de faire des maths avec l'ordinateur
Élève5 (fille)	Cyber+amis	Traitement de texte, Web	Édition de document, Recherche, Communication	J'imagine que ce serait plus fiable qu'avec les livres

Ces points de vue des élèves sur l'usage de l'ordinateur dans l'apprentissage ne sont pas totalement appuyés par leur enseignant de mathématiques qui doute que ses élèves aient un tel usage. Celui-ci affirme sur la base de ses expériences passées que l'utilisation de l'ordinateur par un élève pour l'apprentissage des mathématiques devrait se ressentir sur son travail : « j'ai enseigné à l'école française et là je percevais que les élèves s'en servaient ; ils fouillaient à travers Internet, ils avaient des annales qu'ils tiraient d'Internet avec des corrigés, pour certains devoirs, il fallait faire attention pour ne pas tomber totalement dans leurs mains. » Il considère que ceux qui mènent sur Internet de larges investigations élargissent leur vision, leur expérience des problèmes à tel point que peu de problèmes les surprennent. Cependant, il ne perçoit pas de tels effets chez les sujets de l'étude et estime que cela s'explique soit par un non-usage ou par un mauvais usage de l'ordinateur : « ou ils n'utilisent pas, ou ils ne savent pas utiliser, sinon cela devrait se ressentir. » Les sujets ci-considérés se distingueraient selon lui seulement par une plus grande ouverture au débat et beaucoup d'esprit critique.

5. Discussion

À travers les résultats obtenus se dessine une nette tendance de ces élèves du Burkina Faso à une utilisation de l'ordinateur dans une logique transmissive. Ils perçoivent celui-ci comme un concurrent et remplaçant de l'enseignant. Les activités dominantes qu'ils pratiquent avec l'ordinateur sont orientées vers l'acquisition d'information et l'édition de document numérique, et elles sont pratiquées dans une approche qui s'écarte de la perspective constructiviste observée en général par Depover et al. (2007) dans l'intégration pédagogique des TIC. Cette tendance semble également privilégiée par l'enseignant qui souligne la quantité remarquable d'information que devraient détenir les élèves utilisant régulièrement l'ordinateur. La logique transmissive de l'utilisation de l'ordinateur est surtout marquée par la démarche observée pour l'apprentissage de la résolution de problèmes, qui se résume en un dressage sur les différents types de problèmes rencontrés.

Par ailleurs, comme l'affirmaient Jarrett (1998) et Jurich (1999), on observe une utilisation plus faible et moins hardie chez les filles, qui se contentent des applications qu'elles considèrent comme simples, notamment le traitement de texte. Elles imaginent difficiles les activités mathématiques avec l'ordinateur même si elles font confiance à leurs résultats. Ces difficultés imaginaires pourraient être la simple manifestation de stéréotypes de genre à l'égard de l'ordinateur, semblables à celles sur le genre et les mathématiques (Chatard, Guimond et Selimbegovic, 2007).

Néanmoins, les activités menées par ces élèves ayant accès à l'ordinateur le sont dans un souci d'apprentissage autonome et contribuent probablement à renforcer leur culture personnelle aussi bien en mathématiques que dans d'autres disciplines. La recherche documentaire, la communication et la résolution de problèmes pratiquées, même dans une approche transmissive, ont certainement leur contribution à l'apprentissage mathématique des élèves, mais ces activités ne sont pas menées de façon à renforcer sensiblement cet apprentissage. Même les jeux de stratégie ou de logique contribuant au développement des capacités de raisonnement mathématique ne sont pas d'usage chez les élèves du Burkina Faso. L'utilisation de logiciels d'apprentissage, activité adaptée au contexte d'autonomie dans lequel ces élèves utilisent l'ordinateur n'est pas rencontrée, ce qui indique une profonde insuffisance dans l'utilisation de l'ordinateur à des fins d'apprentissage

Conclusion

La présente étude cherchait à identifier les utilisations de l'ordinateur par les élèves du Burkina Faso en rapport avec leur apprentissage des mathématiques, dans un contexte non favorable à une intégration pédagogique de cet outil. On observe de plus en plus d'actions menées pour réduire la fracture numérique entre le Nord et le Sud, et de nombreux pays africains en bénéficient sans que l'impact sur l'éducation ne soit évident. En général, les bénéficiaires imaginent bien qu'ils devraient en tirer un certain avantage sans vraiment savoir comment y parvenir. Des entretiens avec des élèves du Burkina, il ressort que l'usage qui est fait de l'ordinateur par la faible

portion d'élèves y ayant accès est plutôt intuitif et ressemble plus à une transposition, dans ces nouveaux supports, des pratiques habituelles avec les supports pédagogiques traditionnels. L'ordinateur est essentiellement perçu par ceux-ci comme un enseignant auxiliaire, un répétiteur qui consacre et poursuit en autonomie l'enseignement traditionnel. Les filles le considèrent comme un outil fiable, mais ajoutant plutôt de la difficulté à l'apprentissage des mathématiques. Il apparaît donc que l'utilisation autonome de l'ordinateur par ces élèves n'est pas assez bien organisée et l'on peut se demander dans quelle mesure elle contribue à leur apprentissage quels sont ses effets observables dans l'apprentissage mathématique.

Références

- Anderson, S.B. (2006). Newly qualified teachers' learning related to their use of information and communication technology: a Swedish perspective [version électronique]. *British Journal of Educational Technology*, 37(5), 665-682.
- Balanskat, A., Blamire, R. et Kefala, S. (2006). *The ICT impact report: A review of studies of ICT impact on schools in Europe*. European Schoolnet. Consulté le 13 février 2010 à <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/unpan/unpan037334.pdf>.
- Becta (2003a). *Government and partners : what the research says* [version électronique] consulté le 12 mai 2007 à http://partners.becta.org.uk/page_documents/research/wtrs_maths.pdf.
- Becta. (2003b). *ICT and attainment : A review of the literature*. [version électronique] London, UK: Becta ICT Research. Consulté le 12 mai 2007 à http://partners.becta.org.uk/upload-dir/downloads/page_documents/research/ict_attainment_summary.pdf.
- Chatard, A., Guimond, S. & Selimbegovic, L. (2007). "How good are you in math?" The effect of gender stereotypes on students' recollection of their school marks. *Journal of Experimental Social Psychology*, 43, 1017-1024.

- Depover, C., Karsenti, T. Et Komis, V. (2007). *Enseigner avec les technologies : favoriser les apprentissages, développer les compétences*. Québec : Presses de l'Université du Québec (Éd.)
- Gillwald, A., Milek, A et Stork, C. (2010). Gender Assessment of ICT Access and Usage in Africa. *Towards Evidence-based ICT Policy and Regulation, 1*, Paper 5. Consulté le 25 mai 2011 à http://www.researchictafrica.net/publications/Towards_Evidence-based_ICT_Policy_and_Regulation_-_Volume_1/RIA%20Policy%20Paper%20Vol1%201%20Paper%205%20-%20Gender%20Assessment%20of%20ICT%20Access%20and%20Usage%20in%20Africa%202010.pdf
- Jarrett, D. (1998). *Integrating technology into middle school mathematics: it's just good teaching* [version électronique]. Portland, OR: Northwest Regional Educational Laboratory. Consulté le 2 juin 2007 à <http://www.nwrel.org/msec/book6.pdf>.
- Johsua, S. & Dupin, J.J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Jurich, S. (1999). Computers in the classroom: how effective? *Technologia: International Journal of Technologies for the Advancement of Knowledge and Learning*. Consulté le 19 décembre 2010 à http://www.techknowlogia.org/TKL_active_pages2/CurrentArticles/main.asp?IssueNumber=2&FileType=PDF&ArticleID=43.
- Karsenti, T. (2005). Les technologies de l'information et de la communication dans la pédagogie. In C. Gauthier et M. Tardif. *La pédagogie : Théories et pratiques de l'antiquité à nos jours* (2nde éd. chap. 12, pp. 256-273) Gaëtan Morin (Éd.).
- Mialaret, G. (1991). *Pédagogie générale*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Savoie-Zajc, L. et Karsenti, T. (2004). La méthodologie. In T. Karsenti & L. Savoie-Zajc (Eds.) *La Recherche en Éducation : Étapes et Approches* (pp. 111-121) Éditions du CRP, Sherbrooke, Canada.

Touré, M. A., Mbangwana, M. et Sene. P. A. (2009). Que sont les TIC en Afrique : typologie des outils et systèmes. In T. Karsenti, *Intégration pédagogique des TIC : Stratégies d'action et pistes de réflexion*. pp. 33-56. Ottawa : CRDI.

**Deuxième article : Lien entre l'utilisation des TIC et
les compétences en résolution de problèmes
mathématiques chez des élèves du secondaire au
Burkina Faso**

**Lien entre l'utilisation des TIC et les compétences en résolution de problèmes
mathématiques chez des élèves du secondaire au Burkina Faso**

Issa Boro
Université de Ouagadougou

Revue des sciences de l'éducation (à soumettre)

Résumé

De nombreuses études ont montré des bienfaits de l'entrée des TIC dans la classe. Cependant, la plupart des élèves africains, particulièrement ceux du Burkina Faso, font encore face à d'énormes difficultés pour accéder à ces technologies. Une utilisation marginale et informelle de l'ordinateur se développe dans ce contexte et il est intéressant d'en examiner les effets sur les compétences des utilisateurs en résolution de problèmes mathématiques. Cet article s'appuie sur des données d'une étude doctorale pour appréhender de tels effets tout en relevant les utilisations courantes que les élèves du Burkina Faso ont de l'ordinateur. Des élèves du Burkina Faso sont soumis à un test d'évaluation des compétences en résolution de problèmes mathématiques sachant que parmi eux certains n'ont jamais utilisé d'ordinateur. Les résultats du test sont présentés ici et mettent en relief la nécessité d'une certaine formalisation de l'utilisation de l'ordinateur par les élèves pour en attendre des effets sensibles.

Mots clés : Burkina Faso, résolution de problèmes, mathématiques, enseignement secondaire.

Introduction

Avec le développement des technologies de l'information et de la communication (TIC) et la culture d'Internet, les apprenants développent leur habileté à trouver de l'information et échanger avec leurs pairs pour acquérir de façon commode, rapide et facile des connaissances ou des compétences, bouleversant au passage les hiérarchies (Karsenti, 2005). Tschacher (2003) affirmait qu'Internet a de plus en plus d'impact sur le cours de mathématiques à travers les ressources pédagogiques et culturelles, qu'il rend accessibles le partage et la collaboration qu'il favorise en tant qu'outil de communication. L'utilisation de l'ordinateur à des fins d'apprentissage mathématique se développe et gagne de plus en plus de partisans au

Burkina Faso malgré le grand retard technologique qui peut y être observé. Des élèves ont accès à l'ordinateur dans une faible proportion et en ont une utilisation dont la portée pédagogique n'est pas maîtrisée. L'objectif de cette étude est d'identifier des rapports éventuels entre cette utilisation de l'ordinateur par les élèves et leurs performances en mathématiques, en particulier avec leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques.

1. Problématique

Les TIC semblent susciter beaucoup d'espoir pour le développement de l'éducation particulièrement dans les pays en développement. Ces espoirs reposent parfois sur de simples représentations que certains se font de ces outils, mais souvent sur des résultats plus ou moins partiels obtenus par d'autres utilisateurs. Baillargeon (2000) considère que les aspects mercantiles prennent de plus en plus le pas sur les enjeux de communication dans le développement d'Internet. Mais l'on s'accorde en général sur les apports d'Internet en matière de documentation, et l'enseignement des mathématiques tire parti de la capacité de l'ordinateur à fournir rapidement une représentation d'un problème, d'un concept, afin de lui donner du sens et de favoriser son appropriation par l'élève ; en particulier, les logiciels de géométrie permettent une représentation précise et rapide de figures géométriques, illustrant agréablement les concepts présentés (Chauvat, 2003 ; Dahan, 2001 ; Dahan, 2002). De même, l'ordinateur permet de relier différents aspects (algébrique, géométrie...) d'un même concept ou d'une même situation (Dahan, 2002 ; Tournès, 2003) ce qui peut présenter un intérêt particulier dans la résolution de problèmes ; il permet d'explorer des situations en faisant apparaître de façon dynamique différentes configurations (Bittar, 2003 ; Healy et De Lourdes Vaz, 2003).

L'utilisation du logiciel Cabri améliore considérablement l'enseignement aussi bien de notions de géométrie (Dahan, 2001 ; Genevès, 2003 ; Kuntz, 1998) que de notions d'algèbre et d'analyse (Dahan, 2002 ; Tournès, 2003). Tournès (2003) a montré comment le logiciel Cabri peut être utilisé pour présenter de façon attrayante et à la portée des élèves, des éléments importants de l'analyse numérique en

s'appuyant sur des constructions géométriques, des simulations et des calculs comparatifs. En cherchant à comprendre l'influence d'un outil de calcul sur la construction de la connaissance, et ce, à travers l'analyse des contraintes de l'outil, Trouche (2003) a introduit le concept d'orchestration instrumentale pour expliquer comment, à travers l'utilisation de l'outil dans la résolution de problèmes, on atteint un but didactique dans la construction de savoir chez les apprenants. Certaines études européennes (Balanskat, Blamire et Kefala, 2006) ont révélé une amélioration des performances des élèves aux tests en mathématiques et sciences suite à l'amélioration de leur accès aux TIC, et assurent l'existence d'un lien entre la durée du temps d'utilisation de l'ordinateur par les élèves et leurs performances en mathématiques.

Tous ces avantages observés justifient l'engouement du monde de l'éducation pour les TIC et les efforts consentis par les parties prenantes de ce secteur pour y améliorer l'accès à celles-ci. Cependant, on observe une certaine pauvreté des informations sur les réalités des TIC dans le contexte africain en général, particulièrement dans le contexte burkinabé.

1.1 TIC et enseignement au Burkina Faso

Le Burkina Faso est un pays sahélien enclavé d'Afrique de l'Ouest, dont le PIB est 4,181 milliards de dollars US avec une croissance démographique de 2,82%. L'éducation y comprend essentiellement trois ordres d'enseignement (le primaire, le secondaire et le supérieur) avec des taux nets de scolarisation faibles (pour l'année 2005 l'Institut de Statistique de l'UNESCO les estime à 44% pour l'enseignement primaire, 11% pour l'enseignement secondaire, et pour l'enseignement supérieur un taux brut de scolarisation de 2%). À l'instar du continent africain (Wilkinson et Wilkinson, 2001), le pays présente en matière de technologies un contexte caractérisé par un faible accès aux infrastructures et une bande passante étroite. Les statistiques de l'Union Internationale des Télécommunication (ITU) révèlent qu'en 2007, 0,59% seulement de la population du Burkina utilisaient Internet et le pays comptait seulement 1700 abonnés à une connexion à haut débit. Beaucoup d'espoirs sont fondés sur la capacité des accès communautaires à améliorer le niveau d'accès aux

technologies, permettant d'envisager de meilleures perspectives pour les enseignants dont la plupart affichent un engouement manifeste pour la formation en ligne.

En 2005, le projet Worldlinks-Burkina Faso affirmait l'existence de salles équipées d'ordinateurs dans 60 établissements scolaires du pays. De plus, le nombre de cybercafés estimé à 150 en 2002 par la Délégation Générale à l'Informatique (DELGI), organe de pilotage de la politique nationale de développement des TIC, a largement augmenté aussi bien au niveau du nombre par ville que du nombre de villes concernées. Néanmoins le taux d'accès aux TIC reste très faible par rapport au niveau mondial de développement de l'infrastructure technologique. Par conséquent, la politique nationale d'intégration des TIC dans l'éducation ne se limite qu'au développement de l'infrastructure, aucune utilisation formelle dans l'enseignement ou l'apprentissage n'étant explicitement préconisée.

Cependant des usages isolés très variés et parfois surprenants sont observés dans les établissements bénéficiant d'un accès à l'ordinateur ou mieux encore à l'Internet. Barry (2004) a observé chez des enseignants de mathématiques du pays, l'usage de logiciels pédagogiques tels Cabri-Géomètre, Geoplan et Geospace ainsi que leurs didacticiels intégrés que sont Homoth et Intersep. En raison des difficultés et disparités dans l'accès aux équipements, l'utilisation de ces logiciels n'est pas systématique en classe ; elle se fait plutôt de façon informelle et personnelle, demeure marginale en rapport avec le travail scolaire. Pourtant, le Burkina Faso a marqué assez tôt son option pour l'entrée de l'ordinateur dans l'éducation à travers un projet pilote d'introduction de l'informatique dans l'enseignement secondaire général lancé en 1987 (Sam, 1999). L'enseignement des mathématiques y bénéficiera également en 1995 de la dotation des principaux lycées en calculatrices programmables. L'ouverture dans des établissements d'enseignement secondaire de salles équipées d'ordinateurs dont certaines avec accès à Internet s'y poursuit sur la base d'initiatives diverses souvent non concertées. Mais le système scolaire du Burkina Faso se caractérise singulièrement par des effectifs pléthoriques face à des moyens très insuffisants dans les classes.

À la différence des pays occidentaux où l'enfant est initié à l'usage de l'ordinateur dès le cycle primaire d'enseignement, l'accent est mis, comme dans beaucoup de pays africains où cet outil demeure encore un équipement de luxe, sur l'amélioration de son accès dans les établissements d'enseignement secondaire ou supérieur et dans la recherche scientifique (Burkina Faso, 1999). Ainsi, Karsenti et Ngamo (2007) ont pu observer en Afrique de l'Ouest l'absence d'une réelle intégration pédagogique des TIC, l'usage se réduisant à la technologie comme objet d'apprentissage. Cependant, en l'absence de toute formalisation de cette introduction de l'ordinateur dans l'éducation, des initiatives isolées et expériences individuelles permettront de cerner la réalité de l'utilisation des technologies en contexte éducatif dans ce pays. Pour en juger l'incidence sur l'apprentissage des mathématiques, il serait utile de saisir l'effet de cette utilisation sur les compétences scolaires des élèves ayant accès à l'ordinateur, particulièrement sur leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques.

1.2. Importance de la résolution de problèmes

Les mathématiques sont en général considérées comme le domaine par excellence de cette activité cognitive et la résolution de problèmes se retrouve dans tous les programmes de mathématiques de l'enseignement secondaire. Ainsi, de nombreuses difficultés des élèves dans cette discipline peuvent être interprétées comme des difficultés dans la résolution de problèmes (Dumas-Carré, Goffard et Gil, 1992). Entre 1987 et 2004, au moins 14 états américains ont augmenté le nombre minimal de crédits en mathématiques exigés dans leurs diplômes afin d'améliorer les compétences de leurs candidats en résolution de problèmes (Bozick et Ingels, 2007). De même, depuis la première moitié du 20^e siècle, les universités américaines soumettent leurs candidats à l'entrée à des épreuves comprenant des tests de compétences en résolution de problèmes mathématiques (Hoover, 2007). Au Burkina Faso également, les programmes de mathématiques de l'enseignement secondaire précisent dans leurs objectifs que :

L'enseignement des mathématiques dans les classes du premier cycle vise à [...] fournir à l'élève un bagage de connaissances pratiques, de techniques usuelles, de méthodes opératoires lui permettant de résoudre des problèmes simples qui se posent à lui dans la vie courante ou à l'occasion d'autres enseignements [Direction des inspections et de la formation des personnels de l'éducation (DIFPE), 1993, p. 3].

Cette importance accordée à la résolution de problèmes incite à porter une meilleure attention aux effets éventuels de l'utilisation de l'ordinateur par les élèves du Burkina Faso sur les compétences de ceux-ci en résolution de problèmes.

2. Cadre théorique

Un problème est une situation dans laquelle on ne peut pas produire automatiquement une réponse adaptée à une certaine demande ; trois caractéristiques permettent de l'identifier (Mayer, 1990 ; Poissant, Poëllhuber et Falardeau, 1994 ; Matlin, 2001) : un état initial (la situation de départ qui contient les données), un état-objectif (le but à atteindre ou la situation d'arrivée) et des obstacles qui séparent ces deux états. La résolution de problèmes est le processus cognitif visant à transformer la situation donnée en une situation désirée, et ce, en l'absence de toute méthode évidente de résolution pour celui qui le résout (Mayer, 1990 ; Baker et Mayer, 1999). La définition de la situation de départ et celle de la situation désirée sont contenues dans l'énoncé du problème généralement sans mention de la démarche à suivre.

2.1 La résolution de problème

Deux approches ont largement documenté la résolution des problèmes. Il s'agit de l'approche gestaltiste et de l'approche de traitement de l'information :

- L'approche gestaltiste (Lemaire, 1999) distingue quatre étapes dans la résolution de problèmes : la préparation pendant laquelle le sujet prend conscience de la différence entre la situation actuelle et la situation désirée ; l'incubation ou phase de recherche inconsciente ; l'illumination

ou phase d'apparition soudaine d'une solution du problème ; la vérification ou phase de confirmation et validation de la solution apparue au cours de l'illumination.

- L'approche de traitement de l'information identifie les processus de la résolution de problèmes (Greeno, 1991) suivant trois grandes catégories de problèmes (Lemaire, 1999 ; Poissant et al., 1994) : les problèmes d'induction de structure, exigent pour leur résolution les processus d'encodage, de comparaison et de sélection-évaluation ; les problèmes de transformation, qui exigent du sujet de trouver une succession d'opérations transformant leur état initial en leur état final : leur résolution comporte les processus d'exécution, de proposition et d'évaluation (Lemaire, 1999) ; les problèmes de configuration ou d'arrangement dans lesquels « le sujet doit arranger certains éléments selon un critère préalablement établi » (Lemaire, 1999, p. 282) : leur résolution requiert du sujet de la créativité, de la flexibilité, du discernement et une bonne mémorisation (Poissant et al., 1994). Cependant les problèmes scolaires autant que ceux de la vie quotidienne sont rarement des cas purs de l'un des types présentés, ce sont en général des mélanges à divers degrés de deux ou même des trois types de problèmes (Poissant et al., 1994).

La difficulté pratique que présente l'approche gestaltiste réside dans l'illumination : ce phénomène semble incontrôlé et difficile à observer dans le cadre expérimental de la présente étude. L'approche retenue est donc celle de traitement de l'information : les épreuves utilisées pour évaluer les compétences en résolution de problèmes sont choisies de façon à couvrir les différents types de problèmes identifiés. Mais il semble également utile de s'arrêter un instant sur l'apprentissage de la résolution de problèmes mathématiques.

2.2. Apprentissage de la résolution de problèmes

Les mathématiques apparaissent à de nombreux usagers comme synonymes de résolution de problèmes, leur enseignement et apprentissage semblent avoir pour

but principal de développer chez l'apprenant la capacité à résoudre une large variété de problèmes complexes (Wilson et al., 1993). Wertz (2005) retient qu'un problème de mathématique :

Doit être d'une relative complexité, mettre en jeu plusieurs compétences, être tel que la solution n'est pas immédiatement disponible, exiger de la part de l'étudiant mobilisation et initiative et se fonder sur une difficulté objective concernant le savoir à construire (p. 17).

Polya (1965) distingue l'exercice algorithmique du vrai problème mathématique par quatre activités cognitives majeures développées au cours de la résolution de ce dernier (Allen et Carifio, 1999) : la mobilisation, l'organisation, l'isolation et la combinaison. Mais au-delà de sa complexité, le problème mathématique peut aussi être caractérisé par le recours à une base de connaissances mathématiques pour sa résolution. Dans le cadre de la présente étude, cette base de connaissances sera constituée des contenus visés par les programmes de mathématiques de l'enseignement primaire et du premier cycle de l'enseignement secondaire du Burkina Faso. L'apprentissage de la résolution de problèmes consiste pour les élèves en l'acquisition de méthodes et de modèles utiles dans la recherche de solution. Mais pour devenir compétents en mathématiques, ils doivent acquérir la maîtrise des cinq catégories suivantes d'outils cognitifs : une base de connaissances spécifiques au domaine, des heuristiques, des connaissances métacognitives, des stratégies d'autorégulation et les croyances associées aux mathématiques (De Corte et Verschaffel, 2005). Les connaissances et outils mathématiques aussi bien que les habiletés heuristiques sont échelonnées tout au long des étapes de la scolarité pour permettre à l'élève leur acquisition graduelle. Cependant, il est nécessaire que l'élève soit confronté à une multitude de situations variées tant au niveau des contenus que de la complexité pour que ses outils cognitifs se développent de manière intégrée. Or l'accès aux multiples ressources disponibles sur Internet contribue non seulement à élargir le champ de connaissance, mais aussi à varier les situations d'apprentissage.

À travers les écrits deux étapes s'avèrent essentielles dans la résolution de problèmes : la représentation du problème et la recherche de solution (Poissant et al.,

1994 ; Polya, 1965 ; Wilson et al., 1993). Pour qu'un problème soit bien compris par le sujet, celui-ci élabore une représentation interne qui doit présenter trois qualités (Johsua et Dupin, 1993 ; Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001) pour favoriser l'efficacité et la précision des raisonnements ultérieurs : la cohérence, la mise en correspondance, la relation aux connaissances préexistantes. Cela exige du sujet des habiletés (Julo, 1995) en interprétation et sélection des données, en structuration et en opérationnalisation. La relation aux connaissances préexistantes peut orienter judicieusement la restructuration et rendre plus opérationnelle la représentation du problème

La compréhension du problème permet de dégager un espace-problème, c'est-à-dire un ensemble de choix auxquels le sujet est confronté à chaque étape de la résolution du problème, dans lequel il faut évaluer les stratégies qui permettront de le traiter. On distingue deux principales stratégies de résolution : les algorithmes et les heuristiques (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001). Un algorithme est une règle ou une séquence d'actions qui garantissent de parvenir à une solution correcte après un temps suffisant d'application correcte (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001). Par exemple, une recherche exhaustive (test de toutes les solutions possibles) est un algorithme qui peut être appliqué dans les problèmes d'anagrammes. Selon Matlin (2001), la plupart des algorithmes sont inefficaces et peu élaborés. Les heuristiques sont des méthodes empiriques basées sur la recherche sélective dans l'espace-problème d'éléments susceptibles de dégager une solution. Règles ou techniques, ce sont des informations plausibles permettant des prises de décisions dans la résolution de problèmes, mais donnant rarement une orientation infaillible et donc au résultat incertain (Wilson, Fernandez et Hadaway, 1993). Quelques exemples d'heuristiques courants sont la recherche arrière (Lemaire, 1999), l'heuristique fins-moyens (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001 ; Poissant et al., 1994), l'analogie (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001 ; Poissant et al., 1994).

Pour une observation détaillée de ces deux étapes essentielles, il serait nécessaire de mettre en place un protocole qui alourdirait le travail et exigerait du temps et des moyens non disponibles pour la présente étude. Néanmoins, il est

possible d'observer lors de travaux avec des élèves du secondaire, que ceux-ci résolvent leurs problèmes en utilisant de façon formelle, mais parfois inconsciente toutes ces stratégies. On peut donc considérer le succès d'un élève dans la résolution d'un problème qui lui est soumis comme résultant d'une correcte observation de ces étapes. Mais en quoi l'utilisation des TIC peut-elle contribuer à la résolution des problèmes mathématiques ?

2.3. TIC et résolution de problèmes mathématiques

L'exercice des compétences en résolution de problèmes mathématiques nécessite la maîtrise et la mobilisation de connaissances mathématiques : les TIC pourraient y contribuer en améliorant l'acquisition de ces connaissances. Les approches conceptuelles de l'enseignement des mathématiques privilégient la mise en relation de représentations variées dans la résolution de problèmes. Les représentations par les TIC et les translations entre elles contribuent au renforcement de la compréhension par les élèves des concepts et idées mathématiques. Les outils cognitifs se définissent comme des moyens informatiques d'aide à la réflexion, telles les calculettes graphiques et les feuilles de calcul. Les feuilles de calcul permettent des représentations variées de données mettant en relief des raisonnements mathématiques sous-jacents. Des études sur les feuilles de calcul comme outils cognitifs ont mis en évidence leur efficacité dans la construction de savoirs du numérique à l'algébrique (Alagic et Palenz, 2006). Les TIC accroissent la motivation et les compétences en communication, améliorent la confiance en l'usage de la technologie, favorisent de hauts niveaux de participation et de collaboration et aident l'apprentissage à travers les moyennes et les représentations graphiques (Jarrett, 1998). Yelland (2002) a observé chez des petits enfants un intérêt pour des jeux électroniques, avec un certain impact sur leur apprentissage. Abidin et Hartley (1998) ont montré que l'usage du logiciel *FunctionLab* provoque une bonne amélioration des connaissances et performances en résolution de problèmes.

L'objectif de cette étude est d'identifier des rapports éventuels entre l'utilisation des TIC par les élèves et leurs compétences en résolution de problèmes

mathématiques tout en dressant un tableau des utilisations courantes de l'ordinateur par les élèves du Burkina Faso.

3. Méthodologie

L'objectif de cette recherche invite à adopter une approche quantitative pour l'étude. Pour cette approche, le modèle retenu est celui expérimental (Boudreault, 2004) avec comme variable indépendante l'initiation à l'ordinateur et comme variable dépendante les compétences en résolution de problèmes mathématiques. Les données sont extraites de notre étude doctorale portant sur les compétences des élèves en résolution de problèmes en rapport avec les compétences TIC de leurs enseignants menée au Burkina Faso en 2008. Un total de 402 élèves (124 filles et 278 garçons) des classes de seconde C (38,30%), première C (2,50%) et première D (59,20%) de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso) ont participé à cette étude. Ces élèves proviennent de six établissements publics d'enseignement secondaire selon la répartition suivante :

Tableau 4
Répartition des participants par établissement

Établissement	Effectif	Pourcentage
Lycée Bogodogo	44	10,9
Lycée Municipal Bambata	60	14,9
Lycée Marien Ngouabi	84	20,9
Lycée Mixte de Gounghin	62	15,4
Lycée Nelson Mandela	20	5,0
Lycée Philippe Zinda Kaboré	132	32,8
Total	402	100,0

Ce tableau laisse voir une répartition inégale des participants parmi les établissements concernés ; ceci est dû d'une part à la taille variable des établissements, d'autre part au caractère libre et volontaire de la participation à l'étude. Néanmoins, le plus gros effectif est fourni par le plus grand établissement public d'enseignement secondaire de la ville de Ouagadougou, le lycée Philippe

Zinda Kaboré. Au moment de la collecte des données, les participants étaient âgés de 15 à 25 ans et la répartition par âge est donnée dans le tableau 6 ci-dessous.

Tableau 5
Répartition des participants par âge

Âges (ans)	Effectifs	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
15	2	0,5	0,5	0,5
16	22	5,5	5,5	6,0
17	63	15,7	15,8	21,9
18	110	27,4	27,6	49,5
19	108	26,9	27,1	76,6
20	67	16,7	16,8	93,5
21	21	5,2	5,3	98,7
22	4	1,0	1,0	99,7
25	1	0,2	0,3	100,0
Manquant	4	1,0		
Total	402	100,0		

On constate que les participants sont d'âge très variable à l'image des élèves de l'enseignement secondaire du Burkina Faso. La plupart se retrouvent en classe de seconde ou de première à 18 ou 19 ans tandis que quelques uns, en retard scolaire, s'y retrouvent à un âge plus avancé ; à côté de ceux-là se trouvent des plus jeunes qui ont eu la chance d'avoir une scolarité normale et commencée assez tôt.

Les participants volontaires ont été soumis au test sans tenir compte de leur accès à l'ordinateur. Ceux qui déclarent avoir accès à l'ordinateur y ont accès en des lieux variés non exclusifs : rarement une salle équipée dans le cadre de l'établissement, le plus souvent dans un cybercentre à accès payant, parfois à domicile dans le cadre familial ou chez des amis qui en disposent dans un cadre familial ou professionnel comme l'indique la figure 1.

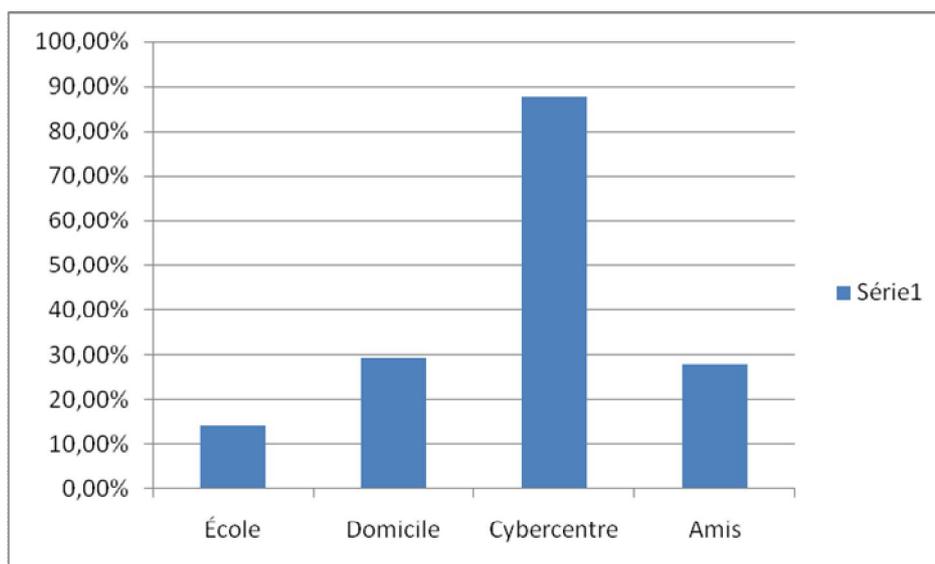


Figure 1 : Lieu d'accès à l'ordinateur

La collecte de données auprès des élèves a été autorisée par une note de service du ministère des Enseignements Secondaire, Supérieur et de la Recherche Scientifique et la participation au test était volontaire. Le test utilise des items mathématiques traduits avec l'autorisation des dépositaires de la version de Mathur (2005) du SAT (Scholastic Assessment Test) dont la validité a souvent été éprouvée (Wright et Wendler, 1994 ; Zwick, Brown et Sklar, 2004) et s'est déroulé au mois d'avril 2008, une période à laquelle les participants sont censés avoir reçu assez d'enseignement et d'exercice pour réussir tous les problèmes qui leur sont posés. Le déroulement du test a été le même pour tous : 5 à 10 minutes consacrées aux informations générales d'identification, puis 20 minutes strictes pour traiter l'ensemble des 10 questions du test qui, sans perdre de vue la réserve de Poissant et al. (1994) sur les types des problèmes scolaires, ont été réparties selon le type comme dans le tableau suivant :

Tableau 6
Typologie des problèmes du test de compétences en résolution de problèmes.

Type de problème	Items correspondants
Problème de transformation	Questions 1, 2 et 7
Problème d'induction de structure	Questions 3, 4, 8 et 9
Problème de configuration	Questions 5, 6 et 10

En l'absence d'une intervention spécifique sur la population, on considère comme usager de l'ordinateur tout élève affirmant l'avoir déjà utilisé, les autres étant non usagers. Pour l'évaluation des compétences en résolution de problèmes, l'outil utilisé est un extrait des tests conçus par Mathur (2005) pour la préparation à l'épreuve mathématique du SAT. Le SAT est une série de tests utilisés depuis la première moitié du vingtième siècle par des universités nord-américaines pour évaluer les capacités de leurs postulants à poursuivre des études supérieures à l'aide de scores en résolution de problèmes mathématiques, lecture critique et écriture (Hoover, 2007). Ces tests ont l'avantage d'être faciles à administrer et permettent d'évaluer les compétences en résolution de problèmes mathématiques par des questions à choix multiples portant sur un champ de connaissances acquises à la fin du premier cycle de l'enseignement secondaire. Tous les élèves participant à l'étude ont été soumis à un même test composé de 10 questions tirées du test de Mathur et traduites avec autorisation de l'auteur, à traiter dans un temps maximum de 20 minutes à raison de 2 minutes par question, sachant que le test en ligne peut être traité en 12 minutes.

3.1. Analyse des données

Les données quantitatives recueillies ici ont été soumises à un traitement descriptif dont la première étape a été une représentation en histogrammes afin de faire apparaître les tendances générales de la population étudiée (Boudreault, 2004). Les logiciels utilisés pour le traitement des données et l'édition de graphiques sont Microsoft Excel 2003 et SPSS 16.0. Les échantillons indépendants considérés ici sont trois sous-groupes d'élèves, les non-usagers de l'ordinateur, les usagers sans math

(qui n'utilisent aucun tableur ou logiciel mathématique) et les usagers math (qui utilisent un tableur ou un logiciel mathématique). La comparaison des performances de ces échantillons s'appuie sur des tests bilatéraux de comparaison des moyennes (Tassi, 1989) avec comme hypothèses de recherche :

H_0 : les deux distributions ont la même moyenne

H_1 : les deux groupes d'élèves ont des scores moyens distincts.

Le résultat de ce test a permis de décider de l'importance de la différence entre deux moyennes. Pour cela, il a été nécessaire de tester au préalable les distributions pour voir si elles sont normales et si leurs variances sont homogènes.

3.2. Limites de la recherche

Cette recherche descriptive utilise des sujets n'ayant fait l'objet d'aucune intervention spécifique. L'initiation de ces sujets aux TIC a été réduite délibérément au fait d'avoir utilisé au moins une fois un ordinateur, le temps et le niveau d'utilisation n'étant pas pris en compte. Cette réduction imposée par la difficulté de trouver dans la population cible un groupe consistant d'utilisateurs de l'ordinateur dans un contexte mathématique a réduit l'étude à l'observation des effets de la simple entrée de l'ordinateur dans l'univers des élèves sur leurs compétences en résolution de problèmes. Ceci a certainement eu pour effet de réduire l'importance des impacts éventuels d'une utilisation soutenue de l'ordinateur par les élèves, mais pourrait en indiquer la tendance.

4. Résultats

Parmi les 402 élèves ayant participé au test, 60 ont déclaré n'avoir jamais utilisé un ordinateur, 103 utilisent un tableur ou un logiciel mathématique, et les 239 autres usagers n'utilisent ni de tableur ni aucun logiciel mathématique. La plupart de ceux-ci ont accès à l'ordinateur à travers les services payants d'un cybercentre pendant qu'une infime partie y accède à l'école, moins nombreux que ceux qui y ont accès à domicile, comme le montre la figure 1. Cette utilisation de l'ordinateur par les

élèves, rarement consacrée à la manipulation de logiciels mathématiques ou de tableurs, est plus fréquente au niveau de la navigation Web et la messagerie électronique. Les jeux électroniques et le traitement de texte ont une meilleure part que les préoccupations mathématiques bien qu'ils ne soient pas dominants. Sans grande surprise, il apparaît que les mathématiques ne figurent pas parmi les principales utilisations que ces élèves font de l'ordinateur.

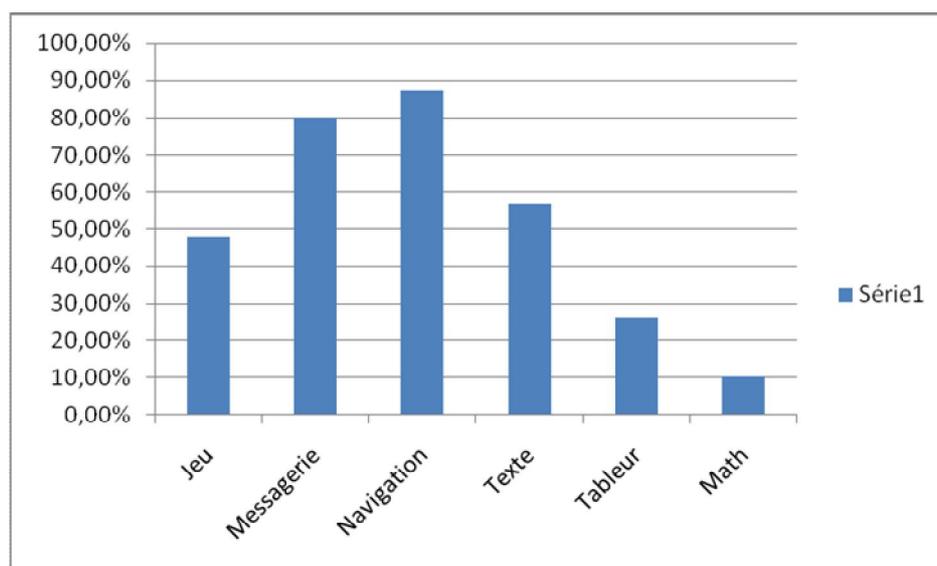


Figure 2 : Les utilisations de l'ordinateur par les élèves.

En général, les participants ont eu du mal à traiter l'ensemble des questions dans le temps imparti : seulement 64 sur 402 ont répondu correctement à au moins la moitié des questions. Les questions les mieux traitées sont les deux premières, probablement parce les participants, ayant la liberté de la gestion du temps imparti, y ont consacré le plus de temps au détriment d'autres questions. Les performances des participants aux différentes questions sont représentées dans la figure 3 ci-dessous en considérant respectivement l'ensemble des sujets, le groupe des élèves initiés, le groupe des élèves non initiés. On y observe que les performances à la question 7 contrarient l'impression donnée par les questions 1 et 2, à savoir une meilleure réussite des élèves face aux problèmes de transformation. Il ne se dégage pas de préférence apparente pour un type particulier de problèmes, mais on peut relever que la sixième question, liée à un problème de configuration, est la moins réussie. Ces données n'indiquent donc aucune préférence des participants pour un type particulier

de problèmes. Il est cependant rassurant d'observer que toutes les questions ont été traitées même si elles ont été réussies de façon très inégale. À l'exception des questions 1 et 2, les autres questions semblent avoir reçu une égale attention de la part des sujets.

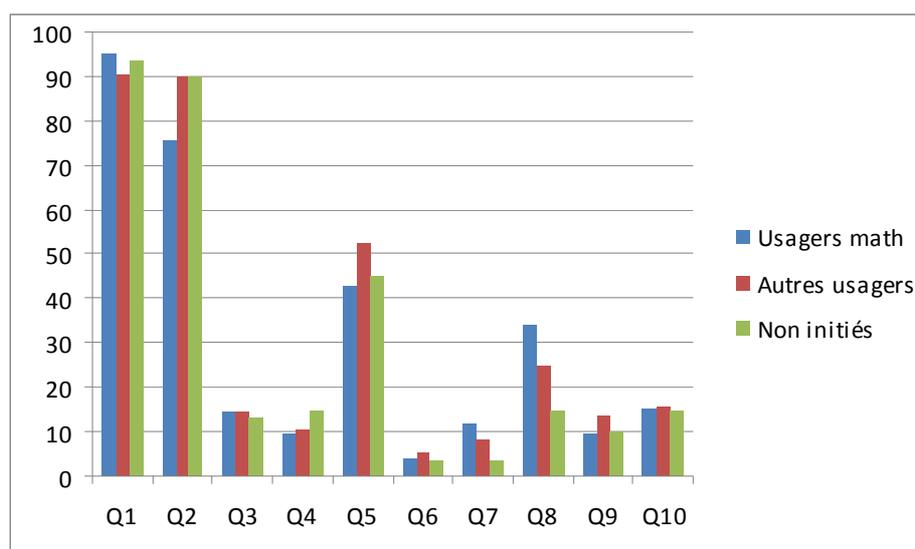


Figure 3 : Taux de réussite par question

Le tableau 7 présente les détails des scores obtenus par les sujets des trois groupes et les fréquences cumulées croissantes permettent de comparer les performances. À la lecture de ce tableau on constate qu'une plus forte proportion de non-usagers n'a pas obtenu la moyenne : 91,7% des non-usagers ont obtenu une note inférieure à 5/10 contre moins de 85% chez les usagers. Cependant, les histogrammes des fréquences des scores obtenus (figure 4) n'indiquent pas de tendance nette. Toutes semblent suivre des distributions normales, ce qui a été confirmé par des tests de Kolmorov-Smirnov. Une observation rapide de ce diagramme permet de dire que les élèves ont globalement failli à ce test, le score moyen étant proche de 3. La grande majorité des scores est inférieure à 5/10 ce qui traduit une relative faiblesse des sujets par rapport au niveau du test. Ce constat est renforcé par la présence, dans chacun des trois groupes, de sujets ayant obtenu un score nul pendant que la meilleure performance plafonne à 8/10 et est isolée, obtenue par un usager des maths sur l'ordinateur.

Tableau 7
Scores du test mathématique

Échant. Scores	Usagers math			Autres usagers			Non-usagers		
	Eff.	%.	%	Eff.	%	%	Eff.	%.	%
	cumulé			cumulé			cumulé		
0	1	1,0	1,0	1	0,4	0,4	1	1,7	1,7
1	8	7,8	8,7	11	4,6	5,0	2	3,3	5,0
2	28	27,2	35,9	58	24,3	29,3	17	28,3	33,3
3	34	33,0	68,9	78	32,6	61,9	20	33,3	66,7
4	16	15,5	84,5	48	20,1	82,0	15	25,0	91,7
5	6	5,8	90,3	33	13,8	95,8	4	6,7	98,3
6	9	8,7	99,0	10	4,2	100,0	1	1,7	100,0
8	1	1,0	100,0	0	0	100,0	0	0	100,0
Total	103	100,0		239	100,0		60	100,0	

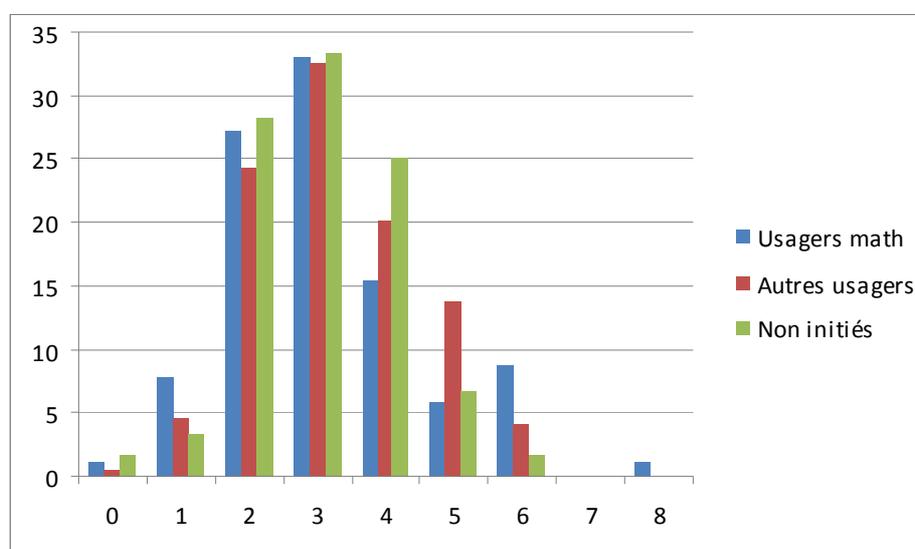


Figure 4 : Fréquences des scores obtenus

Au-delà de cet échec collectif des sujets, les caractéristiques empiriques des trois groupes données dans le tableau 8 permettent de les comparer.

Tableau 8
Caractéristiques empiriques des trois groupes

Échantillon	Usagers math	Autres usagers	Non-usagers
Effectif (n_i)	103	239	60
Moyenne (\bar{x}_i)	3,13	3,26	3,03
Écart-type (σ_i)	1,446	1,239	1,119
Variance (v_i)	1,701	1,535	1,253

On observe que les moyennes obtenues sont sensiblement voisines avec un léger avantage aux usagers des applications mathématiques, la meilleure moyenne étant obtenue par les autres usagers. Pour apprécier l'importance de cette différence de moyenne, on a appliqué un test bilatéral de comparaison des moyennes extrêmes, c'est-à-dire celle des non-usagers et celle des autres usagers. On a considéré alors l'hypothèse nulle H_0 contre l'hypothèse alternative H_1 suivante :

H_0 : les deux distributions ont la même moyenne.

H_1 : Les deux distributions ont des moyennes distinctes.

Pour vérifier les conditions d'application du test, on a appliqué dans SPSS le test de Kolmogorov-Smirnov aux deux échantillons, ce qui a donné les résultats suivants :

Pour l'échantillon des autres usagers, le Z de Kolmogorov-Smirnov est 3,11 avec une signification asymptotique de 0,01 donc la distribution est gaussienne. Pour l'échantillon des élèves non-usagers de l'ordinateur le Z de Kolmogorov-Smirnov est 1,38 avec une signification asymptotique de 0,04 donc cette distribution est également gaussienne. On peut donc leur appliquer le test T de comparaison de moyennes pour échantillons indépendants, ce qui a été fait dans SPSS.

Le test préalable de Levene sur l'égalité des variances donne $F = 2,58$ avec une signification de 0,11 donc l'homoscedacité est vérifiée. Ce qui permet de lire :

$t_{obs} = -1,26$ avec un niveau de signification de 0,21 soit plus de 20% de risque de se tromper en rejetant H_0 . L'hypothèse nulle est donc acceptée et on conclut que la

différence entre les deux moyennes n'est pas significative. De façon globale, on peut dire que l'utilisation de l'ordinateur, aussi bien dans ses applications mathématiques que dans d'autres usages, n'a pas eu chez ces élèves une incidence observable sur leurs performances au test sur la résolution de problèmes.

Par ailleurs, on peut observer que bien que les filles soient en minorité dans l'échantillon (124 filles et 278 garçons), elles présentent un plus grand taux de non-usagers comme l'aurait prédit Jarret (1998) : 21% contre 12,2% pour les garçons. Parmi les usagers, les performances par sexe semblent favorables aux garçons comme l'indique la figure 5 ci-dessous :

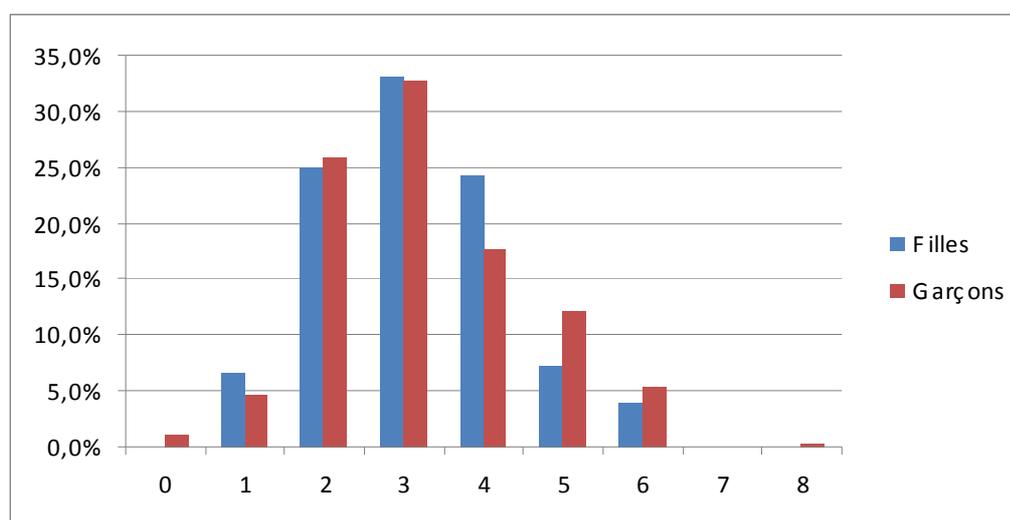


Figure 5 : Distribution des scores selon le genre

Mais les caractéristiques statistiques selon le genre calculées dans le tableau 9 ci-dessous indiquent deux distributions analogues, ce qui peut être vérifié à l'aide d'un test de comparaison des moyennes.

Tableau 9
Statistiques selon le genre

Échantillon	Groupe 1 : filles usager d'ordinateur	Groupe 2 : garçons usager d'ordinateur
Effectif (n_i)	98	244
Moyenne (\bar{x}_i)	3,14	3,25
Écart-type (σ_i)	1,210	1,341
Variance (v_i)	1,464	1,799
Médiane	3,00	3,00
Mode	3	3
Maximum	6	8
Minimum	1	0

Ce tableau 9 laisse voir que les distributions des groupes 1 et 2 sont manifestement semblables. Le calcul du Z de Kolmogorov-Smirnov avec SPSS donne pour le groupe 1 : $Z = 1,68$ avec une signification asymptotique de 0,01 ; pour le groupe 2 : $Z = 3,44$ avec une signification asymptotique de 0,01. Donc les deux groupes ont une distribution gaussienne.

En appliquant dans SPSS le test T pour deux échantillons indépendants on obtient d'une part le résultat du test de Levene : $F = 0,93$ avec une signification de 0,34 ; or $0,34 > 0,05$ donc les variances sont homogènes. D'autre part : $t = -0,66$ avec une signification de 0,51 soit 51% de risque d'erreur de première espèce. Donc, il n'y a pas de différence significative entre filles et garçons initiés à l'ordinateur dans les scores obtenus au test d'évaluation des compétences en résolution de problèmes mathématiques.

5. Discussion

Les données recueillies ne montrent aucune différence significative quant aux compétences en résolution de problèmes mathématiques entre les élèves utilisateurs de l'ordinateur et ceux ignorant l'usage de l'ordinateur. Ces résultats sont plutôt décevants par rapport à ce qu'on pouvait en attendre par égard aux résultats rapportés

dans les écrits cités précédemment. On aurait prédit plutôt une différence significative entre les moyennes avec une plus forte valeur chez les usagers de l'ordinateur. Qu'est-ce qui peut expliquer de tels résultats ? Il conviendrait d'en chercher les causes dans les spécificités du contexte de l'étude. Serait-ce la déception de ne pas disposer d'ordinateur pour résoudre les problèmes posés qui aurait baissé la motivation des initiés dans le test ?

Les élèves utilisant l'ordinateur ne font manifestement pas preuve d'une meilleure maîtrise ni des contenus mathématiques, ni des stratégies de résolution de problèmes. Si l'utilisation de l'ordinateur par les élèves dans l'apprentissage a produit des effets avantageux observés dans les études précitées, il convient de souligner ici le caractère occasionnel et informel de l'utilisation observée chez les sujets du Burkina Faso. Les études citées se déroulent généralement dans un contexte présentant une utilisation organisée et soutenue des TIC. Au-delà de cette faiblesse d'utilisation, le contenu même de l'utilisation peut expliquer cet écart. Les résultats présents laissent voir que, tout seuls face à la machine, les élèves sont plus enclins à s'en servir pour la navigation Web et le courrier électronique sans nécessairement mettre ces pratiques en relation avec ou au profit de leur apprentissage. Ainsi, leur simple accès à l'ordinateur peut les aider, sans améliorer de façon sensible leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques. Karsenti et Ngamo (2007) affirment qu'un tel usage s'inscrit dans un schéma ne permettant pas d'en attendre une réelle amélioration de la qualité de l'éducation. Que ce soit à l'école ou ailleurs, les élèves ont besoin d'un accès encadré à l'ordinateur pour qu'il affecte positivement leur apprentissage.

Mais, l'absence seule d'encadrement ne saurait en être la cause, car il serait exagéré d'affirmer que l'intégralité des sujets est dans cette situation. En effet, dans les salles scolaires et dans certaines familles, l'initiation informatique est organisée et suivie. Y aurait-il alors un fossé entre l'usage des technologies dans le contexte de cette étude et leur potentiel ? Cela paraît tout à fait possible au regard de certains usages observés (Karsenti et Ngamo, 2007) dans le contexte de l'étude, tendant à isoler la théorie de la pratique. Dans tous les cas, il serait bien utile d'analyser les

formations et les usages de l'ordinateur dans ces contextes où l'on peut voir une informatisation dégrader la qualité d'un service au lieu de l'améliorer.

Il est possible que cette utilisation de l'ordinateur apporte chez les élèves des améliorations observables, mais les résultats obtenus ici n'indiquent aucune amélioration des compétences en résolution de problèmes mathématiques.

Conclusion

Cette étude cherchait à identifier des rapports éventuels entre l'utilisation de l'ordinateur par des élèves du Burkina Faso et leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques. Elle part de l'hypothèse selon laquelle les élèves qui ont cette utilisation ont de meilleures compétences en résolution de problèmes. Mais hélas, améliorer l'accès des élèves à l'ordinateur n'est pas en soi suffisant pour améliorer leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques. Loin de nier tout avantage éducatif à l'utilisation de l'ordinateur, les résultats observés dans cette étude invitent plutôt à développer un meilleur encadrement de cette utilisation et à des recherches supplémentaires à propos de son impact sur les compétences en résolution de problèmes. Peut-être faudrait-il mieux insister sur la formation des enseignants à une meilleure maîtrise de l'outil informatique et à son intégration dans leurs pratiques pédagogiques ? En tout cas, à poursuivre un renforcement du simple accès des élèves aux TIC, il y a un risque de ne satisfaire que les seules préoccupations mercantiles que dénonce Baillargeon (2000) dans l'entrée des TIC en éducation.

Références

- Abidin, B. & Hartley, J. R. (1998). Developing mathematical problem solving skills [version électronique]. *Journal of Computer Assisted Learning*, 14, 278-291
- Alagic, M. & Palenz, D. (2006), Teachers explore linear and exponential growth: spreadsheet as cognitive tools [version électronique]. *Journal of technology and teacher education*, 14(3), 633-649.

- Allen, B.D. & Carifio, J. (1999). *A problem set for the investigation of mathematical problem solving* [version électronique]. Document ERIC ID ED434039 consulté le 11 mai 2007 à <http://www.eric.ed.gov>.
- Baillargeon, N. (2000). Comprendre Internet, les NTIC et quelques-uns des enjeux qu'ils soulèvent en éducation [version électronique]. *Ao! Espaces de la parole*, 6(3), 41-44.
- Baker, E.L. & Mayer, R.E. (1999). Computer-based assessment of problem solving. *Computer in Human Behaviour*, 15, 269-282
- Balanskat, A., Blamire, R. et Kefala, S. (2006). *The ICT impact report: A review of studies of ICT impact on schools in Europe*. European Schoolnet.
- Barry, V.F.T. (2004), *Les NTIC dans l'enseignement secondaire au Burkina Faso : quelles incidences sur les apprentissages scolaires en mathématiques pour les élèves*. Mémoire non publié de fin de formation à la fonction d'inspecteur de l'enseignement secondaire, École normale supérieure de Koudougou, Burkina Faso.
- Bittar, M. (2003, juin). *La contribution des nouvelles technologies à la modélisation des connaissances mathématiques*. [version électronique]. Communication présentée au colloque international sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, Reims, France. Consulté le 3 juin 2007 à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00001318>
- Boudreault, P. (2004). La recherche quantitative. In T. Karsenti & L. Savoie-Zajc (Eds.) *La Recherche en Éducation : Étapes et Approches* (pp.151-180). Sherbrooke, Canada : Éditions du CRP.
- Bozick, R. & Ingels, S.J. (2007). *Mathematics Course taking and Achievement at the End of High School: Evidence from the Education Longitudinal Study of 2002 (ELS:2002)*. National Center for Education Statistics: 2008-319, Washington. Consulté le 11 janvier 2008 à <http://nces.ed.gov/pubs2008/2008319.pdf>.
- Burkina Faso (1999). *Plan de développement de l'infrastructure nationale d'information et de communication du Burkina Faso*. Consulté le 18 mars 2008 à <http://www.uneca.org/aisi/nici/documents/Burkina%20Faso%20NICI%20PLan.html>.

- Chauvat, G. (2003, juin). *Description et analyse d'un dispositif d'enseignement des mathématiques en DUT GEII intégrant l'usage de logiciels de calculs et représentations graphiques*. [version électronique]. Communication présentée au colloque international sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, Reims, France. Consulté le 3 juin 2007 à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00001323>.
- Dahan, J.J. (2001, mars). *Parallel perspective with cabri* [version électronique]. Paper presented at the annual T3 international conference, Columbus, OH. Consulté le 27 mai 2007 à <http://www.eric.ed.gov>
- Dahan, J.J. (2002, mars). *Another way to teach derivative and antiderivative functions with Cabri* [version électronique]. Paper presented at the annual T3 international conference, Calgary, Ontario, Canada. Consulté le 27 mai 2007 sur <http://www.eric.ed.gov>
- De Corte, E. & Verschaffel, L. (2005). Apprendre et enseigner les mathématiques : un cadre conceptuel pour concevoir des environnements d'enseignement-apprentissage stimulants. In M. Crahay, L. Verschaffel, E. De Corte et J. Grégoire, *Enseignement et apprentissage des mathématiques : Que disent les recherches pédagogiques ?* (pp. 25-54). Bruxelles : De Boeck.
- DIFPE (1991b, juin). *Programmes de mathématiques : sixième, cinquième, quatrième, troisième*. (Disponible dans les textes de l'inspection de mathématiques, DGIFPE/MESSRS/ Burkina Faso)
- Dumas-Carré, A., Goffard, M. & Gil, D. (1992). Les difficultés des élèves liées aux différentes activités cognitives de la résolution de problèmes. *ASTER*, 14, 53-75.
- Genevès, B. (2003, juin). *Forme des polygones* [version électronique]. Communication présentée au colloque international sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, Reims, France. Consulté le 3 juin 2007 à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00001348>.

- Greeno, J. (1991). A view of mathematical problem solving in school. In M.U. Smith (Ed.), *Toward a unified theory of problem solving*. (pp. 69-98). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Healy, L., & De Lourdes Vaz, R. (2003, juin). *Using the transformation tools of Cabri-Géomètre as a resource in the proving process* [version électronique]. Communication présentée au colloque international sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, Reims, France. Consulté le 04 juin 2007 à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00001335>.
- Hoover, N. (2007). *Cultural Disparities in SAT scores and the influence on higher education opportunities for african american and latino students* [version électronique]. Mémoire de Master en Sciences de l'Éducation non publié, Dominican University of California, San Rafael, CA.
- Jarrett, D. (1998). *Integrating technology into middle school mathematics: it's just good teaching* [version électronique]. Consulté le 2 juin 2007 à <http://www.nwrel.org/msec/book6.pdf>.
- Johsua, S. & Dupin, J.J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Julo, J. (1995). *Représentation des problèmes et réussite en mathématiques* [version électronique]. Presses Universitaires de Rennes. Extrait consulté le 19 mai 2007 à http://maths.creteil.iufm.fr/Premier_degre/int1par.htm
- Karsenti, T. (2005). Les technologies de l'information et de la communication dans la pédagogie. In C. Gauthier et M. Tardif. *La pédagogie : Théories et pratiques de l'antiquité à nos jours* (2^{nde} éd. chap. 12, pp. 256-273) Gaëtan Morin (Ed.).
- Karsenti, T. & Ngamo, S.T. (2007). Qualité de l'éducation en Afrique : le rôle potentiel des TIC. *International Review of Education*, 53, 665-686.
- Kuntz, G. (1998, novembre). *Dynamic geometry on WWW* [version électronique]. Paper presented at the Webnet 98 world conference of the WWW, Internet and Intranet proceedings, Orlando, FL. Consulté le 27 mai 2007 à <http://www.eric.ed.gov>.
- Lemaire, P. (1999). *Psychologie cognitive*. Bruxelles : De Boeck Université (Ed.)

- Mathur, H. (2005). *Prepare for the SAT*. Consulté le 27 décembre 2008 sur Majortest.com à <http://www.majortests.com/sat/index.php>.
- Matlin, M.W. (2001). *La cognition : une introduction à la psychologie cognitive*. Bruxelles : De Boeck Université (Ed.).
- Mayer, R.E. (1990). Problem solving. In M.W. Eysenck (Ed), *The Blackwell dictionary of cognitive psychology* (pp. 284-288) Oxford, England: Basil Blackwell.
- Poissant, H., Poëllhuber, B. & Falardeau, M. (1994). Résolution de problèmes, autorégulation et apprentissage. *Revue Canadienne de l'Éducation*, 19(1), 30-44.
- Polya, G. (1965). *Comment poser et résoudre un problème* (2^e ed.). Paris : Dunod.
- Sam, K. (1999). *Étude évaluative de l'introduction de l'informatique dans l'enseignement secondaire général au Burkina Faso*, Mémoire non publié de fin de formation à la fonction d'inspecteur de l'enseignement secondaire, École normale supérieure de Koudougou, Burkina Faso.
- Tassi, P. (1989). *Méthodes statistiques*. Paris : Economica.
- Tournès, D. (2003, juin). *Construction d'équations algébriques et différentielles*. [version électronique]. Communication présentée au colloque international sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, Reims, France. Consulté le 3 juin 2007 à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00001344>.
- Trouche, L. (2003). *Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations*. Document pour l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université Paris VII, Paris. Consulté le 17 février 2009 à http://telearn.archives-ouvertes.fr/docs/00/19/00/91/PDF/Trouche_2003.pdf
- Tschacher, K. (2003, juin). *Rôle et usage des logiciels et calculatrices dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques*. [version électronique]. Communication présentée au colloque international sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, Reims, France.

Consulté le 05 juin 2007 à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00001357>.

- Wertz, V. (2005). Enseigner les mathématiques... ou les apprendre [version électronique]. *L'apprentissage des sciences en question(s), la pensée et les hommes*, 58-59, 13-28. Espace de Libertés (Ed.)
- Wilkinson, A. & Wilkinson, L. (2001). Teachers on-line in Africa: The issue of access. In C. Crawford et al. (Eds.). *Proceedings of society for information technology and teacher education international conference* (pp. 3090-3095) Chesapeake, VA: AACE.
- Wilson, J.W., Fernandez, M.L. & Hadaway, N. (1993). Mathematical problem solving [version électronique]. In P.S. Wilson (Ed.), *Research ideas for the classroom: high school mathematics* (pp. 57-78). New York: MacMillan.
- Wright, N. & Wendler, C. (1994). *Establishing Timing Limits for the New SAT for Students with Disabilities* [version électronique] Document ERIC ED375543 consulté le 30 décembre 2007 sur <http://www.eric.ed.gov/>.
- Yelland, N.J.(2002). Playing with ideas and games in early mathematics [version électronique]. *Contemporary issues in early childhood*, 3(2), 197-215.
- Zwick, R., Brown, T. & Sklar, J.C. (2004). *California and the SAT: a Reanalysis of University of California Admission Data. Research & Occasional Papers Series: CSHE.08.04.* [version électronique] Document ERIC ED492530 consulté le 30 décembre 2007 sur <http://www.eric.ed.gov/>.

**Troisième article : Compétences technologiques des
enseignants et compétences en résolution de
problèmes mathématiques des élèves : y a-t-il un
parallèle ?**

Compétences technologiques des enseignants et compétences en résolution de problèmes mathématiques des élèves : y a-t-il un parallèle ?

Issa Boro
Université de Ouagadougou

Revue canadienne de l'éducation (à soumettre)

Résumé

La culture de l'enseignant influence la formation de l'apprenant. On peut donc se poser la question de savoir si la présence de compétences TIC chez l'enseignant n'influence pas le développement des compétences de ses élèves. De nombreuses recherches ont montré des bienfaits de l'entrée des TIC en éducation. La présente étude soumet des élèves du Burkina Faso à un test d'évaluation de compétences en résolution de problèmes mathématiques et compare les scores obtenus en relation avec les compétences TIC de leurs enseignants de mathématiques. Les résultats montrent une moindre performance des élèves en résolution de problèmes mathématiques parallèlement aux bonnes compétences TIC de leur enseignant, invitant ainsi à de profondes réflexions sur les conditions dans lesquelles l'usage des TIC par l'enseignant peut améliorer les performances de ses élèves.

Mots clés : TIC et enseignement, résolution de problèmes, mathématiques, Burkina Faso.

Introduction

L'efficacité d'un enseignement mathématique se mesure généralement non seulement à la capacité qu'acquièrent les apprenants à résoudre des problèmes généraux relevant du domaine de l'enseignement reçu, mais aussi et surtout dans leur habileté à transférer ces connaissances dans la résolution de problèmes de la vie courante. Pelpel (2002) présente l'apprentissage comme une transformation progressive des idées et représentations par l'acquisition d'outils intellectuels permettant d'appréhender des situations réelles dans toute leur complexité. Le rôle de l'enseignant de mathématiques serait donc de susciter et de faciliter chez l'élève cet apprentissage qui se traduit par l'acquisition de la compétence mathématique. De Corte et Verschaffel (2005, p. 33) dépeignent la compétence mathématique comme

« une disposition à mathématiser le réel. » À ce propos, un reproche couramment adressé à l'enseignement des mathématiques en Afrique et particulièrement au Burkina Faso est celui de transmettre des connaissances inadaptées aux besoins locaux (Touré, 2002 ; Verspoor, 2008). La loi d'orientation de l'éducation du Burkina Faso (1996) précise que le système éducatif de ce pays a pour but de « faire acquérir des connaissances, des attitudes et développer des aptitudes pour faire face aux problèmes de la vie ». Mais l'enseignement secondaire général vise la préparation des apprenants à la poursuite d'études ultérieures à travers l'acquisition de connaissances générales, ceux qui en sortent ont généralement peu d'aptitude à transférer ces connaissances dans la résolution de problèmes concrets. Dans ce contexte, le développement des compétences TIC des enseignants peut-il avoir un effet sur celui des compétences en résolution de problèmes chez leurs élèves ?

1. Problématique

L'enseignement secondaire devrait consolider les acquis de l'enseignement primaire et fournir à l'élève des outils pour la poursuite d'études supérieures ou contribuant à la formation de ressources humaines. Les mathématiques, « exercices de base du mécanisme intellectuel » (Gasquet, 1991, p.11) y sont constituées d'outils fondamentaux pour la représentation et le raisonnement. Depuis les mathématiques classiques jusqu'aux programmes actuels en passant par les maths modernes, le souci de l'école a toujours été de former du mieux possible l'apprenant à l'efficacité des mathématiques tout en réduisant les taux d'échec. Les contenus aussi bien que les pratiques et approches théoriques d'enseignement et d'apprentissage sont continuellement revus et rénovés dans ce souci, et la pédagogie évolue tendant de plus en plus vers une approche par compétences. Cependant force est de reconnaître que les mathématiques continuent à être redoutées par de nombreux élèves qui trouvent leur apprentissage difficile. Les activités d'implication, d'opération et d'intégration nécessaires au fonctionnement de l'apprentissage (Pelpel, 2002) semblent présenter en mathématiques des obstacles qui leur apparaissent encore insurmontables. Serait-ce les enseignants qui n'arrivent pas à susciter des

apprentissages chez leurs élèves ou plutôt les mathématiques elles-mêmes qui seraient destinées à une élite ? (Andler, 2006 ; Gispert, 2007) Quoi qu'il en soit, l'enseignant devrait perpétuellement réajuster ses stratégies et méthodes d'enseignement pour rendre ses enseignements accessibles à l'intégralité sinon à la majorité de ses élèves, car « l'un des devoirs les plus stricts du professeur est d'aider ses élèves » (Polya, 1965, p. 7). Et la réussite des apprentissages des élèves se manifeste à travers leurs compétences mathématiques dont celles en résolution de problèmes.

L'intérêt de la résolution de problèmes est évident lorsque l'on considère les défis et autres obstacles plus ou moins importants auxquels les individus sont confrontés quotidiennement dans leur milieu social ou professionnel. Proulx (1997) affirme que la compétence en résolution de problèmes est l'une des plus importantes des activités intellectuelles et une composante cruciale de l'intelligence. L'école prépare l'individu à réussir sa vie sociale ou professionnelle et y contribue en formant les élèves à la résolution de problèmes. Moisan (2008) affirme que la résolution des problèmes répond à l'objectif de la formation des élèves en mathématiques de par sa démarche : elle amène à rechercher, analyser, trier et organiser l'information ; observer, conjecturer, contrôler, critiquer ; raisonner, argumenter, mettre au point une démarche logique, et enfin communiquer.

Quel que soit le modèle théorique de l'apprentissage adopté pour les élèves, le rôle de l'enseignant demeure fondamental. Du modèle transmissif dans lequel il est le principal vecteur de la connaissance, au modèle socio-constructiviste dans lequel il crée ou choisit les milieux dans lesquels plonger l'élève pour son apprentissage, en passant par les modèles behavioriste et constructiviste, c'est lui qui organise l'apprentissage. « Dans des prescriptions moins extrêmes, le rôle de l'enseignant est beaucoup plus nettement marqué dans sa façon d'orienter le débat par ses conseils, ses reformulations, ses apports d'information, ses synthèses » (Joshua et Dupin, 1993, p. 329). Dans tous les cas donc, la culture et les conceptions du professeur influenceront l'apprentissage de l'élève. Or, l'enseignant est de plus en plus inévitablement soumis aux influences des TIC sur la société moderne dans laquelle il

se trouve. C'est dire donc que sa culture est plus ou moins marquée par la poussée des TIC avec des effets possibles sur l'apprentissage de ses élèves.

Un avantage vite reconnu à l'usage de l'ordinateur par les enseignants est la qualité des productions textuelles et leur archivage. Nombreux sont les enseignants qui, depuis leur initiation à l'usage de l'ordinateur, saisissent et stockent leurs cours et leurs sujets de devoir au format numérique, profitant des facilités d'édition, de modification et de diffusion de ce format. Désormais, les listes et les notes d'élèves sont traitées à l'aide de tableurs soulageant les utilisateurs de bien de tâches routinières fastidieuses. Mais beaucoup d'enseignants reconnaissent aussi le caractère motivant de l'ordinateur en classe tel que mis en évidence par Anderson (2006). Dans les établissements qui en offrent la possibilité, des enseignants ont recours à l'ordinateur pour illustrer leur cours et permettre des manipulations motivantes pour les élèves. En mathématiques, par exemple, l'usage de logiciels tels Cabri Géomètre permet d'illustrer des objets et propriétés et améliore largement le cours de géométrie. L'ordinateur permet de s'affranchir des calculs fastidieux pour mieux se préoccuper des relations et des propriétés des objets manipulés.

L'entrée des TIC dans le monde de l'éducation a profondément influencé le travail de l'enseignant. L'enseignant de mathématiques peut utiliser des logiciels lui permettant d'explorer rapidement certaines configurations en lui suggérant ainsi de nouvelles approches pédagogiques. Internet permet une meilleure collaboration entre enseignants de la même discipline, voire une meilleure accessibilité de l'assistance, il enrichit les ressources documentaires de l'enseignant et lui permet des échanges interdisciplinaires. Cependant, cet usage des TIC par l'enseignant ne semble pas se répercuter de façon positive sur les résultats de leurs élèves (O'Dwyer, Russell, Bebell et Seeley, 2008 ; Sprietsma, 2007). L'enrichissement par les TIC de la culture de l'enseignant de mathématiques se ressent-il au niveau des performances de ses élèves ? La résolution de problèmes étant l'une des composantes fondamentales de la compétence mathématique (DIFPE, 1991 ; Glaeser, 1973 ; Johsua et Dupin, 1993), peut-on en particulier établir un parallèle entre les compétences TIC de l'enseignant de mathématiques et les compétences de ses élèves en résolution de problèmes ? La

présente recherche veut y répondre et procède d'abord à une revue des utilisations que font les professeurs des TIC, des avantages pédagogiques qu'ils en tirent et des défis de la résolution de problèmes.

2. Cadre théorique

Pour appréhender les rapports éventuels entre l'usage des TIC par les enseignants de mathématiques et les compétences de leurs élèves en résolution de problèmes, un aperçu théorique de cet usage et de la résolution de problèmes serait nécessaire. Les performances sans cesse améliorées des TIC les rendent bien utiles en éducation. En effet, elles permettent non seulement de stocker d'importantes quantités de données, mais aussi de gérer et d'exploiter rapidement des données stockées. La vitesse des processeurs ne cesse d'augmenter et des algorithmes naguère trop lourds sont désormais plus rapidement exécutés. En plus, de nombreux logiciels permettent à l'apprenant de s'exercer et d'acquérir des aptitudes en matière de résolution de problèmes. Leur usage présente donc un intérêt certain pour l'enseignant soucieux de développer des compétences en résolution de problèmes, même si beaucoup d'enseignants n'en font qu'un usage adapté à leur contexte personnel. Kaput (2007) leur distingue deux domaines d'usage spontané : celui de la représentation et celui de la communication. Turner (2005) précise ces usages à travers 20 compétences TIC utiles à tout enseignant, compétences qui se résument ainsi : connaissances en bureautique, connaissances de base sur un système d'exploitation, connaissances en applications multimédias, connaissances sur les réseaux et les services de base de l'Internet.

L'utilisation qu'un enseignant fait des TIC dépend de son niveau de connaissance de l'outil, de sa perception de leur utilité et l'accès qu'il en a. Le modèle proposé par Raby (2004) illustre bien le processus d'acquisition d'une utilisation exemplaire des TIC en quatre étapes : la sensibilisation pendant laquelle l'enseignant est proche des TIC sans pour autant s'en servir directement ; l'utilisation personnelle qui passe par la motivation (curiosité ou besoin), la familiarisation et l'exploration-appropriation (production de documents, communication, recherche

d'informations) ; l'utilisation professionnelle motivée par la curiosité ou un besoin ou une obligation d'ordre professionnel et pendant laquelle la familiarisation est plus intense et l'exploration-appropriation plus profonde ; l'utilisation pédagogique ou usage des TIC à des fins éducatives est le stade le plus complexe. Au cours de ce processus, l'utilisateur des TIC acquiert un certain nombre de compétences dont les plus utiles pour l'enseignant sont l'utilisation des outils suivants (Turner, 2005) : un traitement de texte, un tableur, un logiciel de gestion de base de données, un logiciel de présentation assistée par ordinateur, un navigateur Web, un traitement de courrier électronique, un gestionnaire de fichiers ; l'enseignant peut également tirer avantage de l'utilisation d'un appareil photo numérique ou d'un scanner, ou de connaissances sur l'installation de logiciel, le téléchargement de ressources numériques, les supports de stockage, la sécurité informatique et les droits d'auteur en éducation.

Les enseignants ayant accès aux TIC mettent en général leur usage en relation avec leurs préoccupations professionnelles à travers (Perreault, 2003*a*, 2003*b*) :

- des activités de production et de gestion : ils apprennent à mieux organiser et présenter leurs documents textes et leurs données numériques, accèdent grâce au Web à davantage de ressources pédagogiques pour préparer leurs cours.
- des activités de diffusion multimédia : ils diffusent à travers un réseau itinérant ou un réseau électronique des documents pédagogiques au format numérique.
- des activités d'apprentissage interactif : ils conçoivent des activités qui seront réalisées par leurs apprenants avec une large prise de responsabilité ; ce sont des activités de communication interpersonnelle, des activités de collecte et analyse d'information, des activités de résolution de problèmes.

En particulier chez les enseignants de mathématiques, les usages des TIC rencontrés sont (Darricarrère & Bruillard, 2010) : la saisie des cours et des activités mathématiques, la recherche d'idées sur Internet, l'utilisation de logiciels pour l'illustration ou d'animation, l'échange de courriels pédagogiques.

En considérant le contexte du Burkina Faso, où l'utilisation des TIC dans l'enseignement n'est pas formellement applicable, et où l'accès à ces outils est encore très faible (Internet World Stats, 2009), une utilisation pédagogique des TIC paraît difficilement envisageable chez les enseignants. Pour cette raison, le cadre privilégié pour cette étude est celui des trois premières étapes identifiées par Raby (2004). L'ensemble des usages de ces trois étapes sera couvert par les compétences TIC identifiées avec des niveaux de maîtrise différents.

Quant à la résolution de problèmes, elle sera considérée dans cette étude selon l'approche de traitement de l'information, qui distingue trois types de problèmes (Lemaire, 1999 ; Poissant, Poëllhuber, Falardeau, 1994) : les problèmes d'induction de structure faisant appel à des processus d'encodage, de comparaison et de sélection-évaluation ; les problèmes de transformation exigeant des transformations successives ; les problèmes de configuration ou d'arrangement.

Les activités proposées par l'enseignant pour former ses élèves à la résolution de problèmes offrent l'occasion d'identifier et traiter les difficultés des apprenants dans ce domaine. Doornekamp (2001) a observé que le type de problème et le matériel utilisé pour la résolution peuvent être déterminants. Il a conclu que la résolution des problèmes de construction, qui sont plutôt des problèmes ouverts, exigeait l'utilisation d'heuristiques tandis que celle des problèmes d'explication, qui sont des problèmes avec contraintes, se prêtait beaucoup plus à l'utilisation d'algorithmes avec une approche plus structurée. Certains éléments peuvent rendre plus difficile la résolution de problèmes, notamment la fixité fonctionnelle et la mécanisation de la pensée (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001). La fixité fonctionnelle se rapporte à la manière dont le sujet pense aux objets, à la possibilité de les utiliser de façon inhabituelle ; elle signifie une difficulté à varier les usages assignés aux objets (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001). Cette difficulté à envisager un usage inhabituel d'un objet peut éloigner le sujet de la solution du problème. La mécanisation de la pensée, ou ancrage dans un contexte, est la tendance à recourir à une analogie avec d'autres problèmes pour résoudre un problème se prêtant à d'autres stratégies plus pertinentes, obéissant à une sorte de rigidité automatique qui empêche une résolution efficace du

problème (Lemaire, 1999 ; Matlin, 2001). Les compétences en résolution de problèmes doivent donc être évaluées sur les trois types de problème identifiés en intégrant aussi bien des tâches de construction que des tâches d'explication pour couvrir les différents aspects théoriques évoqués.

Le cadre théorique étant ainsi précisé, on peut présenter l'approche méthodologique qui servira au recueil des données et à leur analyse. La partie suivante indique les participants retenus, la méthode de collecte de données auprès de cet échantillon et les traitements appliqués pour l'analyse des données recueillies.

3. Méthodologie

Cette étude vise à savoir si l'on peut établir un parallèle entre les compétences TIC de l'enseignant de mathématiques et les compétences de ses élèves en résolution de problèmes. Procédant par une méthode quantitative, elle s'appuie sur des données extraites d'une recherche doctorale à laquelle ont participé 402 élèves (124 filles et 278 garçons) des classes de seconde C (38,30%), première C (2,50%) et première D (59,20%) de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso). Ces élèves provenaient de six établissements publics d'enseignement secondaire différents et correspondent aux apprenants de 20 professeurs de mathématiques. Au moment de la collecte, les élèves étaient âgés de 15 à 25 ans. La collecte de données s'est déroulée au mois d'avril, soit au cours du second semestre de l'année scolaire, afin de s'assurer d'un temps suffisant de travail entre l'enseignant et ses élèves. Les enseignants de mathématiques participant à l'étude ont répondu à un questionnaire d'autoévaluation de leurs compétences TIC. Il s'agit d'une version adaptée (avec autorisation) du questionnaire conçu par Naylor (2003) pour une enquête sur les compétences TIC des personnels d'université. Ce questionnaire leur permet une autoévaluation de leur accès aux TIC et de leurs compétences dans une échelle de Likert. Pour les élèves, l'instrument utilisé pour la collecte des données est une collection de 10 items de la version de Mathur (2005) du Scholastic Assessment Test (SAT) dont la validité a maintes fois été éprouvée (Wright et Wendler, 1994 ; Zwick, Brown et Sklar, 2004), test utilisé avec l'accord du détenteur de copyright. La collecte de données a consisté à soumettre les

élèves aux 10 questions du test auxquelles ils devaient répondre en 20 minutes sous surveillance. Cette collecte a été autorisée par une note du secrétaire général du ministère chargé de l'enseignement secondaire au Burkina Faso.

En plus, il a été demandé aux élèves d'indiquer le nombre d'années depuis qu'ils suivent les cours de mathématiques avec ce même enseignant, les réponses étant réparties entre trois classes : 1 an, 2 ans, plus de 2 ans. La répartition de ces réponses est la suivante :

Tableau 10
Répartition des élèves selon le temps passé avec le même enseignant de math

Classe	1 an	2 ans	Plus de 2 ans	Non-réponse
Effectif	341	47	11	3
Pourcentage	84,8%	11,7%	2,7%	0,8%

Ce tableau laisse voir que la plupart des enseignants sont à leur première année de contact avec les élèves qu'ils ont impliqué dans les tests, celui-ci a donc été administré au cours du dernier semestre de l'année scolaire afin de s'assurer de leur contribution aux performances observées. Au-delà du temps de travail avec les élèves, le profil des enseignants a également été enregistré : sexe, âge, diplôme. Parmi les 20 enseignants concernés par l'étude figure une seule femme. Ils sont tous titulaires d'une maîtrise ou d'une licence dont la spécialité est variable.

Tableau 11
Répartition des enseignants selon la spécialité

Spécialité	Mathématiques	Sciences éco.	Math- Informatique	Non-réponse
Effectif	14	2	1	3
Pourcentage	70%	10%	5%	15%

On constate que la plupart des enseignants concernés sont qualifiés en mathématiques. L'ancienneté de l'enseignant peut jouer un rôle important pour les

résultats qu'il obtient, mais son âge renseigne davantage sur ses préjugés éventuels sur les TIC, les plus âgés étant souvent considérés comme plus technophobes. Les âges de ces enseignants sont très variés, avec une moyenne de 39,93 ce qui correspond à des personnes assez mûres. La répartition est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 12
Répartition des enseignants selon l'âge

Âge (ans)	Moins de 30	[30 – 40[[40 – 50[50 ou plus	Non- réponse
Effectif	1	4	9	1	5
Pourcentage	5%	20%	45%	5%	25%

On peut y observer que 25% des participants ont moins de 40 ans. Pour la mesure des compétences TIC des enseignants, les valeurs choisies par l'enseignant ont été additionnées et trois classes ont ainsi pu être définies sur la base de la somme obtenue : les sommes allant de 80 à 160 correspondent à un niveau faible, celles de 161 à 240 correspondent au niveau moyen et celles allant de 241 à 320 correspondent à un niveau avancé. Les données ainsi recueillies ont été traitées à l'aide de SPSS 16.0 pour l'analyse statistique. Les enseignants ont été répartis selon leurs compétences TIC, induisant ainsi des groupes d'élèves selon les compétences TIC de leur enseignant. Cela a permis l'application de test bilatéral de comparaison des moyennes (Tassi, 1989) pour apprécier l'importance de la différence entre les scores moyens des différents groupes d'élèves après avoir vérifié la normalité des distributions et l'homogénéité de leurs variances.

Cette étude s'intéresse aux effets des TIC dans un contexte dénué de tout encadrement ou formalisation spécifique ; en effet, les enseignants qui y ont accès aux TIC en ont une utilisation essentiellement personnelle (Karsenti et Ngamo, 2007) et beaucoup d'entre eux ont appris dans un cadre informel à s'en servir. Les effets d'une telle utilisation peuvent ne pas s'inscrire dans le cadre des résultats d'utilisation organisée et encadrée de ces mêmes outils. Par ailleurs, la plupart des enseignants

concernés sont à leur première année de contact avec la classe considérée, ce qui pourrait limiter relativement le poids de leur enseignement sur les performances observées chez les élèves. Pour réduire ce risque, la collecte a été effectuée au cours du second semestre.

4. Résultats

Les 20 enseignants qui ont participé à cette étude se répartissent comme suit selon l'autoévaluation de leurs compétences TIC :

- Niveau avancé : 2 enseignants ayant accès à des ordinateurs à domicile et au sein de leur établissement et qui, en plus de la maîtrise des logiciels de bureautique courants, présentent des compétences en programmation (Basic, Pascal, Visual Basic, Java, C++) et déclarent utiliser des logiciels à des fins mathématiques (Archimède, Firework, Flash).
- Niveau moyen : 1 enseignant disposant d'un ordinateur à domicile et ayant souvent accès au réseau Internet à l'école et dans des centres à accès payant, familier à l'ordinateur et à l'utilisation de traitement de texte, de tableur et de base de données.
- Niveau faible : 17 enseignants qui soit n'ont pas d'accès à l'ordinateur, soit y ont accès sans savoir utiliser quelque application courante.

Tableau 13
Statistiques des catégories d'élèves

Statistiques	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3
Effectif	310	55	37
Moyenne	3,27	3,15	2,54
Écart-type	1,31	1,11	1,07

Cette répartition a permis de distinguer chez les élèves trois catégories selon les compétences TIC de leur enseignant : catégorie 1 pour les élèves dont l'enseignant est faible en TIC, catégorie 2 pour les élèves dont l'enseignant est moyen en TIC et catégorie 3 pour les élèves dont l'enseignant est fort en TIC. Le tableau 13 indique la répartition des 402 élèves dans les catégories créées ainsi que les

moyennes obtenues au test. Les scores obtenus par les élèves ayant participé au test varient de 0 à 8 sur 10. En particulier on observe que les scores varient de 0 à 8 dans la catégorie 1, de 1 à 6 dans la catégorie 2 et de 1 à 5 dans la catégorie 3, ce qui donne une impression de meilleure performance de la part des élèves de la catégorie 1 contre une mauvaise chez ceux de la catégorie 3, impression renforcée lorsqu'on compare les moyennes des différentes catégories. Les données indiquent que le score moyen des différents groupes évolue dans le sens contraire à celui des compétences TIC des enseignants : plus l'enseignant est compétent en TIC, moins ses élèves le sont en résolution de problèmes mathématiques. Le test de Student permet d'apprécier la différence entre les valeurs obtenues pour chaque groupe. Pour se concentrer sur la comparaison des résultats en tenant compte des compétences TIC de l'enseignant et son utilisation d'outils TIC en mathématiques, deux groupes ont été considérés ici : celui des élèves dont l'enseignant a une faible connaissance des TIC (élèves de la catégorie 1) et celui des élèves dont l'enseignant maîtrise les TIC et s'en sert en mathématiques (élèves de la catégorie 3). Ces groupes sont comparés dans SPSS en considérant les hypothèses suivantes :

- H_0 : Les moyennes des deux groupes sont égales.
- H_1 : les moyennes des deux groupes sont différentes.

Ainsi chacun de ces groupes a été soumis au test de normalité de Kolmogorov-Smirnov pour vérifier la distribution normale des scores obtenus au test, avant une application des tests de Levene et de Student pour comparer leurs variances puis les moyennes.

Le test de Levene sur l'égalité des variances donne $F=1,64$ avec une signification de 0,202 donc les deux groupes peuvent être considérés comme ayant même variance. Le test-t pour l'égalité des moyennes donne alors $t = 3,279$ à 345 degrés de liberté avec une signification de 0,001 ; donc l'hypothèse H_0 est rejetée : la différence entre les scores moyens obtenus par les deux groupes peut être considérée comme significative avec moins de 0,1% de risque de se tromper. D'après les valeurs calculées des statistiques des deux groupes, cette différence est en faveur des élèves dont l'enseignant possède de faibles compétences TIC, c'est-à-dire que moins

l'enseignant connaît les TIC, mieux ses élèves résolvent les problèmes de mathématiques. En cherchant à affiner ce résultat, on peut considérer les élèves utilisateurs de tableur ou de logiciel mathématique et dont l'enseignant possède de bonnes compétences TIC : ils ne sont que six, donc en nombre insuffisant pour en tirer des informations fiables. On peut cependant observer que leur score moyen est 2,50, soit une valeur presque égale à la moyenne du groupe 3, quoiqu'inférieure.

5. Discussion

Aussi surprenant qu'il soit, le résultat majeur de cette étude révèle que dans le contexte considéré, les compétences des élèves en résolution de problèmes mathématiques varient dans le sens contraire de celui des compétences TIC de leur enseignant. Ce qui confirme l'existence d'un lien négatif (O'Dwyer et al., 2008 ; Sprietsma, 2007) entre l'utilisation de l'ordinateur par l'enseignant de mathématiques et le développement des compétences de ses élèves en résolution de problèmes. Les résultats observés ici indiquent que l'accès de l'enseignant aux TIC multiplie pour ses élèves les obstacles à la résolution de problèmes. L'enseignant ouvert aux TIC aurait-il alors tendance à cultiver chez ses élèves une certaine fixité fonctionnelle ou une mécanisation de la pensée ? Ou serait-il simplement enclin à passer plus de temps sur des curiosités autres que celles enrichissant la base de connaissances exigibles des élèves ? Ou est-ce tout simplement l'expression de la nécessité d'encadrer l'usage pédagogique des TIC aussi bien chez les enseignants que chez les élèves ? Il apparaît là un effet regrettable qui pourrait naître de la manière dont l'enseignant met son utilisation des TIC en relation avec les besoins de ses élèves. La différence significative relevée entre les performances des élèves des professeurs initiés aux TIC et ceux des non-initiés plaide pour le non-renforcement de l'accès des enseignants à cet outil, à moins de mesures particulières d'accompagnement. La rigueur de la pédagogie est une condition indispensable à l'obtention des promesses des TIC en éducation (Tardif, 1996). Il est intéressant de rappeler ici que la forme que prend l'utilisation pédagogique des TIC par un enseignant dépend non seulement de la maîtrise qu'il a de l'outil, mais aussi de la représentation qu'il a du rôle de celui-ci

dans l'apprentissage et des stratégies d'intervention pédagogique qu'il privilégie (Larose et al., 1999). La simple maîtrise de l'outil informatique par l'enseignant ne suffit pas pour provoquer des effets bénéfiques chez ses élèves, mais quand elle s'avère négative pour la maîtrise par les élèves des contenus enseignés, cela invite à de plus profondes études. Enfin, il ne faut pas perdre de vue que la plupart des enseignants concernés sont à leur première année avec leurs élèves et de ce fait leur influence sur les compétences de ceux-ci, sans être indéniable, peut ne pas être déterminante.

Conclusion

L'objectif de cette étude était d'identifier un éventuel rapport entre l'utilisation de l'ordinateur par un enseignant de mathématiques et les compétences de ses élèves en résolution de problèmes. Cet usage enrichissant la culture de l'enseignant, l'étude émet l'hypothèse que les élèves sont plus compétents en résolution de problèmes lorsque leur enseignant a des compétences TIC. La richesse de la culture d'un enseignant est certes un atout pour réussir son travail pédagogique, mais pas une garantie suffisante pour en assurer le résultat. La maîtrise souvent souhaitée des TIC par l'enseignant de mathématiques s'avère défavorable aux performances de ses apprenants dans un contexte d'utilisation informelle. Quel encadrement de cette utilisation ou quel contexte pédagogique peuvent permettre à l'enseignant de mettre son utilisation des TIC au service de l'amélioration des performances de ses élèves ? Il est indispensable de bien maîtriser le cadre de cette utilisation avant son renforcement si l'on souhaite en maîtriser les effets et éviter des résultats à l'opposé des attentes.

Références

Anderson, S.B. (2006). Newly qualified teachers' learning related to their use of information and communication technology: a Swedish perspective [version électronique]. *British Journal of Educational Technology*, 37(5), 665-682.

- Andler, M. (2006, octobre). Pour lancer le débat. *Gazette des mathématiciens*, 110, p. 57-60. Consulté le 13 juin 2010 à http://smf4.emath.fr/Publications/Gazette/2006/110/smf_gazette_110_57-60.pdf.
- Darricarrère, J. et Bruillard, E. (2010). Utilisation des TIC par les professeurs de mathématiques de collège : discours et représentations. *Bulletin de la société des enseignants neuchâtelois de sciences*, 39
- De Corte, E. et Verschaffel, L. (2005). Apprendre et enseigner les mathématiques : un cadre conceptuel pour concevoir des environnements d'enseignement-apprentissage stimulants. In M. Crahay, L. Verschaffel, E. De Corte et J. Grégoire, *Enseignement et apprentissage des mathématiques : Que disent les recherches pédagogiques ?* (pp. 25-54). Bruxelles : De Boeck.
- DIFPE (1991, juin). *Programmes de mathématiques : secondes, premières, terminales*. (Disponible dans les textes de l'inspection de mathématiques, DGIFPE/MESSRS/Burkina Faso).
- Doomekamp, B.G. (2001). Designing teaching materials for learning problem solving in technology education [version électronique]. *Research in Science and Technological Education*, 19(1), 25-38
- Gasquet, S. (1991), *Les mathématiques au lycée : clés pour une réussite*, Paris : ESF.
- Gispert, H. (2007, juillet). *L'enseignement des mathématiques au XXe siècle dans le contexte français*. Communication présentée à la 5^e Université d'été européenne sur l'histoire et l'épistémologie des mathématiques dans l'enseignement, Prague, République Tchèque. Consulté le 13 juin 2010 à <http://www.math.ens.fr/culturemath/histoire%20des%20maths/htm/Gispert08-reformes/Gispert08.htm>
- Glaeser, G. (1973). *Mathématiques pour l'élève professeur*. Paris : Hermann.
- Hoover, N. (2007). *Cultural Disparities in SAT scores and the influence on higher education opportunities for african american and latino students* [version électronique]. Mémoire de Master en Sciences de l'Éducation non publié, Dominican University of California, San Rafael, CA.
- Internet World Stats (2009). *Internet usage statistics for Africa*. Consulté le 13 novembre 2009 à <http://www.internetworldstats.com/stats1.htm>.

- Johsua, S. & Dupin, J.J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Kaput, J. (2007). Technology becoming infrastructural in mathematics education. *Models & Modeling as Foundation for the Future in Mathematics Education*. Mahwah, Nj: Laurence Erlbaum. Consulté le 14 novembre 2010 à http://www.icme-organisers.dk/tsg15/ICME_Plenary_Kaput.pdf.
- Karsenti, T. & Ngamo, S.T. (2007). Qualité de l'éducation en Afrique : le rôle potentiel des TIC. *International Review of Education*, 53, 665-686.
- Larose, F., David, R., Dirand, J.M., Karsenti, T., Grenon, V., Lafrance, S., Cantin, J. (1999). Information and communication technologies in university teaching and in teacher education: Journey in a major Québec university's reality [version électronique]. *Electronic Journal of Sociology*, 4(3). Consulté le 13 janvier 2009 à <http://www.sociology.org/content/vol004.003/francois.htm>
- Lemaire, P. (1999). *Psychologie cognitive*. Bruxelles : De Boeck Université (Ed.)
- Mathur, H. (2005). *Prepare for the SAT*. Consulté le 27 décembre 2008 sur [Majortest.com](http://www.majortests.com/sat/index.php) à <http://www.majortests.com/sat/index.php>
- Matlin, M.W. (2001). *La cognition : une introduction à la psychologie cognitive*. Bruxelles : De Boeck Université (Ed.)
- Moisan, J. (2008, mars). Les TIC dans l'enseignement des mathématiques. *Les nouvelles technologies pour l'enseignement des mathématiques*, 9. Consulté le 14 novembre 2010 à <http://revue.sesamath.net/spip.php?article123>
- Naylor, E. (2003). *Conducting a ICT Skills Survey of College Staff*. Consulté le 27 décembre 2007 à <http://ferl.qia.org.uk/display.cfm?resID=4858>.
- O'Dwyer, L.M., Russell, M., Bebell, D. et Seeley, K. (2008). Examining the relationship between students mathematics test scores and computer use at home and at school. *The Journal of Technology, Learning, and Assessment*. 6(5), consulté le 20 juin 2010 à <http://escholarship.bc.edu/jtla/vol6/5/>
- Pepel, P. (2002). *Se former pour enseigner* (3^e ed.). Paris : Dunod.
- Perreault, N. (2003a). Rôle et impact des TIC sur l'enseignement et l'apprentissage au collégial – I [version électronique]. *Pédagogie collégiale*16(3), 3-10

- Perreault, N. (2003b). Rôle et impact des TIC sur l'enseignement et l'apprentissage au collégial – II [version électronique]. *Pédagogie collégiale*, 16(4), 26-34.
- Poissant, H., Poëllhuber, B. et Falardeau, M. (1994). Résolution de problèmes, autorégulation et apprentissage. *Revue Canadienne de l'Éducation*, 19(1), 30-44.
- Polya, G. (1965). *Comment poser et résoudre un problème* (2^e éd.). Paris : Dunod.
- Proulx, L.P. (1997). Enseigner et apprendre la résolution de problèmes [version électronique]. *Pédagogie Collégiale*, 11(1), 18-22.
- Raby, C. (2004). *Analyse du cheminement qui a mené des enseignants du primaire à développer une utilisation exemplaire des technologies de l'information et la communication (TIC) en classe*. Thèse de doctorat non publiée présentée à l'Université du Québec à Montréal, Canada.
- Sprietsma, M. (2007). Improving student performance: three micro-econometric studies. (Thèse de doctorat, Université Catholique de Louvain, 2007). *UCL – Thesis*. Consulté le 18 juin 2010 à http://edoc.bib.ucl.ac.be:81/ETD-papier/submitted/Sprietsma_Maresa.html
- Tardif, J. (1996). Une condition incontournable aux promesses des NTIC en apprentissage : une pédagogie rigoureuse. *OCCE de la Drôme : Printemps de l'éducation*. [version électronique] consulté le 17 février 2009 sur <http://www.ac-grenoble.fr/occe26/printemps/tardif/pedagogie.htm>
- Tassi, P. (1989). *Méthodes statistiques*. Paris : Economica.
- Touré, M. A., Mbangwana, M. et Sene. P. A. (2009). Que sont les TIC en Afrique : typologie des outils et systèmes. In T. Karsenti, *Intégration pédagogique des TIC : Stratégies d'action et pistes de réflexion*. pp 33-56. Ottawa : CRDI.
- Touré, S. (2002). L'enseignement des mathématiques dans les pays francophones d'Afrique et de l'Océan Indien. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 34(4), 175-178.
- Turner, L. (2005, juin). *20 Technology Skills Every Educator Should Have*. *T.H.E. Journal*. [Version électronique] Consulté le 27 décembre 2007 sur <http://thejournal.com/articles/17325>.

- Verspoor, A.M. (2008). *À la croisée des chemins: options pour l'enseignement secondaire en Afrique subsaharienne*. Banque Mondiale, Washington, D.C. Consulté le 12 juin 2010 sur http://siteresources.worldbank.org/INTAFRREGTOPEducation/Resources/444659-1212165766431/ED_Secondary_edu_crossroads_overview_fr.pdf.
- Wright, N. et Wendler, C. (1994). *Establishing Timing Limits for the New SAT for Students with Disabilities*. [Version électronique] Document ERIC ED375543 consulté le 30 décembre 2007 sur <http://www.eric.ed.gov/>.
- Zwick, R., Brown, T. et Sklar, J.C. (2004). *California and the SAT: a Reanalysis of University of California Admission Data. Research & Occasional Papers Series: CSHE.08.04*. [Version électronique] Document ERIC ED492530 consulté le 30 décembre 2007 sur <http://www.eric.ed.gov/>.

Chapitre 5

Discussion générale

Les articles présentés contribuent tous à cette recherche doctorale. Chacun d'eux s'est consacré à instruire sur un des objectifs spécifiques de la recherche, avec une démarche qualitative pour la première et une étude quantitative pour les deux autres. Les résultats obtenus dans chacun éclairent ou renforcent ceux obtenus dans les autres. Dans la présente discussion générale, le contexte de l'étude sera rappelé et précisé, puis chacun des objectifs sera rappelé en précisant les résultats obtenus et en les rapportant éventuellement à ceux d'autres études.

5.1. L'usage des TIC dans l'enseignement secondaire au Burkina Faso

Comme précisé dans le chapitre 1, le contexte matériel en matière de technologie est très défavorable dans de nombreux pays africains. Celui de l'enseignement secondaire l'est davantage malgré une politique volontariste de nombreux organismes, et les élèves ayant accès à un ordinateur en famille ou à l'école y sont des privilégiés. Quelques enseignants y ont généralement accès pour un usage intuitif rarement encadré. Les usages les plus fréquents dans un tel contexte sont consacrés à la technologie comme objet d'apprentissage et plus rarement à l'utilisation de logiciels pour l'enseignement ou l'apprentissage des mathématiques (Karsenti et Ngamo, 2007). On peut donc se demander quels enseignements tirer d'un si rare usage de l'ordinateur à des fins d'enseignement ou d'apprentissage qui se retrouve dans un tel contexte, et s'il peut engendrer des effets positifs sur l'éducation, en particulier ici sur les compétences en résolution de problèmes. Ces questions sont examinées ici, en s'appuyant sur des élèves dont certains ont accès à un ordinateur, mais sans intervention extérieure sur leurs compétences TIC.

5.2. Le premier objectif.

Le premier objectif de cette recherche consistait à décrire la manière dont des élèves du Burkina Faso utilisent l'ordinateur pour améliorer leur apprentissage des mathématiques. Les données recueillies montrent que ces élèves sont plus enclins à utiliser l'ordinateur à des fins d'apprentissage lorsqu'ils y ont accès à domicile. On peut imaginer que le caractère payant des accès communautaires réduise leur accès à la technologie et que le peu de temps qu'ils passent dans ces centres soit consacré aux communications et aux loisirs. Les élèves ayant participé aux entretiens dans le cadre de cette étude fréquentent rarement un centre payant pour accéder à l'ordinateur à des fins d'apprentissage mathématique. Or l'accessibilité de la technologie est un facteur important dans le développement de ses usages pédagogiques (Depover et al., 2007 ; Goos et Bennisson, 2006 ; Russell, Bebell, O'Dwyer, O'Connor, 2003). Quand ils utilisent l'ordinateur pour apprendre en mathématiques, cela se fait dans une logique transmissive : ils considèrent l'ordinateur comme un répéteur qui doit leur apprendre les solutions de différents types de problèmes qu'ils peuvent rencontrer. Ainsi, les applications utilisées s'écartent totalement de ce qu'ont observé, en Australie, Forgasz, Griffith et Tan (2006), où l'usage de tableurs domine à côté de celui de logiciels spécifiquement mathématiques. Pourtant, contrairement à ces logiciels de mathématiques, un tableur est souvent disponible dans les suites bureautiques courantes sur les ordinateurs de bureau.

5.3. Le deuxième objectif

Le deuxième objectif consistait à identifier des rapports éventuels entre l'utilisation de l'ordinateur par les élèves et leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques. Or le premier article a révélé non seulement un faible usage de l'ordinateur à des fins d'apprentissage mathématique, mais également une approche transmissive de cet usage. Cette pratique n'est pas de nature à mettre en évidence le potentiel cognitif de l'ordinateur (Depover et al., 2007), et cela se confirme par l'absence de différences significatives dans

les résultats obtenus au test des compétences en résolution de problèmes, entre les élèves usager de l'ordinateur à des fins mathématiques et ceux des non-usagers de l'ordinateur. Cette absence de différences s'explique également par la nature des activités les plus fréquemment menées sur l'ordinateur par les élèves qui y ont accès : la navigation Web et le courrier électronique les attirent davantage sans qu'ils puissent mettre ceux-ci en rapport avec leur apprentissage, pratiques qui ne favorisent pas l'amélioration de la qualité de l'éducation (Karsenti et Ngamo, 2007). Les différences liées au genre qui ont été observées dans l'usage de l'ordinateur n'ont pas non plus d'effet sensible sur les performances en résolution de problèmes. En somme, le travail en autonomie des élèves ayant accès à la technologie ne leur apporte pas de modification sensible dans les compétences en résolution de problèmes mathématiques.

5.4. Le troisième objectif

Le troisième objectif consistait à identifier des rapports éventuels entre les compétences TIC de l'enseignant de mathématiques et les compétences de ses élèves en résolution de problèmes. Le deuxième article montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les élèves utilisateurs de l'ordinateur et ceux qui ne l'utilisent pas, quant à leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques. On pouvait s'attendre à une influence positive sur ces compétences de la part d'un enseignant de mathématiques qui posséderait des compétences TIC. Mais les résultats obtenus montrent plutôt le contraire : l'existence d'un lien négatif entre l'utilisation de l'ordinateur par l'enseignant de mathématiques et le développement des compétences en résolution de problèmes mathématiques chez ses élèves (O'Dwyer et al., 2008 ; Sprietsma, 2007). Les enseignants utilisant l'ordinateur ne savent-ils pas alors mettre leurs compétences TIC au service de l'apprentissage de leurs élèves ? Ou considèrent-ils simplement que l'ordinateur ne peut que renforcer des compétences mathématiques déjà acquises ? En fait cela confirme tout simplement que le contexte matériel et humain de cette recherche ne sont pas favorables à l'expression du potentiel cognitif de la technologie.

5.5. Synthèse

Les données recueillies ont permis de mettre en évidence une véritable inefficacité en mathématiques de l'usage actuel de l'ordinateur dans le contexte de cette recherche. L'usage qui en est fait par les élèves réduit l'outil à un simple accessoire de transmission de savoir, qui entre en concurrence avec l'enseignant qu'il ne saurait remplacer. Par conséquent, cet usage reste sans effet sur l'apprentissage mathématique, en particulier sans effet sensible sur les compétences en résolution de problèmes. Les enseignants de mathématiques qui ont accès à l'outil influencent négativement les compétences de leurs élèves en résolution de problèmes, peut-être par leurs conceptions ou leurs pratiques.

Conclusion générale

Le présent travail visait à identifier, dans le contexte de l'éducation au Burkina Faso, des effets de l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement et l'apprentissage sur le développement des compétences en résolution de problèmes mathématiques. Malgré le contexte défavorable à l'utilisation pédagogique des TIC, cette étude se justifiait par la nécessité d'explorer davantage les pratiques développées dans ce type de contexte et dont les effets ne sont pas encore bien connus. Cette utilisation étant tout à fait informelle, il était nécessaire de l'explorer pour mieux décrire comment les élèves du Burkina Faso utilisent l'ordinateur pour améliorer leur apprentissage des mathématiques. Ensuite, la recherche se porte sur les rapports éventuels entre, d'une part, l'utilisation de l'ordinateur par les élèves et les compétences de ceux-ci en résolution de problèmes mathématiques ; d'autre part, les compétences TIC de l'enseignant de mathématiques et les compétences de ses élèves en résolution de problèmes.

Les travaux de la psychologie cognitive ont apporté beaucoup d'éclairage sur les processus et stratégies de la résolution de problèmes. De nombreuses études menées dans des pays développés montrent que l'utilisation de l'ordinateur et de la calculatrice graphique en classe accroît la motivation des apprenants, ce qui les met dans de bonnes dispositions pour réussir. Ces études montrent également que ces outils contribuent à l'amélioration des compétences en résolution de problèmes par l'aide à la représentation et la mise en relief de propriétés ou de raisonnements sous-jacents.

Mais ces effets ont toujours été observés dans des contextes qui demeurent difficiles à mettre en place dans les pays en développement comme le Burkina Faso où l'accès à la technologie est si faible qu'on ne peut envisager une utilisation formelle de celle-ci en classe. Dans ce contexte matériel défavorable, ceux qui y ont accès l'utilisent, quand ils s'en servent pour l'apprentissage, dans une perspective transmissive ne favorisant pas la mise en évidence du potentiel cognitif de ces outils. Il devient ainsi important de connaître l'effet des pratiques en matière de TIC et d'éducation développées et encouragées dans ce contexte de sous-équipement. Si des effets positifs sur les compétences en résolution de problèmes étaient mis en évidence, cela permettrait de renforcer l'apport des TIC à

l'éducation en Afrique. La démarche dans cette étude a consisté en une exploration des pratiques des élèves du Burkina en matière d'utilisation de l'ordinateur pour l'apprentissage, puis en des mesures visant à vérifier d'une part si les élèves utilisant l'ordinateur réussissent mieux que ceux ne l'utilisant pas au test de résolution de problèmes mathématiques ; d'autre part si les élèves dont l'enseignant de mathématiques possède des compétences TIC réussissent mieux au même test que ceux dont le professeur n'a pas de compétences TIC.

Pour cette étude, l'observation a consisté d'une part en des entretiens semi-dirigés avec des élèves se déclarant utilisateur de l'ordinateur à des fins d'apprentissage, d'autre part en un sondage par questionnaire auprès des enseignants et des élèves. Le questionnaire des enseignants a permis de collecter des données quantitatives sur leurs compétences TIC et celui des élèves a permis de mesurer leurs compétences en résolution de problèmes mathématiques. Les données recueillies ont été organisées et traitées à l'aide de SPSS pour les quantitatives, et Weft QDA pour les qualitatives.

Les analyses révèlent une propension des élèves du Burkina Faso à utiliser l'ordinateur dans une logique transmissive plutôt que dans une logique constructiviste comme recommandé par Depover et al. (2007). Loin de couvrir l'ensemble des activités répertoriées par Touré et al. (2009) ou Depover et al. (2007) (voir le cadre théorique) ils se limitent à l'édition de document numérique, la recherche documentaire et la communication. Les jeux et divertissements ne leur sont pas familiers et ils ignorent largement les activités d'apprentissage et de résolution de problèmes. Cela ne leur permet pas de tirer avantage du potentiel cognitif des TIC (Depover et al., 2007) et le développement de l'accès aux outils sans la correction de cet aspect serait vain. Mais les hypothèses adoptées pour cette recherche supposaient, en raison des avantages de l'usage des TIC révélés par la recension des écrits, d'une part, que les compétences en résolution de problèmes mathématiques étaient meilleures chez les élèves usager des TIC, d'autre part, que ces compétences étaient également meilleures chez les élèves dont l'enseignant de mathématiques présente des compétences TIC. Ces hypothèses sont contredites par les tests

de variance qui, non seulement ne révèlent pas de différence significative dans les compétences en résolution de problèmes mathématiques entre les élèves usager de l'ordinateur en mathématiques et ceux non-usagers de l'ordinateur, mais montrent un rapport négatif entre les compétences TIC des enseignants de mathématiques et les compétences en résolution de problèmes de leurs élèves. Cela traduit une faiblesse dans les usages de l'ordinateur qui ont cours dans le contexte de cette recherche, aussi bien au niveau des enseignants que des élèves. S'il est vrai que ce contexte n'est pas favorable à une utilisation pédagogique de l'ordinateur au sens de Raby (2004), les enseignants en général, ceux de mathématiques en particulier, devraient s'efforcer d'atteindre la troisième des étapes qu'elle identifie dans cette utilisation, celle d'utilisation professionnelle : utiliser les TIC pour s'informer et se documenter sur le plan professionnel, pour communiquer et collaborer au plan professionnel avec des collègues, d'autres professionnels ou les parents, pour produire des documents pédagogiques (Raby, 2004).

En conclusion, l'usage que font les élèves du Burkina de l'ordinateur pour apprendre les mathématiques est faible et inefficace. Ils n'utilisent pas des applications appropriées ou les utilisent mal. Ils sont plus enclins à la navigation Web sans effet sensible sur leur apprentissage mathématique. Par ailleurs, l'étude a montré que peu d'enseignants de mathématiques du Burkina sont préparés pour une utilisation pédagogique de l'ordinateur. Sans préciser si cela en est la cause, elle révèle un lien négatif entre l'utilisation de l'ordinateur par l'enseignant de mathématiques et les compétences des élèves en résolution de problèmes.

Il apparaît alors la nécessité de mener des recherches plus précises pour comprendre le lien négatif observé, et examiner en particulier l'impact, dans le même contexte, de l'usage pédagogique des TIC par les enseignants sur les performances des élèves ; cela permettra d'apprécier plus nettement l'opportunité de former les enseignants de mathématiques et la nécessité d'améliorer leur accès aux TIC. La perception des TIC par l'enseignant influence l'usage qu'il en fait, une étude complémentaire pourrait préciser dans quelle mesure elle

influence l'usage que les élèves en font. Une étude plus élaborée pourrait examiner l'impact, dans le même contexte, d'usages avérés positifs dans d'autres contextes.

Au niveau pédagogique, les résultats montrent que, contrairement à une croyance répandue en Afrique, la seule présence des TIC dans l'éducation ne suffit pas à assurer un effet positif. Ils invitent à une meilleure organisation de l'usage de ces outils pour l'enseignement et l'apprentissage, un usage qui intègre véritablement les TIC dans l'enseignement et l'apprentissage (Karsenti et Ngamo, 2007) au lieu d'en faire un simple objet d'apprentissage. À cet effet, les enseignants pourraient jouer un rôle favorable si, lorsqu'ils ont accès à la technologie, ils se laissent aller à la curiosité professionnelle leur permettant de découvrir le potentiel de ces outils pour leur développement professionnel. L'enseignant conscient du potentiel cognitif de ces outils pourra inciter ses élèves, par des activités hors classe judicieusement choisies, à une utilisation constructiviste des TIC favorisant l'expression de leur potentiel cognitif. Pour cette raison, les multiples initiations et autres formations générales des enseignants en informatique gagneraient à laisser place à des séminaires disciplinaires qui accompagneraient ceux-ci vers une utilisation professionnelle de la technologie dans leur discipline. Ainsi, les enseignants de mathématiques gagneraient non seulement à découvrir les applications mathématiques de l'ordinateur, mais aussi à s'inspirer de bonnes pratiques observées en la matière dans d'autres contextes ; par exemple, ils pourraient être formés à mieux exploiter un tableur (logiciel qui leur est plus souvent accessible qu'un logiciel mathématique) à des fins d'apprentissage mathématique.

Bibliographie

- Abidin, B. & Hartley, J. R. (1998). Developing mathematical problem solving skills [Version électronique]. *Journal of Computer Assisted Learning*, 14, 278-291.
- Alagic, M. & Palenz, D. (2006), Teachers explore linear and exponential growth: spreadsheet as cognitive tools [version électronique]. *Journal of technology and teacher education*, 14(3), 633-649.
- Allen, B.D. & Carifio, J. (1999). A problem set for the investigation of mathematical problem solving [version électronique]. Document ERIC ED434039 consulté le 11 mai 2007 sur <http://www.eric.ed.gov>.
- Anderson, S.B. (2006). Newly qualified teachers' learning related to their use of information and communication technology: a swedish perspective [version électronique]. *British Journal of Educational Technology*, 37(5), 665-682.
- Andler, M. (2006, octobre). Pour lancer le débat. *Gazette des mathématiciens*, 110, p. 57-60. Consulté le 13 juin 2010 à http://smf4.emath.fr/Publications/Gazette/2006/110/smf_gazette_110_57-60.pdf.
- Astolfi, J.P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF éditeur.
- Baker, E.L. & Mayer, R.E. (1999). Computer-based assessment of problem solving [version électronique]. *Computer in Human Behaviour*, 15, 269-282.
- Balanskat, A., Blamire, R. et Kefala, S. (2006). *The ICT impact report: A review of studies of ICT impact on schools in Europe*. European Schoolnet.
- Baillargeon, N. (2000). Comprendre Internet, les NTIC et quelques-uns des enjeux qu'ils soulèvent en éducation [version électronique]. *Ao! Espaces de la parole*, 6(3), 41-44.
- Barry, V.F.T. (2004), *Les NTIC dans l'enseignement secondaire au Burkina Faso : quelles incidences sur les apprentissages scolaires en mathématiques pour les élèves*. Mémoire non publié de fin de formation à la fonction d'inspecteur de l'enseignement secondaire, École normale supérieure, Université de Koudougou, Burkina Faso.
- Baruk, S. (1995). *Dictionnaire de mathématiques élémentaires*. Paris : Seuil.

- Beckers, J. (2001). Aider les élèves à développer des compétences à l'école : révolution ou continuité [version électronique]. *Puzzle*, 10, 2-10.
- Becta (2003a). *Government and partners : what the reseach says*. [version électronique] Consulté le 12 mai 2007 à http://partners.becta.org.uk/page_documents/research/wtrs_maths.pdf.
- Becta. (2003b). *ICT and attainment : A review of the literature*. [version électronique] London, UK: Becta ICT Research. Consulté le 12 mai 2007 à http://partners.becta.org.uk/upload-dir/downloads/page_documents/research/ict_attainment_summary.pdf
- Beyer, B. K. (1988). *Developing a thinking skills program*. Boston : Allyn and Bacon.
- Bittar, M. (2003, juin). *La contribution des nouvelles technologies à la modélisation des connaissances mathématiques*. [version électronique]. Communication présentée au colloque international sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, Reims, France. Consulté le 3 juin 2007 à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00001318>.
- Boudreault, P. (2004). La recherche quantitative. In T. Karsenti & L. Savoie-Zajc (Eds.) *La Recherche en Éducation : Étapes et Approches* (pp.151-180). Sherbrooke, Canada : Éditions du CRP.
- Bozick, R. et Ingels, S.J. (2008). *Mathematics Course taking and Achievement at the End of High School: Evidence from the Education Longitudinal Study of 2002 (ELS: 2002)*. National Center for Education Statistics: 2008-319, Washington. Consulté le 11 janvier 2008 à <http://nces.ed.gov/pubs2008/2008319.pdf>.
- Burkina Faso (1996). *Loi d'orientation de l'éducation*. Consulté le 18 mars 2008 à <http://www.meba.gov.bf/SiteMeba/documents/textes/loi-orientation-education-decembre96.pdf>.
- Burkina Faso (1999). *Plan de développement de l'infrastructure nationale d'information et de communication du Burkina Faso*. Consulté le 18 mars 2008 à

<http://www.uneca.org/aisi/nici/documents/Burkina%20Faso%20NICI%20Plan.html>.

- Burkina Faso (2004). *Rapport national sur le développement de l'éducation au Burkina Faso*. Consulté le 18 mars à http://www.ibe.unesco.org/National_Reports/ICE_2004/burkinafaso.pdf.
- Chatard, A., Guimond, S. & Selimbegovic, L. (2007). "How good are you in math?" The effect of gender stereotypes on students' recollection of their school marks. *Journal of Experimental Social Psychology*, 43, 1017-1024.
- Chauvat, G. (2003, juin). *Description et analyse d'un dispositif d'enseignement des mathématiques en DUT GEII intégrant l'usage de logiciels de calculs et représentations graphiques*. [version électronique]. Communication présentée au colloque international sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, Reims, France. Consulté le 3 juin 2007 à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00001323>.
- Clements, D. (1999). Young children and technology. In American Association for the Advancement of Science, *Dialogue on early childhood science, mathematics, and technology education: First experiences in science, mathematics and technology*. ISBN 0-87168-629-5 [version électronique]. Consulté le 12 mai 2007 à <http://www.project2061.org/publications/earlychild/online/experience/clements.htm>
- Conseil Supérieur de l'Éducation (2000). *Éducation et nouvelles technologies*. Québec : Bibliothèque nationale du Québec.
- Crahay, M., Verschaffel, L., De Corte, E. et Grégoire, J. (2005). Introduction. In M. Crahay, L. Verschaffel, E. De Corte et J. Grégoire, *Enseignement et apprentissage des mathématiques : Que disent les recherches pédagogiques ?* (pp. 11-23). Bruxelles : De Boeck.
- Cronbach, L.J. (1975). Beyond the two disciplines of scientific psychology. *American Psychologist*, 30, 116-127.

- Dahan, J.J. (2001, mars). *Parallel perspective with cabri* [version électronique]. Paper presented at the annual T3 international conference, Columbus, OH. Document ERIC ED472947 consulté le 27 mai 2007 sur <http://www.eric.ed.gov>.
- Dahan, J.J. (2002, mars). *Another way to teach derivative and antiderivative functions with Cabri*. [version électronique]. Paper presented at the annual T3 international conference, Calgary, Ontario, Canada. Document ERIC ED472945 consulté le 27 mai 2007 sur <http://www.eric.ed.gov>.
- Darricarrère, J. et Bruillard, E. (2010). Utilisation des TIC par les professeurs de mathématiques de collège : discours et représentations. *Bulletin de la société des enseignants neuchâtelois de sciences*, 39.
- De Corte, E. et Verschaffel, L. (2005). Apprendre et enseigner les mathématiques : un cadre conceptuel pour concevoir des environnements d'enseignement-apprentissage stimulants. In M. Crahay, L. Verschaffel, E. De Corte et J. Grégoire, *Enseignement et apprentissage des mathématiques : Que disent les recherches pédagogiques ?* (pp. 25-54). Bruxelles : De Boeck.
- Denys, B. & Mopondi Bendeko Grema, A. (2008, 10 février). *Réflexion sur l'évolution de l'enseignement des mathématiques en Afrique : croisement de regards français et africains*. Consulté le 5 juillet 2009 à http://www.apmep.asso.fr/IMG/pdf/CR_atelier_67_Denys-GREMA.pdf.
- Depover, C., Karsenti, T. Et Komis, V. (2007). *Enseigner avec les technologies : favoriser les apprentissages, développer les compétences*. Québec : Presses de l'Université du Québec (Éd.)
- DIFPE (1991a, juin). *Programmes de mathématiques : secondes, premières, terminales*. (Disponible dans les textes de l'inspection de mathématiques, DGIFPE/MESSRS/Burkina Faso).
- DIFPE (1991b, juin). *Programmes de mathématiques : sixième, cinquième, quatrième, troisième*. (Disponible dans les textes de l'inspection de mathématiques, DGIFPE/MESSRS/Burkina Faso).

- Doornekamp, B.G. (2001). Designing teaching materials for learning problem solving in technology education [version électronique]. *Research in Science and Technological Education*, 19(1), 25-38.
- Dumas-Carré, A., Goffard, M. et Gil, D. (1992). Les difficultés des élèves liées aux différentes activités cognitives de la résolution de problèmes. *ASTER*, 14, 53-75.
- Ericsson, K.A. et Lehmann, A.C. (1996). Expert and exceptional performance: evidence of maximal adaptation to task constraints [version électronique]. *Annual Review of Psychology*, 47, 273-305. Consulté le 13 janvier 2009 sur <http://www.accessmylibrary.com/article-1G1-18014715/expert-and-exceptional-performance.html>.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Fagnant, A. (2005). Résoudre et symboliser des problèmes additifs et soustractifs en début d'enseignement primaire. In M. Crahay, L. Verschaffel, E. De Corte et J. Grégoire, *Enseignement et apprentissage des mathématiques : Que disent les recherches pédagogiques ?* (pp. 25-54). Bruxelles : De Boeck.
- Falcade, R., Mariotti, M.A. et Laborde, C. (2004). Towards a definition of function [version électronique]. *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 2, 367-374. Consulté le 28 mai 2007 à http://www-sbras.nsc.ru/EMIS/proceedings/PME28/RR/RR246_Falcade.pdf
- Forgasz, H.J., Griffith, S. Et Tan, H. (2006). *Gender, equity, teacher, students and technology use in secondary mathematics classrooms*. Communication présentée à: The seventeenth ICMI Study Technology Revisited, Hanoï, Vietnam, 3-8 décembre 2006. Consulté le 25 novembre 2010 à : <http://elib.lhu.edu.vn/bitstream/123456789/4764/1/c82.pdf>
- Gasquet, S. (1991), *Les mathématiques au lycée : clés pour une réussite*, Paris : ESF éditeur.

- Genevès, B. (2003). *Forme des polygones* [version électronique]. Communication présentée au colloque international sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, Reims, France. Consulté le 3 juin 2007 à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/05/45/42/PDF/de69th2.pdf>.
- Gibson, S. & Oberg, D. (2004). Visions and realities of Internet use in schools: Canadian perspectives [version électronique]. *British Journal of Educational Technology*, 35, 5569-5585.
- Gillwald, A., Milek, A et Stork, C. (2010). Gender Assessment of ICT Access and Usage in Africa. *Towards Evidence-based ICT Policy and Regulation*, 1, Paper 5. Consulté le 25 mai 2011 à http://www.researchictafrica.net/publications/Towards_Evidence-based_ICT_Policy_and_Regulation_-_Volume_1/RIA%20Policy%20Paper%20Vol%201%20Paper%205%20-%20Gender%20Assessment%20of%20ICT%20Access%20and%20Usage%20in%20Africa%202010.pdf
- Gispert, H. (2007, juillet). *L'enseignement des mathématiques au XXe siècle dans le contexte français*. Communication présentée à la 5^e Université d'été européenne sur l'histoire et l'épistémologie des mathématiques dans l'enseignement, Prague, République Tchèque. Consulté le 13 juin 2010 sur <http://www.math.ens.fr/culturemath/histoire%20des%20maths/htm/Gispert08-reformes/Gispert08.htm>.
- Glaeser, G. (1973). *Mathématiques pour l'élève professeur*. Paris : Hermann.
- Goos, M. et Bennisson, A. (2008). Technology use in secondary mathematics classrooms: a survey of Queensland teachers. *Mathematics Education Research Journal*, 20(3), 102-130.
- Greeno, J. (1991). A view of mathematical problem solving in school. In M.U. Smith (ed.), *Toward a unified theory of problem solving*. (pp. 69-98). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Guilbert, L. et Ouellet, L. (1997). *Étude de cas, apprentissage par problèmes*. Sainte-Foy, Québec : Presses de l'université du Québec. Extrait consulté le 17 janvier 2008 à http://www.profweb.qc.ca/sgaumont-guay/Outils_files/APP.pdf.
- Healy, L., et De Lourdes Vaz, R. (2003, juin). *Using the transformation tools of Cabri-Géomètre as a resource in the proving process* [version électronique]. Communication présentée au colloque international sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, Reims, France. Consulté le 4 juin 2007 à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/05/44/12/PDF/co11th1.pdf>.
- Hoover, N. (2007). *Cultural Disparities in SAT scores and the influence on higher education opportunities for african american and latino students* [version électronique]. Mémoire de Master en Sciences de l'Éducation non publié, Dominican University of California, San Rafael, CA.
- Intenet World Stats (2009). *Internet usage statistics for Africa*. Consulté le 13 novembre 2009 à <http://www.internetworldstats.com/stats1.htm>.
- Isman, A. et Yاران, H. (2005, juillet). How technology is integrated into math education [version électronique]. *International Journal of Instructional Technology & Distance Learning*. 2(7), ISSN: 1550-6908. Consulté le 12 mai 2007 à http://www.itdl.org/Journal/Jul_05/article03.htm.
- Jarrett, D. (1998). *Integrating technology into middle school mathematics: it's just good teaching* [version électronique]. Portland, OR: Northwest Regional Educational Laboratory. Consulté le 2 juin 2007 à <http://www.nwrel.org/msec/book6.pdf>.
- Johsua, S. & Dupin, J.J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Julo, J. (1995). *Représentation des problèmes et réussite en mathématiques* [version électronique]. Presses Universitaires de Rennes. Extrait consulté le 19 mai 2007 à http://maths.creteil.iufm.fr/Premier_degre/int1par.htm

- Jurich, S. (1999). Computers in the classroom: how effective? *Technologia: International Journal of Technologies for the Advancement of Knowledge and Learning*. Consulté le 19 décembre 2010 à http://www.techknowlogia.org/TKL_active_pages2/CurrentArticles/main.asp?IssueNumber=2&FileType=PDF&ArticleID=43.
- Kaput, J. (2007). Technology becoming infrastructural in mathematics education. *Models & Modeling as Foundation for the Future in Mathematics Education*. Mahwah, Nj: Laurence Erlbaum. Consulté le 14 novembre 2010 à http://www.icme-organisers.dk/tsg15/ICME_Plenary_Kaput.pdf.
- Karat, J. (1982). A model of problem solving with incomplete constraint knowledge. *Cognitive Psychology*, 14(4), 538-559.
- Karsenti, T. (2005). Les technologies de l'information et de la communication dans la pédagogie. In C. Gauthier et M. Tardif. *La pédagogie : Théories et pratiques de l'antiquité à nos jours* (2nd ed.). Gaëtan Morin (Ed.), chap. 12, pp. 256-273.
- Karsenti, T. & Ngamo, S.T. (2007). Qualité de l'éducation en Afrique : le rôle potentiel des TIC. *International Review of Education*, 53, 665-686.
- Karsenti, T. & Tchameni Ngamo, S. (2009). Qu'est-ce que l'intégration pédagogique des TIC ? In Karsenti, T. *Intégration pédagogique des TIC : Stratégies d'action et pistes de réflexion*. pp 33-56. Ottawa : CRDI.
- Karsenti, T., Collin, S. et Harper-Merret, T. (2011). *Pedagogical Integration of ICT: Successes and Challenges from 87 African Schools / Intégration pédagogique des TIC : Succès et défis de 87 écoles africaines*. Ottawa, ON : IDRC.
- Kuntz, G. (1998, novembre). *Dynamic geometry on WWW* [version électronique]. Paper presented at the Webnet 98 world conference of the WWW, Internet and Intranet proceedings, Orlando, FL. Document ERIC ED427711 consulté le 27 mai 2007 sur <http://www.eric.ed.gov>.
- Larose, F., David, R., Dirand, J.M., Karsenti, T., Grenon, V., Lafrance, S., Cantin, J. (1999). Information and communication technologies in university teaching and in teacher education: Journey in a major Québec university's reality [version

- électronique]. *Electronic Journal of Sociology*, 4(3), ISSN: 1198 3655. Consulté le 13 janvier 2009 sur : <http://www.sociology.org/content/vol004.003/francois.html>.
- Le Boterf, G. (2000). *Construire les compétences individuelles et collectives : la compétence n'est plus ce qu'elle était*. Paris : Éditions d'Organisation.
- Lemaire, P. (1999). *Psychologie cognitive*. Bruxelles : De Boeck Université (Ed.)
- Li, Q. (2006). Integrating online discussion: Broadening the conversation [Version électronique]. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 6(2), 204-217.
- Mathieu, A. (2005). *Dans quelle mesure les problèmes ouverts peuvent-ils modifier le rapport aux mathématiques des élèves de cycle 3 ?* [version électronique]. Mémoire professionnel en mathématiques, Institut universitaire de formation des maîtres de la Réunion. Consulté le 06 juin 2007 à http://www.reunion.iufm.fr/dep/mathematiques/PE2/Resourcess/MP_Mathieu_Anne.pdf
- Mathur, H. (2005). *Prepare for the SAT*. Consulté le 27 décembre 2008 sur Majoritest.com à <http://www.majoritests.com/sat/index.php>
- Matlin, M.W. (2001). *La cognition : une introduction à la psychologie cognitive*. Bruxelles : De Boeck Université (Ed.)
- Mayer, R. E. (1977). *Thinking and problem solving: an introduction to human cognition and learning*. Glenview, IL: Scott, Foresman.
- Mayer, R. E. (1990). Problem solving. In M.W. Eysenck (Ed), *The Blackwell dictionary of cognitive psychology*, pp. 284-288, Oxford, England: Basil Blackwell.
- Mialaret, G. (1991). *Pédagogie générale*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Moisan, J. (2008, mars). Les TIC dans l'enseignement des mathématiques. *Les nouvelles technologies pour l'enseignement des mathématiques*, 9. Consulté le 14 novembre 2010 à <http://revue.sesamath.net/spip.php?article123>.
- Naylor, E., *Conducting a ICT Skills Survey of College Staff*. Consulté le 27 décembre 2007 sur Ferl à <http://ferl.qia.org.uk/display.cfm?resID=4858>.

- Newell, A. et Simon, H.A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- Nicolas, J. (2006). *L'APP, bien plus que des lettres*. Consulté le 17 janvier 2008 à <http://ecltec-tic.blogspot.com/2006/05/lapp-bien-plus-que-des-lettres.html>.
- Novick, L.R. (1988). Analogical transfer, problem similarity and expertise. *Journal of Experimental Psychology*, 14(3), 510-520.
- O'Dwyer, L.M., Russell, M., Bebell, D. et Seeley, K. (2008). Examining the relationship between students mathematics test scores and computer use at home and at school. *The Journal of Technology, Learning, and Assessment*. 6(5), consulté le 20 juin 2010 à <http://escholarship.bc.edu/jtla/vol6/5/>
- Olkun, S., Altun, A. et Smith, G. (2005). Computers and 2D geometric learning of Turkish fourth and fifth graders [version électronique]. *British Journal of Educational Technology*, 36(2), 317-326.
- Papert, S. (1981). *Jaillissement de l'esprit*. Paris : Flammarion (Ed.).
- Pellegrino, J.W. (1985). Inductive reasoning ability. In R.J. Sternberg (Ed.), *Human Abilities : An Information Processing Approach* (pp. 195-225). New York : Freeman.
- Pelpel, P. (2002). *Se former pour enseigner* (3^e ed.). Paris : Dunod.
- Perkins, D. (1993). Teaching for understanding [version électronique]. *American Educator : The professional Journal of the American Federation of Teachers*, 17(3), 28-35. Consulté le 17 février 2009 à <http://www.ewploratorium.edu/IFI/resources/workshop/teachingforunderstanding.html>
- Perreault, N. (2003a). Rôle et impact des TIC sur l'enseignement et l'apprentissage au collégial – I [version électronique]. *Pédagogie collégiale* 16(3), 3-10
- Perreault, N. (2003b). Rôle et impact des TIC sur l'enseignement et l'apprentissage au collégial – II [version électronique]. *Pédagogie collégiale*, 16(4), 26-34.
- Perrenoud, P. (1998). Construire des compétences, est-ce tourner le dos aux savoirs ? [version électronique] In *Résonances. Mensuel de l'école valaisanne*. N° 3, Dossier "Savoirs et compétences", pp 3-7. Consulté le 18 juin 2010 à <http://www.unige.ch/>

[fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1998/1998_34.rtf](http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1998/1998_34.rtf)

- Perrenoud, P. (2000). L'approche par compétences, une réponse à l'échec scolaire ? [Version électronique] In *Réussir au collégial. Actes du colloque de l'association de pédagogie collégiale*. Montréal : Association québécoise de pédagogie collégiale. Consulté le 18 janvier 2009 à http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_2000/2000_22.rtf
- Perrenoud, P. (2004, mars). Évaluer des compétences [version électronique]. *l'Éducateur*, (numéro spécial « La note en pleine évaluation »), 8-11. Consulté le 17 février 2009 à http://www.ac-grenoble.fr/rep.fontaine/ressource/Perrenoud_Evaluer_competences.pdf
- Poëllhuber, B. et Chomienne, M. (2006). *L'amélioration de la persévérance dans les cours de formation à distance : les effets de l'encadrement et de la collaboration*. Cegep@distance, Bibliothèque Nationale du Québec.
- Poirier-Proulx, L. (1997). Enseigner et apprendre la résolution de problèmes [version électronique]. *Pédagogie Collégiale*, 11(1), 18-22.
- Poissant, H., Poëllhuber, B. et Falardeau, M. (1994). Résolution de problèmes, autorégulation et apprentissage [version électronique]. *Revue Canadienne de l'Éducation*, 19(1), 30-44.
- Polya, G. (1965). *Comment poser et résoudre un problème* (2^e ed.). Paris : Dunod.
- Proulx, L.P. (1997). Enseigner et apprendre la résolution de problèmes [version électronique]. *Pédagogie Collégiale*, 11(1), 18-22.
- Raby, C. (2004). *Analyse du cheminement qui a mené des enseignants du primaire à développer une utilisation exemplaire des technologies de l'information et la communication (TIC) en classe*. Thèse de doctorat non publiée présentée à l'Université du Québec à Montréal, Canada.
- Roegiers, X. (2003). *Une pédagogie de l'intégration : compétences et intégration des acquis dans l'enseignement*. Bruxelles : De Boeck (Ed.)

- Russell, M., Bebell, D., O'Dwyer, L. et O'Connor, K. (2003). Examining teacher technology use: implications for preservice and inservice teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 54(4), 297-310.
- Ruthven, K., et Hennessy, S. (2002). A practitioner model of the use of computer-based tools and resources to support mathematics teaching and learning. [version électronique] *Educational Studies in Mathematics*, 49(1), 47-88.
- Sam, K. (1999), *Étude évaluative de l'introduction de l'informatique dans l'enseignement secondaire général au Burkina Faso*, Mémoire non publié de fin de formation à la fonction d'inspecteur de l'enseignement secondaire, École normale supérieure, Université de Koudougou, Burkina Faso.
- Sarama, J. et Clements, D. (2001, avril). *Computers in early childhood mathematics* [version électronique]. Paper presented at "Developmentally Appropriate Technology for Early Childhood (DATEC): An Interactive Symposium", AERA, Seattle, WA.
- Savoie-Zajc, L. et Karsenti, T. (2004). La méthodologie. In T. Karsenti & L. Savoie-Zajc (Eds.) *La Recherche en Éducation : Étapes et Approches* (pp. 111-121) Éditions du CRP, Sherbrooke, Canada.
- Sawadogo, O., Gnamou, N., Yougbaré, J. et Béré, P. (2004). *Éducation aux sciences, mathématiques et technologies de l'information et de la communication (SMICT) en Afrique sub-saharienne. Country profile : Burkina Faso*. [version électronique] Consulté le 6 septembre 2009 à <http://www.dgifpe.gov.bf/documents/Etude%20Smict%20Burkina%20Faso.pdf>
- Sprietsma, M. (2007). Improving student performance: three micro-econometric studies. (Thèse de doctorat, Université Catholique de Louvain, 2007). *UCL – Thesis*. Consulté le 18 juin 2010 à http://edoc.bib.ucl.ac.be:81/ETD-papier/submitted/Sprietsma_Maresa.html
- Sweller, J. et Levine, M. (1982). Effects of goal specificity on means-ends analysis and learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*.

8(5), 463-474. Consulté le 6 septembre 2009 à <http://www.deepdyve.com/lp/psycharticles-reg/effects-of-goal-specificity-on-means-ends-analysis-and-learning-FgWnxpGZN0>

- Tardif, J. (1996). Une condition incontournable aux promesses des NTIC en apprentissage : une pédagogie rigoureuse. In *OCCE de la Drôme : Printemps de l'éducation*. [version électronique] consulté le 17 février 2009 sur <http://www.ac-grenoble.fr/occe26/printemps/tardif/pedagogie.htm>
- Tassi, P. (1989). *Méthodes statistiques*. Paris : Economica.
- The Digital Strategy (2006). *The digital strategy : What is ICT*. Consulté le 18 mars 2007 à <http://www.digitalstrategy.govt.nz/Resources/References/What-is-ICT/>
- Touré, M. A., Mbangwana, M. et Sene. P. A. (2009). Que sont les TIC en Afrique : typologie des outils et systèmes. In Karsenti, T. *Intégration pédagogique des TIC : Stratégies d'action et pistes de réflexion*. pp 33-56. Ottawa : CRDI.
- Touré, S. (2002). L'enseignement des mathématiques dans les pays francophones d'Afrique et de l'Océan Indien. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 34(4), 175-178
- Tournès, D. (2003, juin). *Construction d'équations algébriques et différentielles*. [version électronique]. Communication présentée au colloque international sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, Reims, France. Consulté le 3 juin 2007 à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00001344>
- Trouche, L. (2003). *Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations*. Document pour l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université Paris VII, Paris. Consulté le 17 février 2009 à http://telearn.archives-ouvertes.fr/docs/00/19/00/91/PDF/Trouche_2003.pdf
- Tschacher, K. (2003, juin). *Rôle et usage des logiciels et calculatrices dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques*. [version électronique]. Communication présentée au colloque international sur l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques, Reims, France. Consulté le 5 juin 2007 à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00001357>

- Turner, L. (2005, juin). 20 Technology Skills Every Educator Should Have. *T.H.E. Journal*. [version électronique] Consulté le 27 décembre 2007 sur <http://thejournal.com/articles/17325>
- Verspoor, A.M. (2008). *À la croisée des chemins: options pour l'enseignement secondaire en Afrique subsaharienne*. Banque Mondiale, Washington, D.C. Consulté le 12 juin 2010 sur http://siteresources.worldbank.org/INTAFRREGTOPEUCATION/Resources/444659-1212165766431/ED_Secondary_edu_crossroads_overview_fr.pdf
- Wallas, G. (1926). *The Art Of Thought*. New York: Harcourt, Brace.
- Wertz, V. (2005). Enseigner les mathématiques... ou les apprendre [version électronique]. *La pensée et les hommes* 58-59, 13-28, Espace de Libertés (Ed.)
- Wikipédia (2003). *Technologies de l'information et de la communication*. Consulté le 28 février 2007 à http://fr.wikipedia.org/wiki/Technologies_de_l'information_et_de_la_communication
- Wilkinson, A. et Wilkinson, L. (2001). Teachers on-line in Africa: The issue of access. In C. Crawford et al. (Eds.). *Proceedings of society for information technology and teacher education international conference*, pp. 3090-3095. Chesapeake, VA: AACE.
- Wilson, J.W., Fernandez, M.L. & Hadaway, N. (1993). Mathematical problem solving [version électronique]. *Research ideas for the classroom: high school mathematics*. Wilson, P.S. (Ed.), chap. 4.
- Woods, D. R.(1987). How might I teach problem solving? *New directions for teaching and learning*. 30, 55-71.
- Wright, N. et Wendler, C. (1994). *Establishing Timing Limits for the New SAT for Students with Disabilities*. [version électronique] Document ERIC ED375543 consulté le 30 décembre 2007 sur <http://www.eric.ed.gov/>.
- Yelland, N.J. (2002). Playing with ideas and games in early mathematics [version électronique]. *Contemporary issues in early childhood*, 3(2), 197-215.

Zwick, R., Brown, T. et Sklar, J.C. (2004). *California and the SAT: a Reanalysis of University of California Admission Data. Research & Occasional Papers Series: CSHE.08.04.* [version électronique] Document ERIC ED492530 consulté le 30 décembre 2007 sur <http://www.eric.ed.gov/>.

Annexe A : Questionnaire enseignant

N.B. Ce questionnaire est entièrement anonyme et les informations qui y seront recueillies ne pourront être utilisées que dans le cadre des objectifs de cette étude.

Code enseignant : Ville : Établissement :

Âge : Sexe : M F Diplôme : Spécialité :

Classe proposée : Seconde C Première C Première D

Depuis quand tenez-vous ces mêmes élèves :

Rentrée 2007-2008 Rentrée 2006-2007 Plus de deux ans

Accès aux TIC

Avez-vous accès aux technologies suivantes ? (Cochez dans une des cases en regard de la technologie)

	Oui	Non
Ordinateur dans la salle des profs		
Connexion Internet		
Logiciels de bureautique (Word, Excel, PowerPoint, Access)		
Logiciels de dessin (CorelDraw par exemple)		
Logiciel de géométrie (Cabri, Géoplan, Declic, etc.)		
Logiciels de jeu		
Imprimante		
Scanneur		
Graveur de CD		
Appareil photo numérique		
Caméra numérique		
Ordinateur portable		
Vidéoprojecteur		

Avez-vous obtenu un diplôme en TIC ? Oui Non

Si oui, le(s) citer :

Où avez-vous accès à un ordinateur ?

Lieu d'accès	Fréquence d'accès			
	Jamais	Rarement	Souvent	Toujours
Dans l'établissement				
À domicile				
Dans un centre privé				
Chez des amis ou parents				

En remplissant la suite du questionnaire, veuillez observer les consignes suivantes :

Pour indiquer votre niveau pour chacun des items, veuillez utiliser l'échelle proposée graduée de 1 à 4. Exemples de réponses types aux questions posées ci-dessous :

- 1 Je ne connais pas cette application/fonction/opération
- 2 J'ai des notions sur cette fonction/opération mais pas assez d'expérience dans son utilisation
- 3 Je suis un utilisateur régulier et en confiance de cette application/opération
- 4 Je suis parfaitement compétent pour cette application/opération et peux en toute confiance l'expliquer aux autres.

Compétences et connaissances TIC : veuillez entourer d'un trait le chiffre indiquant dans l'échelle votre degré d'aisance :

Gestion de l'ordinateur

• Localiser et lancer un programme (un logiciel d'application)	1	2	3	4
• Utiliser un logiciel disponible sur un CD-ROM	1	2	3	4
• Ranger vos documents dans des dossiers	1	2	3	4
• Chercher des fichiers dans le système de l'ordinateur	1	2	3	4
• Transférer des fichiers d'un lecteur à un autre (par exemple de A : à J :)	1	2	3	4
• Imprimer sur des imprimantes en réseau	1	2	3	4

Matériel et environnement informatique

• Relier l'ordinateur à ses périphériques	1	2	3	4
• Scanner des images	1	2	3	4
• Scanner un texte à modifier	1	2	3	4
• Prendre des images avec un appareil photo numérique	1	2	3	4
• Utiliser un vidéoprojecteur	1	2	3	4
• Conscient de la sécurité informatique, les droits d'auteur et les lois	1	2	3	4
• Conscient des questions de santé et de sécurité en rapport avec l'environnement informatique	1	2	3	4
• Installer un logiciel sur un ordinateur	1	2	3	4
• Utiliser des périphériques tels le scanner, l'appareil photo numérique, pour acquérir des images numériques comme ressources pédagogiques	1	2	3	4
• Créer une page Web pour publier un cours ou des ressources pédagogiques sur Internet	1	2	3	4
• Télécharger des documents ou des logiciels à partir du Web	1	2	3	4

Traitement de texte

• Utiliser des commandes simples d'édition (ex. : gras, italique, texte centré, taille de police, etc.)	1	2	3	4
• Utiliser un vérificateur d'orthographe	1	2	3	4
• Importer du texte et des images dans un document texte	1	2	3	4
• Insérer des tableaux dans un document texte	1	2	3	4
• Organiser la disposition du texte et des images	1	2	3	4
• Utiliser des modèles de documents standard	1	2	3	4
• Créer de nouveaux modèles de documents	1	2	3	4
• Disposer le texte en colonnes dans la page	1	2	3	4
• Insérer des en-têtes et pieds de page	1	2	3	4
• Utiliser les outils de dessin pour créer des figures et des formes automatiques	1	2	3	4
• Insérer du texte mathématique à l'aide d'un éditeur d'équations	1	2	3	4
• Faire du Publipostage	1	2	3	4
• Enregistrer un document dans des formats variés, dont le HTML	1	2	3	4

Tableurs

• Insérer des données dans les lignes et les colonnes	1	2	3	4
• Insérer automatiquement une série de données	1	2	3	4
• Trier des données	1	2	3	4
• Saisir une formule	1	2	3	4
• Recopier une formule dans une ligne ou une colonne	1	2	3	4
• Réaliser des diagrammes et graphiques pour l'analyse de données	1	2	3	4
• Insérer des en-têtes et pieds de page	1	2	3	4
• Utiliser un classeur pour faire des prévisions	1	2	3	4
• Comprendre et utiliser les références relatives et les références absolues de cellules	1	2	3	4
• Afficher/Masquer des formules	1	2	3	4
• Protéger un classeur par mot de passe	1	2	3	4

Bases de données

• Créer une base de données	1	2	3	4
• Créer et configurer des champs dans une base de données	1	2	3	4
• Saisir et mettre à jour des données dans une base de données	1	2	3	4
• Créer des formulaires de saisie ou de consultation des données	1	2	3	4
• Trier les données	1	2	3	4
• Filtrer les données	1	2	3	4
• Créer et exécuter une requête	1	2	3	4
• Produire un état des données	1	2	3	4

Présentation

• Réaliser un diaporama simple	1	2	3	4
• Insérer des images dans les diapositives	1	2	3	4
• Modifier les couleurs de texte, de trait, de fond dans une diapositive	1	2	3	4
• Mettre de l'animation dans une diapositive	1	2	3	4
• Modifier la transition entre des diapositives	1	2	3	4
• Éditer le masque des diapositives	1	2	3	4
• Insérer un diagramme de données ou un graphique	1	2	3	4
• Insérer un organigramme	1	2	3	4
• Réordonner les diapositives d'un diaporama	1	2	3	4
• Enregistrer des formats à emporter convenables	1	2	3	4

Internet

• Accéder à un site Web à l'aide de son adresse Web	1	2	3	4
• Utiliser un moteur de recherche pour trouver de l'information	1	2	3	4
• Utiliser des opérateurs logiques (et, ou, etc.) dans la recherche d'informations	1	2	3	4
• Utiliser des signets/favoris pour retrouver des sites Web	1	2	3	4
• Télécharger des fichiers provenant d'Internet	1	2	3	4
• Enregistrer du texte et des images à partir d'une page Web	1	2	3	4

Courrier électronique

• Envoyer et recevoir du courrier électronique	1	2	3	4
• Ajouter des pièces jointes aux messages que vous envoyez	1	2	3	4
• Enregistrer et ouvrir des fichiers joints à des messages reçus	1	2	3	4
• Ajouter un nouveau contact dans votre carnet d'adresses	1	2	3	4
• Créer une liste de distribution dans votre carnet d'adresses	1	2	3	4
• Ranger des messages et fichiers dans des dossiers que vous avez créés	1	2	3	4
• Utiliser le courriel et s'inscrire à une liste de diffusion pour communiquer avec des collègues enseignants	1	2	3	4

Usage mathématique des TIC

• Utilisation pédagogique de Excel	1	2	3	4
• Grapheur (logiciel qui permet de représenter des données sous forme de graphiques)	1	2	3	4
• Cabri-géomètre : représentation graphique, simulation, animation	1	2	3	4
• Geoplan	1	2	3	4
• Geospace	1	2	3	4
• LOGO	1	2	3	4
• Langage de programmation (préciser :)	1	2	3	4
• Autre logiciel mathématique (préciser :)	1	2	3	4

Merci d'avoir accepté de répondre sincèrement à l'ensemble de ce questionnaire.

Annexe B : Questionnaire élève

N.B. 1) Ce questionnaire est entièrement anonyme et les informations qui y seront recueillies ne pourront être utilisées que dans le cadre des objectifs de cette étude.

2) Ce questionnaire comprend 2 volets :

- *Le premier figure sur la présente feuille et recueille des informations générales pour l'étude*
- *Le second figure sur une autre feuille et vous demande de répondre à 10 questions portant sur des problèmes mathématiques à résoudre.*

Volet 1 (1 page)

Code Prof. _____ Ville _____ Établissement _____

Âge _____ Sexe : M F Classe _____ Série :

Depuis quand suivez-vous les cours de mathématiques de votre professeur actuel :

Rentrée 2007-2008 Rentrée 2006-2007 Plus de deux ans

Avez-vous déjà utilisé un ordinateur ? Oui Non

Si oui, dans quel endroit avez-vous accès à un ordinateur ?

- Dans votre établissement
- À la maison
- Chez des amis ou parents
- Dans un cybercentre (accès payant)

Si oui, que savez-vous faire sur un ordinateur ?

- Utiliser un programme de jeu électronique
- Échanger des messages sur Internet
- Chercher de l'information sur Internet

- Saisir et mettre en forme un document texte
- Utiliser une feuille de calcul (Excel par exemple)
- Utiliser un logiciel de mathématiques

Si oui pour le dernier choix, préciser le logiciel :

Volet 2 (3 pages) : durée = 20 minutes

Pour chacune des 10 questions suivantes, cochez devant une et une seule réponse : celle que vous identifiez comme bonne

1. Parmi les nombres suivants, lequel est-il plus grand que $\frac{1}{2}$?

- A. $\frac{2}{5}$
- B. $\frac{4}{7}$
- C. $\frac{4}{9}$
- D. $\frac{5}{11}$
- E. $\frac{6}{13}$

2. Si un objet se déplace à la vitesse de cinq mètres par seconde, combien de mètres parcourt-il en une heure ?

- A. 30
- B. 300
- C. 720
- D. 1800
- E. 18000

3. Deux ensembles de quatre entiers positifs consécutifs ont exactement un entier en commun. De combien la somme des entiers de l'ensemble ayant les plus grands nombres est-elle supérieure à la somme des entiers de l'autre ensemble ?

- A. 4
- B. 7
- C. 8
- D. 12
- E. Les informations données sont insuffisantes pour répondre à la question

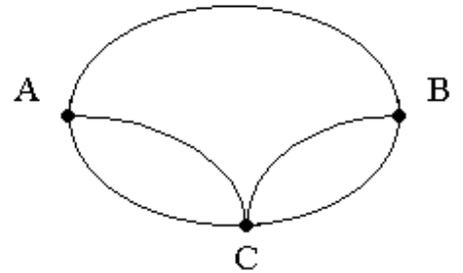
4. Un bloc cubique de métal pèse 6 kilogrammes. Combien pèserait un cube du même métal si son arête est deux fois plus longue ?

- A. 48
- B. 32
- C. 24
- D. 18
- E. 12

5. On a besoin de ménagères pour préparer une fête. Chaque ménagère peut confectionner par heure soit 2 grands gâteaux soit 35 petits gâteaux. La cuisine est disponible pour 3 heures et on a besoin de 20 grands gâteaux et 700 petits. De combien de ménagères a-t-on besoin ?

- A. 10
- B. 15
- C. 20
- D. 25
- E. 30

6. Amy doit visiter les villes B et C dans un ordre quelconque. Les chemins reliant son domicile à ces villes se présentent comme sur la figure ci-dessus. Combien d'itinéraires différents peut-elle suivre en partant de A pour retourner en A en passant par les deux villes B et C (une et une seule fois dans chaque ville) et en n'empruntant jamais le même chemin plus de deux fois dans le même itinéraire ?



- A. 10
- B. 8
- C. 6
- D. 4
- E. 2

7. $2^{30} + 2^{30} + 2^{30} + 2^{30} =$

A. 8^{120}

B. 8^{30}

C. 2^{32}

D. 2^{30}

E. 2^{26}

8. n et p sont des entiers supérieurs à 1.

$5n$ est le carré d'un entier

$75np$ est le cube d'un entier

La plus petite valeur possible de $n+p$ est :

A. 14

B. 18

C. 20

D. 30

E. 50

9. Dans l'addition ci-contre correctement effectuée, A, B, C et D représentent des chiffres distincts, et tous les chiffres de la somme sont différents. Quelle est la somme de A, B, C et D ?

$$\begin{array}{r} 5A \\ \underline{BC} \\ D43 \end{array}$$

A. 23

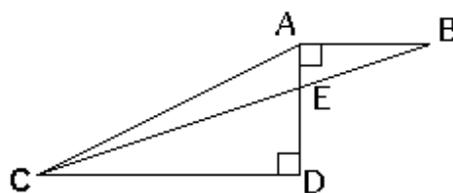
B. 22

C. 18

D. 16

E. 14

10. Sur la figure ci-contre $AD = 4$, $AB = 3$ et $CD = 9$. Quelle est l'aire du triangle AEC ?



- A. 18
- B. 13.5
- C. 9
- D. 4.5
- E. 3

Merci d'avoir accepté de répondre à ce questionnaire.

Annexe C : Guide d'entretien avec les élèves

➤ Identification

NOM et Prénom, Classe, Établissement, Lieu d'accès à l'ordinateur, fréquence

➤ Perception de la contribution de l'ordinateur à l'apprentissage mathématique

- Quel est votre lieu d'utilisation de l'ordinateur ?
- En tant qu'utilisateur de l'ordinateur, comment selon vous cette machine peut-elle contribuer à améliorer l'apprentissage des mathématiques ?
- Pensez-vous que l'ordinateur peut aider à développer les compétences en résolution de problèmes mathématiques ?

➤ Utilisation de l'ordinateur en mathématiques

- Quel(s) logiciel(s) savez-vous utiliser en mathématiques ? Quel est selon vous votre niveau de maîtrise de ce(s) logiciel(s) (excellent, très bon, bon, moyen, faible) ? Pourquoi ?
- Vous est-il arrivé de recourir à votre logiciel pour résoudre un problème qui vous a été posé en classe.
- Quel rapport percevez-vous entre l'utilisation de l'ordinateur et la résolution de problèmes mathématiques-?
- Quelles sont vos suggestions pour améliorer la contribution de l'ordinateur à la formation mathématique des élèves ?

Annexe D : Guide d'entretien avec le professeur de mathématiques

- Identification : NOM et prénom, classe(s) tenue(s), établissement
- Peut-il arriver à l'enseignant de mathématiques de ressentir l'utilisation de l'ordinateur à travers le travail des élèves ?
- Vous connaissez les élèves qui déclarent utiliser l'ordinateur pour apprendre les maths : Pensez-vous qu'ils résolvent des problèmes mathématiques mieux que leurs camarades qui n'utilisent pas l'ordinateur ?