Laboratoire de Recherche en Sciences de l'Éducation

# LAKISA

## Revue des Sciences de l'Éducation

e-ISSN: 2790-1270
p-ISSN: 2790-1262




N°11, Juin 2026

École Normale Supérieure
Université Marien Ngouabi

***LAKISA***

Revue des Sciences de l'Éducation

Laboratoire de Recherche en Sciences de l'Éducation (LARSCED)

École Normale Supérieure (ENS)

Université Marien Ngouabi (UMNG)

***e-ISSN : 2790-1270***

***p-ISSN : 2790-1262***

***DOI :*** https://doi.org/10.55595/LAKISA

## Contact

https://www.lakisa.larsced.cg

| E-mail : | revue.lakisa@larsced.cg<br>revue.lakisa@umng.cg | Tél : | (+242) 05 674 61 82 |
|---|---|---|---|

BP : 237, Brazzaville-Congo

## Directeur de publication

MALONGA MOUNGABIO Fernand Alfred, Maître de Conférences (Didactique des disciplines), Université Marien NGOUABI (Congo)

## Rédacteur en chef

BAYETTE Jean Bruno, Maître de Conférences (Sociologie de l'Education), Université Marien NGOUABI (Congo)

## Comité de rédaction

ALLEMBE Rodrigue Lezin, Maître de Conférences (Didactique de l'Anglais), Université Marien Ngouabi (Congo)

EKONDI Fulbert, Maître de Conférences (Sciences de l'Éducation), Université Marien Ngouabi (Congo)

KIMBOUALA NKAYA, Maître de Conférences (Didactique de l'Anglais), Université Marien Ngouabi (Congo)

KOUYIMOUSSOU Virginie, Maître de Conférences (Sciences de l'Éducation), Université Marien Ngouabi (Congo)

LOUYINDOULA BANGANA YIYA Chris Poppel, Maître de Conférences (Didactique des disciplines), Université Marien Ngouabi (Congo)

MOUSSAVOU Guy, Maître de Conférences (Sciences de l'Éducation), Université Marien Ngouabi (Congo)

OKOUA Béatrice Perpétue, Maître de Conférences (Sciences de l'Éducation), Université Marien Ngouabi (Congo)

## Comité scientifique et de lecture

ALEM Jaouad, Professeur-agrégé (Mesure et évaluation en éducation), Université Laurentienne (Canada)

ATTIKLEME Kossivi, Professeur Titulaire (Didactique de l'Éducation Physique et Sportive), Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

BEOGO Joseph, Maître de Conférences (Politiques Éducatives), École Normale Supérieure de Koudougou (Burkina Faso)

DUPEYRON Jean-François, Maître de conférences HDR émérite (philosophie de l'éducation), université de Bordeaux Montaigne (France)

EWAMELA Aristide, Professeur Titulaire (Didactique des Activités Physiques et Sportives), Université Marien NGOUABI (Congo)

HANADI Chatila, Professeur d'Université (Sciences de l'Education- Didactique de Sciences), Université Libanaise (Liban)

HETIER Renaud, Professeur (Sciences de l'éducation), UCO Angers (France)

KPAZAI Georges, Professeur Titulaire (Didactiques de la construction des connaissances et du Développement des compétences), Université Laurentienne, Sudbury (Canada)

LAMARRE Jean-Marc, Maître de conférences honoraire (philosophie de l'éducation), Université de Nantes, Centre de Recherche en Education de Nantes (France)

LOMPO DOUGOUDIA Joseph, Maître de Conférence (Sciences de l'Education), Ecole Normale Supérieure de Koudougou (Burkina Faso)

LOUMOUAMOU Aubin Nestor, Professeur Titulaire (Didactique des disciplines, Chimie organique), Université Marien Ngouabi (Congo)

LOUSSAKOUMOUNOU Alain Fernand Raoul, Maître de Conférences (Grammaire et Linguistique du Français), Université Marien Ngouabi (Congo)

MANDOUMOU Paulin, Maitre de conférences (Didactique des APS), Université Marien NGOUABI (Congo)

MASSOUMOU Omer, Professeur Titulaire (Littérature française et Langue française), Université Marien Ngouabi (Congo)

MBOE Gustave Georges, Maître de Conférences (Psychologie des Organisations), Université de Dschang (Cameroun)

MOPONDI BENDEKO MBUMBU Alexandre David, Professeur Ordinaire (Didactique des mathématiques), Université Pédagogique Nationale (République Démocratique du Congo)

NAWAL ABOU Raad, Professeur d'Université (Sciences de l'Education- Didactique des Mathématiques), Faculté de Pédagogie- Université Libanaise (Liban)

NDONGO IBARA Yvon Pierre, Professeur Titulaire (Linguistique et langue anglais), Université Marien Ngouabi (Congo)

NGAMOUNTSIKA Edouard, Professeur Titulaire (Grammaire et Linguistique du Français), Université Marien Ngouabi (Congo)

ODJOLA Régina Véronique, Maître de Conférences (Linguistique du Français), Université Marien Ngouabi (Congo)

PAMBOU Jean-Aimé, Maître de Conférences (Sociolinguistique-Didactique du français langue étrangère et seconde- Grammaire nouvelle), Ecole Normale Supérieure du Gabon (Gabon)

PARÉ/KABORÉ Afsata, Professeur Titulaire (Sciences de l'éducation), Université Norbert Zongo à Koudougou (Burkina Faso)

RAFFIN Fabrice, Maître de Conférences (Sociologie/Anthropologie), Université de Picardie Jules Verne (France)

VALLEAN Tindaogo, Professeur Titulaire (Sciences de l'éducation), Ecole Normale Supérieure de Koudougou (Burkina Faso)

## Bases et preuves d'indexations

### Impact facteur (SJIF) : 6,921

| | |
|---|---|
| https://www.isindexing.com/isi/journaldetails.php?id=23630 | https://sjifactor.com/passport.php?id=23609 |
| https://reseau-mirabel.info/revue/20227/LAKISA-Revue-des-Sciences-de-l-Education | https://www.base-search.net/about/en/about_sources_date.php?search_source=Lakisa |
| https://search.crossref.org/?from_ui=&q=lakisa&sort=score | https://portal.issn.org/?q=api/search&search[]=MUST=allissnbis=%222790-1270%22&role[]=11&search_id=49258990# |
| https://aurehal.archives-ouvertes.fr/journal/read/id/746880 | http://www.openarchives.org/Register/BrowseSites?viewRecord=https://www.lakisa.larsced.cg/index.php/lakisa/oai |

Les articles publiés par la revue *LAKISA* ont un taux de plagiat inférieur à 20%.
Ils n'ont pas été générés par une intelligence artificielle. Analyses réalisées avec : Plagiarism Checker

# SOMMAIRE

**Étude sur l'adaptation du programme de formation en maraîchage au Togo aux besoins des personnes handicapées visuelles et auditives**
Kossi Eli SENAYAH ……..……1

**Effets de concept de soi et attitudes envers les mathématiques sur les aspirations d'études secondaires des élèves de la Sous-Province Éducationnelle de Limete 1 en RD. Congo**
Noël BULA NDUNGU, Rabbi MASHITA KAMBUYA, Patrick BUESI MBUENE……15

**La pratique du décloisonnement en didactique du vocabulaire à l'école primaire au Burkina Faso**
Ahoubahoum Ernest PARDEVAN, Daniel OUEZZIN COULIBALY, Ousséni SORÉ, Wendnonga Gilbert KAFANDO…..……23

**Exode rural des jeunes du sud tchadien vers N'Djamena : exploitation domestique et informelle, impacts éducatifs**
Mbaïrenaye NAMBE, Urbain NDIGMBAYEL REOULAR, Kebkiba HINFIENE, Alhadji MAHAMAT, Abraham DAGUE……39

**Motivation des enseignants des écoles catholiques privées et leur assiduité au travail à Kinshasa**
Joël MAFU ELIKYA, Florentin AZIA DIMBU...……55

**Les déterminants de l'utilisation pédagogique de l'intelligence artificielle générative (IAG) par les étudiants du premier cycle universitaire**
Benjamin SIA...……65

**The Analysis of 'English for First Year' Textbook Explicit Nature for a Suitable English Learning in Burkina Faso**
Eymard François de Paul Wendemi OUEDRAOGO, Yacouba BAMOGO, Moses Kwodwo KAMBOU...……79

**Effet des représentations sociales de la déficience visuelle des élèves sans déficience sur l'inclusion scolaire des élèves déficients visuels**
Léonce RAMDE, Harouna DERRA, Maïmouna SIDIBÉ……93

**Intersectionnalité et tri institutionnel de l'inclusion au secondaire : une étude mixte sur les parcours d'élèves en situation de handicap au Burkina Faso**
Gninneyo Sylvestre-Pierre NIYA……107

**La didactique des mathématiques : enjeux et apports pour la qualité de l'enseignement-apprentissage en République Démocratique du Congo**
Benjamin MUGARU DAWA ……119

**Transformations esthétiques maternelles et socialisation de genre chez l'enfant de 4 à 11 ans : une approche développementale**
Louvrance Michèle MAKOUEGHA FOTSING, Serge-André BATIKALAK……129

**Équité dans l'accès et l'allocation des ressources éducatives dans l'enseignement primaire public au Cameroun**
Ronald Emery MINKA ……143

**Le métier d'éducateur spécialisé au Cameroun : rôle institutionnel et déficit de reconnaissance sectorielle**
Aimé MBOYANA NDONGO ……159

**Contrôle parental en matière des TIC et performances scolaires des écoliers de la région des Savanes au Togo**
Biriziwè HOULOUM ……167

**Degré de maîtrise des concepts relatifs à l'éducation à l'environnement et au développement durable chez les enseignants des sciences de la vie et de la terre dans les écoles de Bukavu (RDC)**
Basilwango Placide KIMENGELE, Charles NIYONKURU, Bahuga Paulin BAPOLISI..…179

**Environnement physique de travail et adaptation des primo-arrivants du sous-cycle d'observation dans le département du Lom-et-Djerem (Cameroun)**
SWALA ME MBEUL, Dorkas Octavia EYENGA NTONGA…….....…191

**L'approche pédagogique intégratrice : la solution face à la faible performance des élèves ?**
Maïmouna SIDIBÉ …….....…203

**Effets du style incitatif et approche par situation sur l'acquisition des connaissances dans les disciplines psychopédagogiques par les élèves des écoles secondaires de Goma**
André Halerimana GIHANGA, Paulin BAPOLISI BAHUGA, Jah Ndovya MUNDALA, David MALALA NTAMBUE…….....…217

**Communautés de pratique et consolidation mémorielle : transformations des pratiques didactiques en enseignement de l'économie à Bangui**
Darius AZARIA HIMBAÏLE NDAÏ..……..…….....…231

**L'innovation pédagogique frugale et qualité interne dans les Universités Publiques du Togo**
Nassougou N'SILE, Candide Achille Ayayi KOUAWO, Bilakani TONYEME.....…241

**L'utilisation professionnelle de WhatsApp par les chefs de circonscription d'éducation de base au Burkina Faso**
Windpouiré Zacharia TIEMTORÉ, Souleymane NIAMPA…….....…255

**Analyse des difficultés de l'enseignement-apprentissage de la génétique au secondaire : cas de quelques établissements secondaires de la ville de Bongor**
Reoular Urbain NDIGMBAYEL, Philippe MBAÏADOM..…….....…269

**Topogenèse en classe de français au post-primaire au Burkina Faso : entre prescriptions curriculaires et pratiques didactiques**
Édouard BAKOAN..……..…….....…283

**Le verdict de la note : analyse sociologique du décalage entre évaluation chiffrée et compétences effectives des étudiants à l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan**
Marie-Thérèse Dahonnon ZEZE..……..…….....…295

**Les fondements de la réforme LMD, source d'ambiguïtés conceptuelles et opérationnelles autour de la professionnalisation de la masse étudiante en humanités facultaires : zoom sur l'Université de Yaoundé 1**
Joseph ELOUNDOU ANABA, Marcelline DJEUMENI TCHAMABE…….....….313

Les articles publiés par la revue *LAKISA* ont un taux de plagiat inférieur à 20%. Ils n'ont pas été générés par une intelligence artificielle. Analyses réalisées avec : Plagiarism Checker

**Analyse de la perception sur l'efficacité des visites de classe par les acteurs de l'enseignement secondaire au Burkina Faso**
Drissa Modeste SESSOUMA, Djiblirou KOLONGO……..……...…333

**Perceptions et attitudes des enseignants de l'École Nationale de Développement Sanitaire et Social sur l'universitarisation de la formation des infirmiers : une étude phénoménologique**
Alioune TALL, Assane MBAYE, Michel TOURÉ, Sokhna Oumy SARR…..……...…343

**L'Approche par les Compétences (APC) au Burkina Faso : fondements théoriques, enjeux pédagogiques et défis de mise en œuvre**
Mandjin Adama SOULAMA ……..……...…355

**Le développement émotionnel par le jeu sérieux et son apport à l'apprentissage chez les adultes**
Fanjalalaina Nadia RAZAKAMBOLA, Sahondra Olivia RAKOTOSON, Omer ANDRIANARIMANANA, Cyrile MIHAMITSY, Andriniaina RASOANAIVO...……...…365

**Résilience scolaire des élèves handicapés sensoriels en contexte d'école inclusive en Côte d'Ivoire : le rôle des interactions sociales et du sentiment d'appartenance scolaire**
Tointhé Olivier NYWLÉ, Kouakou Rodolphe MENZAN…….....……...…379

**Une relecture de Dewey pour une réforme du système éducatif visant le progrès aux Comores**
Bastoine CHADHOULI ……...…….....……...…391

**L'enseignement de la philosophie au Togo : Genèse et état des lieux. Une étude exploratoire auprès des enseignants et étudiants de 1965 à 1975**
Sougle-Man Yao IMOU, Bilakani TONYEME……...…….....……...…405

**Formation professionnelle continue des enseignants de « Technique Industrielle » au Burkina Faso : l'analyse des pratiques enseignantes comme outil d'amélioration de la qualité**
Wendkouni Jean Éric SAWADOGO……..……...…….....……...…417

**Analyse des effets du stress professionnel sur le bien-être et la performance des acteurs éducatifs des régions à forts défis sécuritaires au Burkina Faso : cas de la région des Koulsé**
Beli Alexis NEBIE, Salamata SANA……..……...…….....……...…433

**Rapport aux études et absentéisme des étudiants de première année en Sciences Humaines à l'Université Joseph Ki-Zerbo (Burkina Faso)**
Marcel ZERBO, Touwindé MILOUNGOU BAMOGO, Koug-nongom BONKOUNGOU……447

**Vers une médiation numérique de l'enseignement du hardware : développement d'un dispositif d'aide à l'identification des composants internes**
Janvier NGNOULAYE ……...……459

**Ernest Hemingway's *The Old Man and the Sea (1952): Educational Value and Universal Lesson***
Mouhamed Abdou Latif MBENGUE ……..……473

**Entre difficultés sémiotiques et choix intuitif : analyse des pratiques enseignantes dans l'environnement papier-crayon et dans l'environnement informatique WIMS**

Les articles publiés par la revue *LAKISA* ont un taux de plagiat inférieur à 20%.
Ils n'ont pas été générés par une intelligence artificielle. Analyses réalisées avec : Plagiarism Checker

Espoir Joddrel MEMOUGAME ZEZONG, Joachna MEYA LOUA BOUAYI, Fernand Alfred MALONGA MOUNGABIO……..…….……479

**Le confiage et son incidence sur les performances scolaires des enfants : une contribution théorique et psychopédagogique**
Yasnoga Félicité BARRO COULIBALY...…….……493

**Lien entre stéréotypes de genre en mathématiques et estime de soi chez les filles de l'enseignement secondaire général au Burkina Faso**
Adama KÉRÉ, Voulbouè Bakiéma Casimir BAZONGO..…….……509

**Dissonance structurelle et sécurité à l'employabilité : Une analyse transdisciplinaire de la tension entre logique comptable et service public au Cameroun**
Jacques Yannick NGALLY NGALLY.....…521

# Entre difficultés sémiotiques et choix intuitif : analyse des pratiques enseignantes dans l'environnement papier-crayon et dans l'environnement informatique WIMS

Espoir Joddrel MEMOUGAME ZEZONG, Université Marien NGOUABI (Congo)
E-mail : espoirzezong@gmail.com

Joachna MEYA LOUA BOUAYI, Université Denis SASSOU-N'GUESSO (Congo)

E-mail : joachna.m.l.bouaye@aims-senegal.org

Fernand Alfred MALONGA MOUNGABIO, Université Marien NGOUABI (Congo)
E-mail : fmalonga@gmail.com

**Résumé**

Dans un monde où le développement des technologies rime avec les besoins du système éducatif, l'évolution de compétences professionnelles est plus que nécessaire. L'intégration des tuteurs intelligents dans le système éducatif et la visualisation des concepts mathématiques représentent une avancée majeure vers une innovation pédagogique plus personnalisée. Face à ce changement, en contexte congolais, plusieurs questionnements autour de ces innovations pédagogiques sont suscités. Ainsi, dans un contexte hybride où l'enseignement traditionnel se complète avec les environnements informatiques d'apprentissage (cas de WIMS), l'article analyse le travail de 24 enseignants de mathématiques de 6 lycées de Brazzaville dont l'expérience varie entre 5 et 15 ans dans les classes de première. Orienté vers une approche qualitative, il porte un regard didactique sur l'interprétation graphique des concepts mathématiques. 6 d'entre eux sont engagés dans la reconnaissance graphique des courbes dans l'environnement WIMS. Ces expérimentations mettent en évidence certaines faiblesses dans les pratiques enseignantes et l'interprétation des résultats révèlent en particulier des contraintes épistémologiques, issues de l'action routinière induite par la formation initiale et continue, fortement orientée vers un schéma analytique et quantitatif. En se basant sur la théorie des espaces de travail mathématiques, analyse des productions des enseignants dans les deux environnements suggère des tensions entre les plans épistémologique et cognitif à travers les genèses de l'ETM, et positionne l'environnement WIMS comme un véritable levier pour le développement de compétences professionnelles des enseignants.

**Mots-clés :** environnement WIMS, espaces de travail, mathématiques, dérivée graphique.

## Between semiotics difficulties and intuitive choice:analyze teaching practices in the environment paper-pencil and data-processing environment WIMS

**Abstract**

In a world where technological development is closely linked to the needs of the education system, the evolution of professional skills is more than necessary. The integration of intelligent tutors into the education system and the visualization of mathematical concepts represent a major step towards more personalized pedagogical innovation. Faced with this change, in the Congolese context, several questions arise concerning these pedagogical innovations. Thus, in a hybrid context where traditional teaching is complemented by computer-based learning environments (such as WIMS), this article analyzes the work of 24 mathematics teachers from 6 high schools in Brazzaville, whose experience ranges from 5 to 15 years in the first year of secondary school. Adopting a qualitative approach, it takes a didactic look at the graphical interpretation of mathematical concepts. Six of these teachers are involved in the graphical recognition of curves within the WIMS environment. These experiments highlight

certain weaknesses in teaching practices, and the interpretation of the results reveals, in particular, epistemological constraints stemming from the routine actions induced by initial and continuing teacher training, which is strongly oriented towards an analytical and quantitative approach. Based on the theory of mathematical workspaces, the analysis of teachers' output in the two environments suggests tensions between the epistemological and cognitive planes through the genesis of the ETM (Educational Technology Model), and positions the WIMS environment as a genuine lever for the development of teachers' professional skills.

**Keywords:** WIMS environment, mathematical workspaces, graphical derivative.

## Introduction

L'évolution des technologies gagne le secteur de l'éducation, partant des tableurs au tuteurs intelligents, ces outils semblent contribuer à l'enseignement-apprentissage d'une manière générale, et des mathématiques en particulier. Leurs apports dans le secteur de l'éducation, conduit les chercheurs à réfléchir sur les opportunités qu'offrent ces technologies aux pratiques enseignantes et à l'apprentissage des mathématiques.

L'introduction des technologies ne transforme pas automatiquement les pratiques ; elle ne produit des effets significatifs que si elle s'inscrit dans une évolution des conceptions didactiques et des modes d'intervention de l'enseignant (M. Artigue, 1996). Le rôle actif de l'enseignant dans l'intégration des outils numériques en situation d'enseignement-apprentissage est central. En effet, bien que l'outil technologique comme l'environnement WIMS contribue à une genèse sémiotique ou discursive riche, la manière dont l'enseignant mobilise cet outil dans une démarche didactique réfléchie est plus importante.

## 1. Contexte et justification

L'enseignant comme acteur clé dans le processus d'enseignement-apprentissage joue un rôle de catalyseur dans l'apprentissage des mathématiques. Analyser le travail mathématique de l'enseignant dans un environnement d'apprentissage, cas de l'environnement papier-crayon et/ou l'environnement informatique WIMS permet de mieux comprendre certaines faiblesses des élèves constatées dans les travaux de F. Malonga Moungabio et E.J Memougame Zezong (2020). Vieux de plus deux décennies, le programme de mathématiques de lycée a fait de certains enseignants des "enseignant reproducteur"

Ce texte veut porter un regard réflexif sur les traces de travail des enseignants dans l'environnement papier-crayon et/ou l'environnement WIMS à partir des éléments tangibles sur lequel une source de tension entre genèses. Selon L. Vivier (2020), ce sont les observables du travail mathématique qui constituent les données expérimentales que l'on peut recueillir, puis analyser.

L'analyse du travail mathématique des enseignants de cette discipline en première C (EMPC) permet de mieux situer l'existence possible des tension et déséquilibre qui naissent entre les interactions du plan cognitif et épistémologique dans la reconnaissance graphique des courbes. Cette réflexion permet de comprendre la place du travail mathématique de l'enseignant dans les différentes dimensions de l'ETM.

L'environnement numérique WIMS offre une variété d'outils interactifs permettant aux élèves de manipuler et d'interpréter des représentations graphiques justifiant la nécessité d'une innovation pédagogique. L'introduction des technologies dans l'enseignement des mathématiques ne se réduit pas à une simple transposition d'outils ; elle engage une reconfiguration des pratiques enseignantes et des formes de médiation du savoir. Cette reconfiguration se manifeste dans le travail de l'enseignant, qui doit concevoir un ETM idoine

adapté à l'environnement technologique, en activant les genèses pertinentes pour favoriser la reconnaissance graphique.

Dans le cadre du modèle des ETM (A. Kuzniak, 2011, p.21), l'enseignant mobilise une genèse sémiotique pour aider les élèves à passer d'une représentation graphique à une interprétation analytique des concepts mathématiques, une genèse instrumentale pour rendre les artefacts numériques (comme les graphiques dynamiques de WIMS) opérationnels, et une genèse discursive pour structurer le raisonnement autour des propriétés visuelles. Ce travail de médiation est essentiel lors des changements de domaine. Par exemple, lorsque l'élève passe d'une tâche géométrique à une tâche algébrique via l'analyse d'un graphique, tel est le cas de l'interprétation de la pente ou coefficient directeur d'une tangente comme nombre dérivé en un réel donnée.

L'objectif de cette étude est d'analyser le choix et justifications cohérentes dans le travail mathématique des EMPC autour de la reconnaissance graphique. C'est un moyen les raisonnements des EMPC dans les différentes genèses de l'ETM, afin d'explorer l'apport de l'environnement WIMS dans les pratiques enseignantes pour identifier la place de cette innovation pédagogique dans le développement de compétence professionnelle des enseignants de mathématiques. La théorie des espaces de travail mathématiques développée par A. Kuzniak (2014) est une approche qui permet de modéliser l'activité mathématiques comme étant fruit de l'interaction. Définir l'activité mathématique dans le contexte de cette recherche, oriente la réflexion sur les résultats du travail mathématiques pour mieux comprendre le niveau de mobilisation de connaissances disponibles chez l'EMPC dans une approche qualitative de l'étude d'une fonction.

## 2. Problématique de recherche

La réflexion portée ici s'appuie sur l'expérience menée par F. Malonga et E. Memougame (2020) en contexte congolais avec les élèves des classes de première scientifique des lycées publics de Brazzaville. Ces travaux révèlent les difficultés des élèves à mobiliser leurs connaissances dans les situations de reconnaissance graphique en environnement papier-crayon, répertorient les difficultés des apprenants face à de telles activités et met en avant le développement de compétences visuelles chez les élèves en environnement informatique WIMS. Dans une étude menée en 2025 par ces deux auteurs en environnement papier crayon et en environnement informatique WIMS, des faiblesses dans le raisonnement, des difficultés dans l'articulation adéquate des concepts mathématiques et un manque de rigueur dans l'utilisation des terminologies mathématiques ont été répertoriées dans le discours des enseignants.

De ces expérimentations, l'on pense que la nature des justifications des enseignants dans le choix des courbes, les terminologies employées dans le raisonnement mathématique, les concepts mathématiques interprétés dans la justification des choix, soulèvent une interrogation centrale autour du travail mathématique des enseignants sur le changement de registres.

De ce constat, quels sont les éléments du travail mathématique des enseignants susceptibles de générer les tensions entre genèses de l'ETM ? Pour tenter d'apporter la lumière autour de cette préoccupation, l'hypothèse émise est la suivante : les actions mathématiques réalisées par un sujet permettent de mieux saisir de manière rationnelle les faiblesses et difficultés de ce derniers dans le travail mathématique effectué par le sujet. Dans cette analyse, l'on s'appuiera sur la théorie des espaces de travail mathématique où le travail mathématique de l'enseignant est porté entre le plan cognitif et le plan épistémologique afin de rencontre compte des tensions entre les genèses instrumentales, sémiotique et discursive.

## 3. Méthodologie

Dans l'environnement papier-crayon, cette étude a été menée auprès de vingt-quatre (24) enseignants de mathématiques exerçant dans des classes de première C des lycées publics de

Brazzaville. Il s'agit des enseignants ayant une expérience professionnelle de plus entre 5 ans dans la même classe afin de garantir une diversité dans les approches pédagogiques, une familiarisation avec les concepts mathématiques et une forte expérience dans la manipulation des concepts mis enjeux. Dans l'environnement informatique WIMS, seul six (06) disposent d'un ordinateur portable-autonome, le travail de l'enseignant est donc l'objet principal de cette réflexion, en analysant les traces observables du travail des six (06) enseignants qui se sont portés volontaires d'accompagner cette recherche à travers deux expériences successives à travers des activités de reconnaissance graphique.

### *3.1. Dispositif expérimental*

Deux environnements d'apprentissage ont été mobilisés :

- environnement papier/crayon où les enseignants ont résolu des situations de reconnaissance graphique sans assistance technologique, il a été question de reconnaître une courbe et/ou identifier plusieurs courbes. Ces tâches visaient à évaluer la mobilisation spontanée de leurs savoirs dans des situations de changement de registres.
- environnement numérique (WIMS) : Un sous-groupe formé des mêmes enseignants disposant d'ordinateur portable a été confrontés à des tâches équivalentes dans l'environnement WIMS. L'environnement numérique proposait des courbes interactives aléatoires.

### *3.2. Instruments de collecte*

- Productions des enseignants (feuille de travail donnée en environnement papier-crayon) ;
- Productions des enseignants (traces de travail en environnement WIMS grâce au système d'enregistrement automatique des données). Il s'agit des données brutes et traitées du travail des enseignants en environnement WIMS.

### *3.3. Méthode d'analyse*

L'analyse du travail de l'enseignant dans cette étude repose sur une grille construite à partir de la théorie des Espaces de Travail Mathématiques. La nature des justifications et les terminologies employées, cohérentes ou non, sont susceptible de rendre compte de la diversité des situations pouvant enrichir les pratiques enseignantes et la richesse du travail individuel fournis par chaque enseignant est un atout pour analyser le niveau de connaissance disponible chez chaque enseignant. C'est à partir de ces données de terrain que se fait l'analyse du travail mathématique des enseignants suivant trois genèses de la théorie des espaces de travail mathématiques :

- la genèse instrumentale avec l'environnement WIMS comme dimension qui renvoie à l'usage des outils mis à disposition. Elle permet de questionner la manière dont les enseignants mobilisent ou explorent les instruments pour construire une réponse. Elle oriente l'analyse des pratiques enseignantes vers l'usage de l'environnement WIMS et leur influence sur l'activité mathématique ;
- la genèse sémiotique portée par le discours de justification, l'interprétation et l'articulation des représentations (symboliques, graphiques, représentation). Elle est essentielle dans le cadre des activités liées à l'interprétation des concepts mathématiques et à la reconnaissance de courbes ;
- la genèse discursive examine la cohérence du discours produits par les enseignants pour légitimer leurs choix ou analyses. Elle constitue un indicateur de rigueur conceptuelle et de maitrise théorique. Cette dimension nous renseigne sur le niveau de connaissance disponible chez les enseignants. Elle est basée sur la construction du raisonnement, des justifications et des échanges verbaux ou écrits.

Ces genèses s'articulent autour de deux niveaux, plans horizontaux selon A. Kuzniak (2011, p.13) : un niveau épistémologique lié aux savoirs mathématiques mobilisés et un niveau cognitif lié aux processus mentaux de visualisation, construction, preuve.

Selon L. Vivier (2020, p. 59), pour rendre compte du travail mathématique dans une institution scolaire, il est nécessaire de considérer plusieurs niveaux de l'ETM : le niveau des différentes institutions qui se préoccupent de l'enseignement des mathématiques (ETM de référence) ; le niveau de la classe avec le travail proposé par un enseignant et mis en œuvre avec ses élèves (ETM idoine) ; le niveau du sujet (ETM personnel) où l'on cherche à caractériser le travail mathématique d'un individu. Le passage de l'environnement traditionnel (papier-crayon) à l'environnement WIMS modifie les outils disponibles, pouvant révéler des limites dans la maîtrise des instruments numériques, ce qui représente la dimension instrumentale. Les difficultés rencontrées par les enseignants dans l'interprétation graphique, la gestion des signes, les aspects clés d'une courbe représentative d'une fonction, et des symboles mathématiques, conduit à la dimension sémiotique du travail mathématiques. Alors que les justifications et l'usage approximatif du langage mathématique pointent une genèse discursive qu'on dirait complète ou incomplète.

## 4. Résultats

### *4.1. Résultats du travail des EMPC en environnement papier/crayon*

À partir d'une expérience menée par F. Malonga et E. Memougame (2025) avec 18 enseignants mathématiques de lycée réalisé au mois d'avril 2025, des résultats de cette expérience, l'on analyse le travail de six (06) enseignants titulaires des classes de première C dans l'environnement papier-crayon et environnement informatique WIMS. L'expérimentation en environnement papier-crayon a révélé des très bonnes performances intuitives des enseignants dans le choix des courbes en situation de reconnaissance graphique, ce malgré quelques faiblesses des enseignants dans la reconnaissance de la dérivée graphique. Cependant, entre le choix d'une courbe déduite et l'articulation rigoureuse du raisonnement autour de ce choix naît des zones d'ombre avec quelques difficultés de terminologies.

Environ 66.33 % des enseignants interrogés sur papier-crayon, ne parviennent pas à faire le lien entre la fonction et la fonction dérivée dans une approche graphique. Les transformations (symétrie et translation) présentent un bon pourcentage grâce à la visualisation des transformations dans un repère donné. On constate que près de 66.33 % et 83.33 % des enseignants empruntent des terminologies inadéquates qui peuvent créer un flou conceptuel autour de la notion abordée chez les apprenants en situation d'apprentissage.

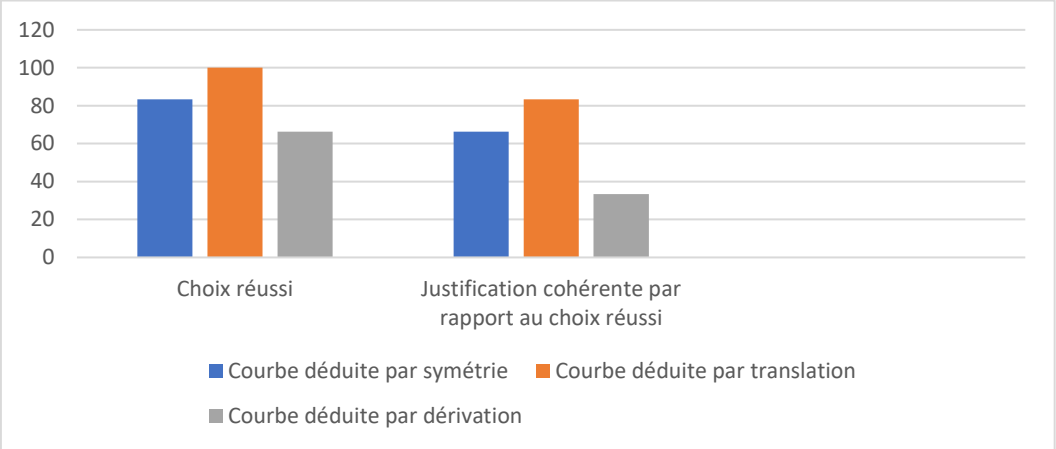
Ainsi, dans le tableau et diagramme ci-dessous, sont regroupés les pourcentages du travail mathématique des EMPC par activité et suivant les indicateurs : choix réussi et justification cohérente par rapport au choix.

**Tableau 1 : Répartition en pourcentage, travail mathématique des enseignants.**

| Indicateurs d'analyse | Courbe déduite par symétrie | Courbe déduite par translation | Courbe déduite par dérivation |
|---|---|---|---|
| Choix réussi | 83.33 | 100 | 66.33 |
| Justification cohérente par rapport au choix réussi | 66.33 | 83.33 | 33.33 |

**Source :** Expérimentation de la reconnaissance graphique des courbes associées en environnement papier/crayon, enquête de terrain avril 2025.

**Diagramme 1 : Représentation graphique du travail des enseignant en environnement papier-crayon**




Ces résultats démontrent que 5 enseignants sur 6 éprouvent des difficultés sur la reconnaissance de la dérivée graphique. Il s'agit ici du lien entre la fonction et sa dérivée, il faut donc donner un sens à chaque aspect de la courbe, notamment, sens de variation, points particuliers, extrémums, etc. La reconnaissance graphique sans justification, renseigne sur l'usage de l'intuition par les EMPC dans l'identification des courbes. Alors que l'exigence d'une justification rigoureuse et cohérente, renseigne sur le niveau de connaissance disponible chez les EMS.

### *4.2. Résultats du travail des EMS en environnement informatique WIMS*

L'expérimentation en environnement informatique WIMS autour de la reconnaissance des courbes déduites à travers une réflexion individuelle a conduit aux résultats bruts et traités suivants. Les performances des enseignants sont transformées en données quantitatives grâce aux systèmes de notation WIMS. Il regroupe, note de qualité, note de travail, moyenne des notes, pourcentage de réussite.

**Tableau 2 : détail du travail des EMPC en environnement informatique WIMS**

Détail du travail de [redacted]

(en données brutes)

Aide

| Date.Hour | session | sheet | exo | Requete | IP | Seed | Statut |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20250402.15:58:49 | YF18BC2E18 | 3 | 1 | new | 197.214.218.179 | 153514777 | |
| 20250402.15:59:30 | YF18BC2E18 | 3 | 1 | new | 197.214.218.179 | 153682049 | |
| 20250402.16:01:33 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | new | 197.214.218.179 | 153771046 | |
| 20250402.16:05:59 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | renew | 197.214.218.179 | 153209642 | |
| 20250402.16:07:59 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | score 0 | 197.214.218.179 | | |
| 20250402.16:14:16 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | renew | 160.113.0.5 | 153389238 | |
| 20250402.16:17:56 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | score 10 | 197.214.218.145 | | |
| 20250402.16:18:16 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | renew | 197.214.218.145 | 152671240 | |
| 20250402.16:18:27 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | score 0 | 197.214.218.145 | | |
| 20250402.16:19:46 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | renew | 197.214.218.145 | 152544660 | |
| 20250402.16:20:51 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | score 0 | 197.214.218.145 | | |
| 20250402.16:22:04 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | renew | 197.214.218.145 | 152960516 | |
| 20250402.16:24:17 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | score 0 | 197.214.218.145 | | |
| 20250402.16:24:38 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | renew | 197.214.218.145 | 152338947 | |
| 20250402.16:25:04 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | score 10 | 197.214.218.145 | | |
| 20250402.16:25:12 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | renew | 197.214.218.145 | 152471707 | |
| 20250402.16:26:52 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | score 10 | 197.214.218.145 | | |
| 20250402.16:26:59 | YF18BC2E18 | 2 | 1 | renew | 197.214.218.145 | 152330156 | |

**Source :** Extrait des données brutes du travail des EMPC sur la reconnaissance graphique des courbes en environnement informatique WIMS, enquête de terrain avrils 2025.

Les résultats de cette expérimentation en environnement informatique WIMS révèlent les difficultés des enseignants dans la maîtrise des concepts mathématiques dans l'interprétation graphique d'une part et d'autre part, le nombre élevé de tentatives infructueuses de la part des enseignants. Dans la perspective d'un développement de compétences possible, une démarche d'ingénierie didactique de formation a conduit à une seconde expérimentation en environnement WIMS après un partage d'expérience. Voici donc les données issues de cette expérimentation.

**Tableau 3 : Performance de la qualité du travail des EMPC en environnement informatique WIMS**

| Qualité du travail calculée sur un maximum de 10 | | |
|---|---|---|
| Nom, Prénom | Feuille 2 | Feuille 3 |
| [redacted] | 7.04 | 7.26 |
| [redacted] | 6.98 | 2.03 |
| [redacted] | 3.24 | 7.75 |
| [redacted] | 2.92 | 3 |
| [redacted] | 9.65 | 10 |
| [redacted] | 7.19 | 7.39 |
| Moyenne du groupe (6) | **6.17** | **6.24** |

**Source :** Extrait des données traitées de la qualité du travail des EMPC sur la reconnaissance graphique des courbes en environnement informatique WIMS générée par le système de notation WIMS, enquête de terrain avril 2025.

L'analyse de l'activité des enseignants en environnement informatique WIMS renseigne que trois (03) enseignants sur six (06) sont en difficultés dans cette approche avec des notes de qualités 3.24 et 2.92 d'une part, 2.03 et 3 d'autre part le témoignent. Dans ce tableau, la moyenne dans les activités de courbes associées (feuille 2) est 6.17 alors que pour la dérivée graphique (feuille 3), la moyenne est 6.24.

Cette disparité dans les performances et les faibles résultats se justifie lorsqu'on observe les données de travail des enseignants sur la plate-forme.

**Tableau 4 : rythme de travail des EMPC sur la plate-forme WIMS**

| Nom, Prénom | Dernière connexion | Nb. sessions | Nb. d'exercices (4 exercices) | temps total | Nb. exos | Temps | Nb. exos | Temps | Nb. exos | Temps |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [redacted] | 20250402.19:31:09 | 2 | 22 + 1 | 1:50:48 | 0 | 0:0:0 | 7 + 1 | 0:34:34 | 15 + 0 | 1:16:14 |
| [redacted] | 20250402.16:54:30 | 1 | 20 | 0:56:19 | 0 | 0:0:0 | 9 + 0 | 0:27:8 | 11 + 0 | 0:29:11 |
| [redacted] | 20250402.17:11:49 | 2 | 17 + 4 | 1:13:17 | 0 | 0:0:0 | 9 + 1 | 0:36:13 | 8 + 3 | 0:37:4 |
| [redacted] | 20250402.17:14:52 | 4 | 25 + 6 | 1:33:57 | 0 | 0:0:0 | 12 + 5 | 0:44:44 | 13 + 1 | 0:49:13 |
| [redacted] | 20250402.17:13:49 | 1 | 16 | 1:17:8 | 0 | 0:0:0 | 11 + 0 | 0:38:16 | 5 + 0 | 0:38:52 |
| [redacted] | 20250402.17:10:59 | 1 | 13 + 1 | 1:13:26 | 0 | 0:0:0 | 3 + 1 | 0:30:24 | 10 + 0 | 0:43:2 |

**Source :** Extrait des données traitées du rythme de travail des EMPC sur la reconnaissance graphique des courbes en environnement informatique WIMS générée par le système de notation WIMS, enquête de terrain avril 2025.

Dans WIMS, la note de qualité est un indicateur pédagogique qui reflète la régularité et la précision du travail d'un apprenant sur une séance d'exercices. Elle est calculée en parallèle de la note de points, et les deux sont utilisées pour évaluer la performance globale. Elle mesure la constance dans la réussite : un élève qui réussit bien dès le début aura une note de qualité apprenant. Celle-ci permet de distinguer un apprenant qui réussit par tentatives multiples (note de points apprenant mais qualité faible) d'un apprenant qui réussit efficacement (qualité

apprenant). Ainsi, la note de qualité dans WIMS valorise la maîtrise progressive des exercices et encourage un apprentissage réfléchi, plutôt qu'un simple cumul de points.

## 5. Discussion

L'on constate une évolution des performances dans le travail des EMPC grâce aux échanges et partage d'expérience entre les EMPC. En effet, les enseignants ont pu mettre ensemble des stratégies pour une analyse rigoureuse des courbes présentées en s'appuyant sur des interprétations graphiques solides des concepts mathématiques.

Ces résultats renseignent sur l'apport de l'environnement informatique WIMS dans l'amélioration des compétences des EMPC, le partage d'expérience et l'expérimentation des stratégies pouvant aboutir à des démarches mathématiques exploitables en situation d'apprentissage. L'analyse du travail des enseignants accordée à la lumière de la théorie ETM est l'élan sur lequel l'on s'appuiera pour rendre compte de la portée didactique des résultats des expériences de terrain selon les différentes dimensions de l'ETM.

L'articulation entre les expériences menées et la théorie des Espaces de Travail Mathématiques conduit au tableau ci-dessous qui dégage les difficultés observées dans les pratiques enseignantes dans le contexte hybride (environnement papier/crayon et environnement informatique WIMS).

**Tableau 5 : Difficultés identifiées dans chaque environnement, selon les genèses par rapport aux deux expériences**

| Genèses de l'ETM | Manifestations | Difficultés observées |
|---|---|---|
| **Instrumentale** | Utilisation du logiciel WIMS et outils papier/crayon | Faible maîtrise des outils numériques, hésitations dans l'exploitation des fonctionnalités interactives (cf. extrait de données brutes fig. 2) |
| **Sémiotique** | Lecture/interprétation de courbes, symboles, dérivées | Confusion dans l'identification des transformations, mauvaise utilisation des terminologies mathématiques, mauvaise lecture des tangentes ou extrema |
| **Discursive** | Justification des choix, argumentation mathématique | Langage imprécis, absence de raisonnement structuré, justification intuitive plutôt que rigoureuse |

**Source :** analyse des activités de l'enseignant dans l'environnement papier-crayon et WIMS, enquête de terrain mai 2025

### *5.1. Genèse instrumentale : une maîtrise contrastée des outils*

**En environnement papier/crayon**, la majorité des enseignants ont mobilisé des outils classiques (règle, repérage sur grille) avec aisance, mais parfois sans précision dans la construction de tangentes ou dans le repérage des extrema. Une forme d'expérience peut être mentale, elle consiste à mettre en œuvre mentalement des déplacements, des découpages sans les effectuer réellement. Le lien entre expérience et intuition est très fort, comme le soulignent C. Houdement et A. Kuzniak (1999, p.7). Elle justifie le choix de certains enseignants en s'appuyant sur des représentations mentales.

**En environnement WIMS**, plusieurs enseignants ont exprimé une certaine appréhension face à l'outil numérique, méconnaissance des fonctionnalités interactives, dépendance à l'affichage automatique au détriment de la réflexion personnelle. Selon C. Houdement et A. Kuzniak (1999, p.7), aux moyens traditionnels d'expérimentation s'ajoutent désormais les possibilités offertes par l'informatique avec certains logiciels comme Cabri-géomètre (C. Laborde et B. Capponi, 1991) ou Logo. Il s'agit ici de simulations qui opèrent sur des objets virtuels. Ainsi peut-on découvrir certaines variations, certains points particuliers ou des extremums qui peuvent influencer un jugement.

Les difficultés observées révèlent une faible appropriation des instruments numériques dans un contexte d'enseignement pourtant de plus en plus technologique.

### 5.2. Genèse sémiotique : des obstacles dans la lecture des représentations

Plusieurs enseignants ont confondu : Courbe et fonction dérivée, notamment lors de la reconnaissance de variations, Point d'inflexion et extremum local. Les représentations dynamiques de WIMS ont parfois créé de la confusion plutôt que de l'aide : Certains participants ont pris les tracés à l'écran pour acquis sans analyse critique.

Le passage d'une représentation statique à une représentation interactive a mis en lumière une gestion fragile des codes graphiques et symboliques.

### 5.3. Genèse discursive : justifications fragiles et incomplètes

En phase papier : Justifications souvent tacitement intuitives, sans vocabulaire mathématique précis, usage non rigoureuse de certaines terminologies. Absence de formulation rigoureuse pour décrire le comportement de la fonction.

Selon C. Houdement et A. Kuzniak (1999, p.5), l'intuition peut évoluer avec le sujet grâce à un ensemble d'expériences et donc de connaissances a posteriori. Ce qui conduit à expérimenter la reconnaissance graphique dans un deuxième environnement d'apprentissage. En effet, il y a des enseignants qui parviennent à reconnaître la courbe exacte sans pour autant donner la bonne justification.

En phase WIMS : l'environnement informatique sollicite davantage d'interprétation des aspects clés que révèle la courbe afin de faire une bonne reconnaissance graphique. L'interprétation graphique des concepts a mis en lumière un manque de structuration logique dans la maîtrise de certains concepts. Difficultés à mobiliser des notions comme extrema, sens de variation, tangentes, position de la courbe pour construire une démarche rigoureuse pouvant être exploitée en situation de classe. Ce qui ébranle toute technique intuitive.

> Ainsi, C Houdement et A. Kuzniak (1999, p.7) évoquent l'idée du triomphe de l'école " bourbakiste ", « il n'est pas niable que la plupart des formes mathématiques avaient, à leur origine, un contenu intuitif déterminé : mais c'est précisément en les vidant de tout contenu qu'on a su leur donner toute l'efficacité (…), et qu'on les a rendues susceptibles (…) ».

Cela confirme un déséquilibre de l'espace de travail mathématique : les enseignants peinent à articuler rigoureusement leur analyse graphique. Le manque de maîtrise dans l'interprétation graphique des concepts mathématiques impact le choix des enseignants de mathématiques dans la reconnaissance graphique des courbes déduites.

### 5.4. Mise en évidence des tensions dans l'espace de travail mathématique

Au regard des travaux de E. Montayo Delgadillo et L. Vivier (2014, V.19, p.75), le plan épistémologique constitué de trois composantes : representamen, référentiel théorique et artefact et le plan cognitif constitué de trois processus : visualisation, construction et preuve donne la structure de l'espace de travail mathématique.

Décrire l'articulation de ces deux plans, revient à considérer selon ces auteurs trois genèses : une genèse sémiotique basée sur les registres de représentation sémiotique qui confère aux objets tangibles de l'ETM un statut d'objet mathématique opérationnel. Une genèse instrumentale qui permet de rendre opérationnel les artefacts dans le processus de construction. Une genèse discursive de la preuve qui donne un sens aux propriétés pour le mettre au service du raisonnement mathématique. Les genèses de l'ETM permettent une articulation entre les plans et leurs composantes respectives ; ce qui génère une tension entre les plans.

Dans la théorie des Espaces de Travail Mathématique (ETM), l'écart entre le savoir visé et la connaissance acquise par le sujet engendre tout d'abord une tension qui, dans la théorie ETM, est représentée entre deux plans parallèles horizontaux (J. Trunkenwald, 2023, p. 297).

La tension verticale engendrée par ces deux plans épistémologique et cognitif peut alors entraîner trois types de genèses : instrumentale, sémiotique, et discursive.

Concernant la dimension instrumentale de l'ETM, adaptée au contexte de l'expérimentation menée dans l'environnement informatique WIMS, la notion de genèse instrumentale prend une résonance particulière avec l'interaction homme-machine dans l'usage des outils de reconnaissance graphique de courbes. Dans l'expérimentation des enseignants, les artefacts utilisés sont numériques : les graphiques interactifs, produits par WIMS, agissent comme objets manipulables ou actionnables, dans lesquels l'enseignant peut tester, visualiser, conjecturer. Alors que les outils de reconnaissance automatique de courbes deviennent rapidement des instruments cognitifs lorsqu'ils sont mobilisés comme des "recettes graphiques" Exemple : l'acteur (enseignant, élève) a devant lui la représentation graphique d'une courbe, clique sur "la courbe de *f(-x)*" et compare la forme à un modèle proposé sans revenir aux propriétés mathématiques du modèle. De façon automatique, il a la réponse. En face de la réponse, il peut comparer les deux modèles. Si correct, son raisonnement vaut la peine, sinon, il procède à une compréhension minimiseuse de la courbe proposée comme bonne réponse afin de dégager les propriétés, théorèmes omissent.

À travers une reproduction fréquente de tâches, certains schèmes d'action se stabilisent et devient alors un nouvel artefact épistémologique au sein de son espace de travail mathématique.

Cela implique un enjeu didactique majeur et les observations qui en découlent sont non négligeables. Comme effet positif en situation d'apprentissage, l'élève est rapidement engagé, peut conjecturer, tester des hypothèses, et obtient un retour immédiat. Aussi, comme limite épistémologique : l'approche peut court-circuiter la construction d'un raisonnement mathématique plus profond, on n'interroge plus la structure d'une fonction mais on "teste si ça marche". Alors que, pour les enseignants : cela ouvre une réflexion sur l'accompagnement de la genèse instrumentale : Comment encourager les élèves à *revenir* sur la nature mathématique des fonctions dans une approche qualitative ? Comment faire évoluer l'instrumentation en un outil de pensée, pas seulement de reconnaissance automatique ?

Concernant la genèse sémiotique de l'ETM, elle prend une forme très concrète à travers l'usage des représentations graphiques de fonctions et la reconnaissance automatique des courbes grâce à la visualisation et la manipulation des signes. Dans l'environnement WIMS : Les élèves ou enseignants interagissent avec des représentations graphiques dynamiques : courbes, axes, zones hachurées, points, etc. Chaque forme graphique porte un signifiant visuel renvoyant à un concept mathématique : croissance, extremum, concavité, dérivabilité, continuité, … Ces signes acquièrent un caractère opératoire : l'acteur peut les manipuler, les déformer, les interpréter pour inférer des propriétés mathématiques. C'est le cas par exemple : La courbe représentée devient un objet d'étude ''sa symétrie visuelle peut évoquer une fonction paire, un sommet parabolique peut signaler une forme quadratique, une fonction décroissante peut signaler une dérivée graphique au-dessous de l'axe des abscisses''. Ainsi, à mesure que les élèves répètent des tâches de reconnaissance graphique, certains signes graphiques sédimentent dans leur pratique et ces signes visuels ne sont plus seulement interprétés sur le moment, ils deviennent des repères cognitifs durables, mobilisés dans de nouvelles situations (par exemple : courbe de la fonction exponentielle = toujours croissante, fonction croissante = dérivée positive = dérivée graphique au-dessus de l'axe des abscisses).

Dans le travail observé : l'enseignant reconnaît un type de courbe par sa forme, sans nécessairement revenir à la correspondance terminologique des concepts mathématiques. Ces associations s'intègrent dans le savoir de référence personnel (ETM personnel), illustrant une genèse sémiotique robuste. L'enjeux didactiques pour les enseignants :

- soutenir l'articulation entre forme et sens : ne pas laisser le signe graphique devenir purement opératoire sans lien avec le concept mathématique ;

- favoriser les transitions sémiotiques :
  - de la courbe au tableau de variation ;
  - de l'image observée à une formulation discursive rigoureuse.

Concernant la dimension discursive de l'ETM, l'analyse de la dimension discursive du travail des EMS à partir de l'Espace de Travail Mathématique (ETM) révèle des mécanismes intéressants de genèse discursive, notamment autour de l'outil de reconnaissance graphique de courbes. Lorsqu'un enseignant interagit avec l'environnement WIMS pour la reconnaissance de courbes : il peut être amené à reconnaître une représentation graphique comme étant celle d'une fonction polynomiale, exponentielle, logarithmique, etc. Cette identification s'appuie sur ses connaissances (variation, concavité, limites, asymptotes, etc.). Au fur et à mesure, certaines déductions discursives se font jour : l'enseignant mobilise des énoncés mathématiques structurés, issus du référentiel théorique (par exemple « une fonction croissante dont la dérivée est positive », « une fonction positive implique la courbe au-dessus de l'axe des abscisses »). Ces énoncés ne sont pas seulement utilisés pour justifier une réponse ou établir la relation entre deux courbes, mais également pour établir une nouvelle connaissance à partir des confrontations entre courbe observée et savoir mobiliser.

Ces formulations discursives, validées par l'environnement WIMS peuvent intégrer le référentiel théorique personnel de l'élève ou de l'enseignant. On observe alors un processus d'institutionnalisation de l'énoncé : il devient une ressource mobilisable dans d'autres tâches, participant à la construction du savoir de référence. Par exemple : avant l'expérimentation : « Je sais qu'une fonction polynomiale peut avoir plusieurs racines. » Après plusieurs interactions avec WIMS : « Je peux reconnaître une fonction du second degré à partir de la forme de sa courbe, et j'ai identifié qu'un minimum correspond au sommet pour une fonction du type $ax^2 + bx + c$ ». Dans ce cas l'enjeux pour les enseignants :

- de suivre cette genèse discursive permet de repérer les formulations émergentes dans le discours des élèves.
- cela ouvre la voie à un travail de formalisation : amener les élèves à verbaliser leurs observations, puis à les transformer en énoncés mathématiques validés ;
- WIMS devient alors non seulement un outil graphique, mais aussi une médiation didactique favorisant la construction du discours mathématique.

Cette articulation des trois genèses démontre que l'usage d'un environnement comme WIMS ne relève pas uniquement d'un support technique, mais bien d'un espace de construction de savoirs mathématiques (ECSM) à part entière, à condition que les enseignants accompagnent les transitions épistémologiques nécessaires. Cela invite à une réflexion didactique sur la manière dont ces genèses peuvent être coordonnées intentionnellement pour soutenir un développement équilibré du raisonnement mathématique.

Cette mise en lien de différentes genèses conduit à envisager une forme de circulation du travail mathématique. Cela permet de considérer un lien actif entre deux genèses (J. Trunkenwald, 2023).

Dans le cadre cette expérimentation menée dans l'environnement numérique WIMS, la théorie des Espaces de Travail Mathématiques (ETM) offre un cadre puissant pour analyser les processus d'apprentissage en articulant les trois genèses fondamentales : instrumentale, discursive et sémiotique. L'environnement WIMS permet d'observer comment les acteurs (enseignant et/ou apprenant) mobilisent des instruments numériques (genèse instrumentale), formulent des discours mathématiques pour justifier leurs actions (genèse discursive), et interprètent des représentations graphiques comme des signes mathématiques (genèse sémiotique). L'interaction entre ces trois dimensions se manifeste dans les transitions entre manipulation, verbalisation et interprétation sémiotique, révélant des synergies cognitives essentielles à la construction du savoir mathématique.

Pour le chercheur, il est important d'identifier les genèses activées par un professeur (ETM idoine) et les genèses privilégiées par un élève lors de la réalisation d'une tâche mathématique (ETM personnel) (E. Montayo Delgadillo et L. Vivier, 2014, p.77).

Ainsi, l'analyse fine des épisodes de travail à l'aide d'une grille croisant ces trois genèses permet de mettre en lumière les dynamiques d'appropriation des concepts, et de dégager la structuration progressive d'une expertise mathématique chez les acteurs.

**Tableau 6 : La dynamique d'interaction entre les genèses**

| Genèse | Manifestation dans WIMS | Effets observables | Exploitation possible |
|---|---|---|---|
| **Instrumentale** | Utilisation de l'outil de reconnaissance de courbes | Automatisation des procédures, schèmes d'action | Analyser les gestes récurrents, identifier les artefacts cognitifs |
| **Discursive** | Justification de la reconnaissance graphique d'une fonction | Formulation d'énoncés mathématiques structurés | Recueillir les discours élèves, dégager les énoncés validés |
| **Sémiotique** | Interprétation graphique des aspects de la courbe comme signe mathématique | Association entre formes visuelles et concepts | Étudier les signes stabilisés et les transitions |

**Source** : extrait de l'interaction de l'activité de l'enseignant avec l'environnement WIMS, enquête de terrain Mai 2025

Ce tableau porté sur la théorie des ETM donnant lieu à trois genèses dans l'environnement WIMS, renseigne sur l'activité mathématique de l'élève ou de l'enseignant, où chaque genèse représente une dimension complémentaire du travail intellectuel. Il montre que les trois genèses ne sont pas isolées, mais qu'elles interagissent. Cette interaction révèle : Un enrichissement mutuel : par exemple, une représentation graphique (sémiotique) peut entraîner un discours explicatif (discursif), qui peut à son tour amener une nouvelle manipulation (instrumentale), ce qui peut conduire à d'autres situations. Aussi, une progression dans l'appropriation du savoir : l'auteur de l'action ne fait pas que manipuler ou nommer, il structure son raisonnement en traversant ces genèses.

Dans une tâche de reconnaissance graphique proposée via l'environnement WIMS, l'élève est amené à interpréter des représentations visuelles pour identifier des propriétés mathématiques ou des comportements fonctionnels. Ce type de tâche mobilise fortement la genèse sémiotique, mais son efficacité dépend de la manière dont l'enseignant structure l'environnement didactique. Comme le soulignent Z.T. Drouhard et A. Kuzniak (2015, p. 346), « le travail mathématique d'un élève est le produit d'une interaction entre les genèses activées dans un ETM personnel et celles proposées dans l'ETM idoine élaboré par l'enseignant ».

Cette interaction est particulièrement cruciale dans un environnement numérique, où les artefacts (graphiques dynamiques, curseurs, simulations) peuvent être sous-exploités si l'enseignant ne guide pas leur appropriation.

L'enseignant joue alors un rôle de médiateur entre les représentations proposées par WIMS et les raisonnements attendus. Il doit orchestrer les genèses instrumentale (manipulation des outils), sémiotique (lecture et interprétation des représentations) et discursive (mise en mots et justification des observations) pour permettre à l'élève de construire un ETM personnel cohérent. Ce travail de médiation est d'autant plus important que les environnements numériques peuvent induire des changements de domaine implicites.

Ainsi, dans une tâche de reconnaissance graphique, le rôle de l'enseignant ne se limite pas à proposer un outil, mais à concevoir un ETM idoine global, capable d'articuler les registres de représentation et les domaines mathématiques en jeu. Face aux faiblesses et difficultés des enseignants de mathématiques, ce travail de structuration est essentiel pour que l'élève puisse

activer les genèses nécessaires à une véritable conceptualisation révèle la place de WIMS comme outil d'auto-évaluation et de régulateur de compétences professionnelles.

**Conclusion**

L'analyse du travail des enseignants de mathématiques du secondaire dans les deux environnements (papier/crayon et WIMS) a conduit à mettre en place la complémentarité des trois genèses l'ETM : le passage de l'environnement traditionnel à l'environnement WIMS modifie les outils disponibles, pouvant révéler des limites dans la maîtrise des instruments numériques, ce qui représente la dimension instrumentale. Les enseignants ont rencontré quelques difficultés à interpréter les représentations graphiques, ce qui montre une faiblesse dans la gestion des signes, les aspects clés d'une courbe représentative d'une fonction, et des symboles mathématiques, c'est la dimension sémiotique du travail mathématiques des EMPC qui porte le coût. Enfin, le manque de rigueur dans les justifications et l'usage approximatif du langage mathématique pointent une genèse discursive qu'on dirait incomplète. Le modèle des Espaces de Travail Mathématique a permis d'analyser le travail mathématique proposé aux enseignants, en tenant compte des artefacts utilisés et les preuves acceptées en lien avec le paradigme.

Ainsi, l'environnement numérique WIMS ne constitue pas un simple support technique, mais un élément structurant de l'ETM idoine élaboré par l'enseignant. On constate que, les trois genèses de l'ETM dans l'expérimentation menée en environnement WIMS sont interdépendantes : une faiblesse dans l'une peut freiner les deux autres. Par exemple, une mauvaise lecture graphique (dimension sémiotique) peut empêcher une argumentation correcte (dimension discursive). Il exige à cet effet, une genèse discursive plus explicite, car les réponses doivent être justifiées dans un cadre interactif, d'où l'importance de prendre en compte les caractéristiques de l'ETM. Dans l'ETM de référence, on observe une structuration fondée sur les objets, les raisonnements et les pratiques mathématiques jugés pertinents dans une perspective académique ou scientifique alors que dans l'ETM idoine, l'espace de travail prescrit par une institution éducative particulière influence les pratiques enseignantes et induit une activité routinière. De cette caractérisation, l'on peut relever que, les faiblesses des enseignants relèvent de l'ETM idoine, car la plupart des enseignants interrogés maîtrise le savoir enseignés dans la démarche traditionnelle qui est purement analytique dans le sous domaine de l'étude des fonctions. Cependant, les difficultés observées relèvent de l'ETM personnel, elles sont individuelles, il s'agit donc d'un problème situé sur le niveau de connaissance disponible chez l'enseignant.

Cette analyse du travail des enseignants de mathématiques sous la lumière de l'ETM a permis de comprendre que les difficultés observées ne sont pas seulement techniques ou pédagogiques, mais relèvent d'un déséquilibre entre les genèses, ce qui soulève l'hypothèse d'une éventuelle difficulté sémiotique. Cela suggère un besoin de formation ciblée pour renforcer : l'usage réfléchi des outils numériques, la lecture et la production de représentations graphiques, la capacité à argumenter mathématiquement, d'où l'usage non rigoureuse des terminologies mathématiques constaté dans la justification des enseignants.

À cet effet, l'environnement informatique WIMS a permis de mettre en lumière les difficultés et faiblesses des enseignants dans une approche qualitative de l'étude des fonctions basée sur l'interprétation graphique des concepts. Aussi, grâce aux échanges et l'hétérogénéité des activités, les enseignants ont surmonté tant soit peu leurs faiblesses, positionnant ainsi l'environnement WIMS comme outil pouvant contribuer au développement de compétences professionnelles des enseignants de mathématiques.

Au niveau épistémologique, les enseignants mobilisent des savoirs mathématiques liés aux fonctions, dérivées, variations. Mais leur mobilisation reste parfois superficielle ou routinière. Alors que, au niveau cognitif, les processus de visualisation, de construction mentale

de la courbe, ou de preuve sont mis à l'épreuve dans l'environnement WIMS, révélant des lacunes dans la flexibilité cognitive.

Ainsi, WIMS ne se limite pas à un outil technique : il devient un vecteur de conceptualisation, à condition que l'enseignant l'intègre dans une démarche didactique cohérente, en lien avec les paradigmes mathématiques visés. Par conséquent, former les enseignants à identifier les genèses en jeu dans leurs propres pratiques et concevoir des séquences de formation où les enseignants analysent leurs propres espaces de travail mathématique serai très bénéfique pour le développement de compétences professionnelles des enseignants de mathématiques.

**Références bibliographieques**

ARTIGUE Michele, 1996, « Didactique des mathématiques et technologies éducatives : problèmes institutionnels, problèmes de recherche », *Revue Française de Pédagogie*, (117), p.121–134.

BESSOT Annie et LABORDE Collette, 2001, « Technologies informatiques et enseignement des mathématiques », *Recherches en didactique des mathématiques*, 21(1), p.7–44.

GELIS Jean-Michel et KUZNIAK Alain, 2014, « Théorie des Espaces de Travail Mathématique et géométrie dynamique », in J. Rogalski, L. Trgalova & N. Bednarz (Eds.), *Éducation mathématique et technologies numériques*, p. 189–212.

HOUDEMENT Catherine et KUZNIAK Alain, 1999, « Un exemple de cadre conceptuel pour l'étude de l'enseignement de la géométrie en formation des maîtres », *Educational Studies in Mathematics*, 40, p.283-312.

KUZNIAK Alain, 2011, "An epistemological and cognitive model for conceptualizing and analyzing mathematical working spaces (MWS)", in *CERME 7 - Proceedings of the Seventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, Rzeszów, Pologne, p. 1921–1930.

MEMOUGAME ZEZONG Espoir Joddrel et MALONGA MOUNGABIO Fernand, 2025, «Logiciel wims comme outil d'exploration des difficultes des enseignants dans l'interpretation graphique des concepts mathematiques », *Revue CARESFI (les cahiers du centre africain de recherche scientifique, de formation et d'innovation)*, Série Sciences Humaines, Sociales et Lettres, Volume 4 - n° 01 - Octobre 2025, p. 111-129.

MONTOYA DELGADILLO Élizabeth et VIVIER Laurent, 2014, « Les changements de domaine dans le cadre des espaces de travail mathématiques », *Annales de didactique et de sciences cognitives*, volume 19, p.73-101, irem de strasbourg.

TRUNKENWALD Janick, Thèse de doctorat (2023) : Sur les formes de travail mathématique mobilisées par des élèves de lycée autour de la notion de probabilité : approche combinatoire et approche fréquentiste, université paris cité, école doctorale « Savoirs, Sciences, Education » (ED 623) Laboratoire de Didactique André Revuz.

# LABORATOIRE DE RECHERCHE EN SCIENCE DE L'ÉDUCATION

## École Normale Supérieure

*LAKISA* est une revue spécialisée en sciences de l'éducation. C'est une revue indexée, semestrielle, à comité scientifique et de lecture international. *LAKISA* est hébergée au sein du Laboratoire de Recherche en Sciences de l'Éducation (LARSCED) de l'École Normale Supérieure de l'Université Marien Ngouabi (Congo). Elle a pour objectif de promouvoir la Recherche en Éducation à travers la diffusion des savoirs dans ce domaine de la recherche. La revue publie des articles originaux dans le domaine des sciences de l'éducation ( didactique des disciplines, sociologie de l'éducation, psychologie des apprentissages, histoire de l'éducation, philosophie de l'éducation…). Les langues de publication sont le français et l'anglais. La revue publie également, en exclusivité, les résultats des journées et colloques scientifiques dans les mêmes domaines.

Les auteurs qui soumettent des articles dans la revue *LAKISA* sont tenus de respecter les principes et normes éditoriales CAMES de présentation d'un article en Lettres et Sciences Humaines (NORCAMES/ LSH) ainsi que la typographie propre à la revue.

L'ensemble des articles publiés dans la revue LAKISA sont en libre accès sur le site internet de la revue. Cependant, les opinions défendues dans les articles n'engagent que leurs auteurs. Elles ne sauraient être imputées aux institutions auxquelles ils appartiennent ou qui ont financé leurs travaux. Les auteurs garantissent que leurs articles ne contiennent rien qui porte atteinte aux bonnes mœurs.

Laboratoire de Recherche en Sciences de l'Éducation (LARSCED)
École Normale Supérieure (ENS)
Université Marien Ngouabi (UMNG)
1 avenue des premières jeux africains (Brazzaville- Congo)
Éditeur : LARSCED
**https://doi.org/10.55595/LAKISA**
**www.lakisa.larsced.cg**
**revue.lakisa@larsced.cg**
**revue.lakisa@umng.cg**
BP : 237, Brazzaville-Congo