

RASEF

Revue Africaine des Sciences de
l'Éducation et de la Formation



Sous la direction de
Ousseynou THIAM

**Actes des Premières Journées Scientifiques (En Ligne) Du 01
au 02 Juin 2023, du Réseau Africain des Chercheurs et
Enseignants-Chercheurs en Sciences de l'Éducation (RACESE)**

**Penser les Sciences de l'éducation en Afrique :
histoires, tendances et perspectives des
recherches dans divers champs d'intervention
des chercheurs**

Numéro spécial, n°2, Août 2024

ISSN 2756-7370 (Imprimé)

ISSN 2756-7575 (En ligne)

01 BP 1479 Ouaga 01

Site: www.revue-rasef.org

Email: revueracese@gmail.com

Numéro du dépôt légal : 22-559 du 13/01/2024



Numéro spécial n° 2, Août 2024



ISSN 2756-7370 (Imprimé)
ISSN 2756-7575 (En ligne)

Site web et Indexation internationale



<http://esjindex.org/index.php>

<http://esjindex.org/search.php?id=6997>



<https://reseau-mirabel.info/>

http://www.revue-rasef.org/accueil_026.htm

**Revue semestrielle publiée par le Réseau Africain des
Chercheurs et Enseignants-Chercheurs en
Sciences de l'Éducation (RACESE)**

**Domiciliée à l'École Normale Supérieure,
Burkina Faso**

01 BP 1479 Ouaga 01
Site: www.revue-rasef.org
Email: revueracese@gmail.com

Numéro du dépôt légal: 22-559 du 13/02/2024



DIRECTION DE LA REVUE

Directeur de Publication

KYELEM Mathias, Maître de Conférences en didactique des sciences, ENS/Burkina Faso,

Directeur de Publication Adjoint

THIAM Ousseynou, Maître de Conférences en sciences de l'éducation, FASTEF/Université Cheikh Anta DIOP/Sénégal,

Directeur de la revue

BITEYE Babacar, Maître-assistant en sciences de l'éducation, FASTEF/Université Cheikh Anta DIOP/Sénégal,

Directeur Adjoint de la revue

KOUAWO Achille, Maître de conférences en sciences de l'éducation, Université de Lomé/Togo,

Rédacteur en chef

POUDIOUGO Wendkuuni Désiré, Maître de recherche en sciences de l'éducation, Institut des Sciences des Sociétés/CNRST/Burkina Faso,

Rédacteur en chef adjoint

DEMBA Jean Jacques, Maître de Conférences en sciences de l'éducation, École Normale Supérieure de Libreville/Gabon,

Responsable d'édition numérique

DIAGNE Baba Dièye, Maître assistant en sciences de l'éducation, Université Cheikh Anta DIOP/Sénégal,

Assistants à la rédaction

YAGO Iphigénie, Maître assistant en Sciences de l'éducation, École Normale Supérieure/Burkina Faso,

PEKPELI Toyi, Docteur en Sciences de l'éducation, Université de Lomé/Togo.

COMITÉ SCIENTIFIQUE

AKAKPO-NUMANDO Séna Yawo, Professeur Titulaire en Sciences de l'éducation, Université de Lomé, Togo,

BALDÉ Djéneba, Professeur Titulaire en administration scolaire, Institut Supérieur des Sciences de l'éducation, Guinée,

BATIONO Jean-Claude, Professeur Titulaire de didactique des langues Africaines et germanophones, École Normale Supérieure, Burkina Faso,

COMPAORÉ Maxime, Directeur de recherche en histoire de l'éducation, Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Burkina Faso,

DIALLO Mamadou Cellou, Professeur Titulaire en évaluation des programmes scolaires, Institut supérieur des sciences de l'éducation, Guinée,

DIÉDHIOU Ben Moustapha, Professeur en Sciences de l'éducation à l'Université du Québec à Montréal, Canada,



FERREIRA-MEYERS Karen, Professeur titulaire en linguistique, Université d'Eswatini, Eswatini,

KONKOBO/KABORÉ Madeleine, Directrice de recherche en sociologie de l'éducation, Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Burkina Faso,

KOUAWO Achilles, Maître de conférences en sciences de l'éducation, Université de Lomé, Togo,

KOUDOU Opadou, Professeur Titulaire de Psychologie, École Normale Supérieure d'Abidjan, Côte d'Ivoire,

KYELEM Mathias, Maître de conférences en didactique des sciences, École Normale Supérieure, Burkina Faso,

NEBOUT ARKHURST Patricia, Professeur titulaire en didactique des disciplines, École Normale Supérieure, Côte d'Ivoire,

PAMBOU Jean-Aimé, Maître de conférences en sciences de l'éducation, École Normale Supérieure, Libreville, Gabon,

PARÉ/KABORÉ Afsata, Professeur titulaire en sciences de l'éducation, Université Norbert ZONGO, Burkina Faso,

POUSSOGHO Nowenkûum Désiré, Maître de recherche en sciences de l'éducation, en Institut des Sciences des Sociétés, Burkina Faso,

THIAM Ousseynou, Maître de conférences en sciences de l'éducation, Université Cheick Anta Diop de Dakar, Sénégal,

TRAORÉ Kalifa, Professeur titulaire en didactique des mathématiques, École Normale Supérieure, Burkina Faso,

VALLÉAN Tindaogo Félix, Professeur Titulaire, Sciences de l'éducation, École Normale Supérieure, Burkina Faso,

COMITÉ D'ORGANISATION DU COLLOQUE

ATTA Yéboua Germain, École Normale Supérieure d'Abidjan, Côte d'Ivoire,

DIÉDHIOU Ben Moustapha, Université du Québec à Montréal, Canada,

ESSONO EBANG Mireille, École Normale Supérieure de Libreville, Gabon,

POUSSOGHO Nowenkûum Désiré, Institut des Sciences des Sociétés, Burkina Faso,

THIAM Ousseynou, Université Cheick Anta Diop de Dakar, Sénégal.

TRAORÉ Ibrahima, Université de Bamako, Mali,

YAGO Iphigénie Aïdara, École Normale Supérieure, Burkina Faso,

KYELEM Mathias, École Normale Supérieure, Burkina Faso,

COMITÉ DE LECTURE

ADJANOHOUN Jonas, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal ;

ATTA Kouadio Yeboua Germain, École Normale Supérieure, Côte d'Ivoire ;

BAWA Ibn Habib, Université de Lomé, Togo ;

BITEYE Babacar, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal ;



CIJKA KAYOMBO Chrysostome, Université de Lubumbashi, République Démocratique du Congo ;

DIEDHIOU Serigne Ben Moustapha, Faculté des sciences de l'éducation, Université du Québec à Montréal, Canada ;

DIOP, Babacar, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal ;

ESSONO EBANG Mireille, École Normale Supérieure, Gabon ;

GOUDENON, Martine épouse BLEY, Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire ;

HOUËHA Noukpo Saturnin, Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques (ENS/UNSTIM), Bénin ;

KOUKI Rahim, Université de Tunis el Manar, Tunisie ;

KYELEM Mathias, École normale supérieure, Burkina Faso ;

MAHAMADOU Zakari, Université Djibo Hamani de Tahoua, Niger ;

MANE Papa Malamine Junior, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal ;

NDIAYE Ameth, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal ;

NIANG Amadou Yoro, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal ;

OUÉDRAOGO Léa, École Normale Supérieure, Burkina Faso ;

POUSSOGHO Nowenkûum Désiré, Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique, Burkina Faso ;

SECK, Cheikh, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal ;

TCHAGNAOU Akimou, Université André Salifou, Niger ;

TCHASSAMA Ati-Mola, École Normale Supérieure d'Atakpamé, Togo ;

THIAM Ousseynou, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal ;

YABOURI Namiyaté, Université de Lomé, Togo ;

ZINGUE Di, Université de Koudougou, Burkina Faso ;

ZONGO Mahamadi, École Normale Supérieure, Burkina Faso.

ASSISTANTE

NDEYE Fatou Thiam.



Table des matières

Introduction aux actes des journées scientifiques	8
Ousseynou THIAM.....	8
MOT D’OUVERTURE ET CONFÉRENCE INAUGURALE.....	10
Mot d’ouverture du Président du RACESE	11
Ousseynou THIAM.....	11
Réseaux professionnels, expérience personnelle de réseautage et sciences de l’éducation	13
Eugénie EYEANG	13
PREMIÈRE PARTIE :	18
LES TRADITIONS PÉDAGOGIQUES ET LEURS IMPACTS	18
Culture de la recherche scientifique dans des traditions pédagogiques en Afrique francophone.....	19
Yao Abraham KONAN.....	19
À propos des fondements théoriques de l’enseignement des sciences : le cas de la modélisation comme canevas d’apprentissage en didactique des sciences.....	28
Liliane MBAZOGUE-OWONO, Raymonde MOUSSAVOU	28
Approche par Compétences dans les Centres de formation professionnelle au Burkina Faso : état des lieux pour un renforcement des capacités des formateurs	45
Bassolo BASSONO, Jean-Claude BATIONO.....	45
État de la recherche des étudiants de master en sciences et techniques des activités physiques et sportives : quelles contributions des sciences de l’éducation ?.....	57
N’guessan Frédéric KOFFI.....	57
État des lieux de la recherche en didactique des mathématiques et de l’informatique en Tunisie	65
Rahim KOUKI, Marwa HADDAD.....	65
État des lieux des pratiques évaluatives des enseignants de mathématiques du cycle primaire tunisien	74
Mohamed GHARBI, Rahim KOUKI.....	74
État des lieux de l’enseignement et l’apprentissage de la programmation orientée objet dans le contexte universitaire tunisien	87
Marwa HADDAD, Rahim KOUKI.....	87
DEUXIÈME PARTIE :	97
LES DÉFIS ACTUELS DE L’ÉDUCATION	97
Forces et faiblesses d’un programme de formation des formateurs dépourvu d’un département de sciences de l’éducation : le cas particulier de l’INJS d’Abidjan	98
Armand Joseph EDI.....	98
L’appropriation du changement de politique universitaire par les acteurs : cas de la réforme du système LMD au Gabon.....	109
Giscard MEBRIM PAYOS MBA, Henri Rodrigue NJENGOUE NGAMALEU	109
Des liens entre l’éducation, la formation et la production économique	120
Namiyate YABOURI.....	120
Pour une didactique du français : former aux gestes professionnels des professeurs en formation initiale et/ou continue au Sénégal	134
Bounama MBENGUE.....	134
Évaluation complexe en physique en classe de Seconde C en Côte d’Ivoire.....	149
Martine GOUDENON épouse BLEY, Assiba Thérèse AKOUA DAHOUESSA épouse GLITHO.....	149



Un modèle pilote de grille d'analyse multidimensionnelle pour l'étude du processus de transposition didactique de l'algèbre au collège	166
Samia OUESLATI, Rahim KOUKI.....	166
L'argot en milieu scolaire, une pratique linguistique aux enjeux multiples : l'expérience du lycée bilingue de Yaoundé au Cameroun.....	175
Martial Patrice AMOUGOU ; Jean-Armand MBIDA NKENE ; Chetou Awa NGOU PAMBOUNDOM.....	175
Riposte contre les violences scolaires au Gabon : un mythe de Sisyphe ?	185
Euloge BIBALOU, Romaric Franck QUENTIN DE MONGARYAS	185
TROISIÈME PARTIE :	197
PERSPECTIVES D'AMÉLIORATION ET INNOVATION PÉDAGOGIQUE	197
De la nécessité de repenser l'éducation en Afrique.....	198
Papa Malamine Junior MANÉ.....	198
Financer la recherche en éducation par les fonds publics : enjeux et retombées pour l'École africaine d'aujourd'hui et du futur ?.....	205
Serigne Ben Moustapha DIEDHIOU	205
Les innovations pédagogiques en sciences de l'éducation en Afrique.....	215
Mireille ESSONO EBANG.....	215
Potentialités de l'intégration de l'intelligence artificielle à l'enseignement et l'apprentissage de la programmation dans les collèges en Tunisie	227
Hafaoua SOUHLI, Rahim KOUKI.....	227
La médiathèque numérique : quels apports pour un apprentissage actif au lycée à Madagascar ?	237
Tianamalala Luciano ABRAHAM, Harinosy RATOMPOMALALA.....	237
Enseignement introductif de la Programmation Orientée Objet sous Python via les exemples résolus avec objectifs étiquetés : Cas des instituts préparatoires aux études d'ingénieurs tunisiens	246
Ajda KLOUZ, Rahim KOUKI.....	246
Les méthodes de type Euler dans un environnement hybride : enjeux épistémologiques et didactiques	259
Lamjed BRINSI, Rahim KOUKI.....	259
Les algorithmes numériques au cœur de l'interdisciplinarité : difficultés et enjeux	272
Soumaya DARRAGI, Rahim KOUKI	272
Techno-pédagogie et systèmes éducatifs africains : quels modèles choisir ?.....	282
Mohamed Tidiane OUATTARA	282



Introduction aux actes des journées scientifiques

Ousseynou THIAM¹

Les sciences de l'éducation en Afrique sont devenues incontournables si le continent mise sur une éducation de qualité, équitable pour un développement socioéconomique dynamique et durable. Fort de ce constat, après un an d'existence, le Réseau Africain des Chercheurs et Enseignants-Chercheurs en Sciences de l'Éducation (RACESE) a organisé les Premières Journées Scientifiques du RACESE du 01 au 02 juin 2023. Ces journées ont été l'occasion pour plus d'une centaine d'enseignants - chercheurs, de chercheurs et d'étudiants de croiser les regards, les recherches sur le thème : « Penser les Sciences de l'éducation en Afrique : histoires, tendances et perspectives des recherches dans divers champs d'intervention des chercheurs.

Le projet initié était comme le précise l'appel « une intention panafricaine de développement de la recherche en éducation qui intègre des savoirs sur la formation, la planification, l'intervention et l'évaluation, spécifiques à chaque pays. Le thème du colloque, en lien avec la politique, les curricula et les programmes, les compétences a mis en débat *le présent et l'avenir de la recherche en éducation et la formation en Afrique* ».

L'objectif de cette journée consisté à faire connaître les sciences de l'éducation par la diversité et la complémentarité des spécialisations des chercheurs en Afrique et de favoriser une plus grande visibilité de la recherche en éducation en Afrique et au-delà des frontières nationales et continentales. Les axes de ces journées retenues ont été :

- les sciences de l'éducation d'Hier : *une histoire de précurseurs et de formation de la relève.*
- les sciences de l'éducation d'Aujourd'hui : *à la découverte des recherches dans les divers domaines de spécialité des chercheurs africains en éducation.*
- les sciences de l'éducation de Demain : *penser l'école africaine du futur à partir de la complexité des enjeux et défis qui interpellent l'Afrique.*

Cet ouvrage qui en rend compte prolonge les débats sur des problématiques importantes. Après le mot de bienvenue et d'Ouverture prononcée par le Président du Réseau Docteur Ousseynou Thiam et la conférence inaugurale du Professeur Eugénie EYEANG les « Réseaux professionnels, expérience personnelle de réseautage et sciences de l'éducation », ces actes sont organisés en trois parties.

La première partie porte sur les traditions pédagogiques et leurs impacts trouve qu'en Afrique francophone, les institutions de formation universitaire et scolaire rencontrent des difficultés à adopter des méthodes d'apprentissage participatives et constructivistes. Ces institutions restent ancrées dans une tradition pédagogique conservatrice, bien que la pédagogie constructiviste, qui encourage une approche dynamique et dialectique de la construction des connaissances, soit reconnue pour sa capacité à développer l'esprit scientifique (Bachelard, 1996).

La deuxième partie interroge les défis actuels de l'éducation. Le Gabon, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, la Tunisie, le Madagascar, le Cameroun, le Sénégal... illustrent bien les défis de l'enseignement des sciences, notamment l'absence de laboratoires, le manque d'enseignants qualifiés, et les ressources pédagogiques insuffisantes. Malgré ces obstacles, des efforts sont faits pour promouvoir les vocations scientifiques. Les textes adoptent une approche descriptive

¹ Université Cheikh Anta Diop de Dakar.



et comparative et mettent en exergue des défis persistants, tels que la formation insuffisante des formateurs et l'indisponibilité des référentiels.

La troisième partie intitulée perspectives d'amélioration et innovation pédagogique explique qu'une approche basée sur l'usage du numérique et l'intelligence artificielle développerait des stratégies pédagogiques explicites pouvant améliorer l'apprentissage. Toutefois, il a été noté que les ressources numériques contribuent à l'acquisition des connaissances, mais ne favorisent pas suffisamment l'apprentissage actif. Une amélioration du contenu interactif est nécessaire. Plusieurs initiatives sont étudiées, mais les recherches trouvent qu'il est important que celles-ci soient accompagnées de formations adéquates pour les enseignants et d'une meilleure intégration des technologies éducatives pour surmonter les défis actuels et futurs. Les efforts concertés des gouvernements, des institutions éducatives et des partenaires internationaux sont nécessaires pour assurer une éducation de qualité et le développement durable en Afrique.

Ces actes présentent des résultats de recherche qui enrichissent la recherche scientifique et qui aident à la décision pour une éducation en Afrique plus rentable, performante et compétitivité.

Pour le comité d'organisation



MOT D'OUVERTURE ET CONFÉRENCE INAUGURALE



Mot d'ouverture du Président du RACESE

Ousseynou¹ THIAM

Monsieur le Directeur de Publication de la Revue Africaine des Sciences de l'Éducation et de la Formation (RASEF),

Madame la conférencière,

Mesdames et Messieurs les membres du Comité scientifique,

Mesdames et Messieurs les membres du Comité d'organisation,

Madame et Messieurs les participants,

Chers invités,

C'est avec joie et honneur que je vous souhaite la bienvenue aux premières journées scientifiques du Réseau Africain des Chercheurs et Enseignants Chercheurs en Science de l'Éducation (RACESE). Cet événement, qui se déroule en ligne les 1er et 2 juin 2023, marque une étape importante dans notre quête collective pour enrichir et promouvoir les sciences de l'éducation en Afrique.

Permettez-moi de remercier Monsieur Mathias KYELEM, Directeur de publication de la Revue Africaine des Sciences de l'Éducation et de la Formation (RASEF) pour ses orientations scientifiques et son sens élevé de l'apport du Réseau à l'éducation et l'enseignement supérieur, à la recherche et à la formation professionnelle.

Mes remerciements sont aussi adressés au comité technique composé de Docteur Mireille ESSONO EBANG, Vice-Présidente chargée de la recherche ; de Docteur Kouadio Yeboua Germain ATTA, Vice-Président chargé de l'enseignement ; de Docteur Nowenkûm Désiré POUSSOGHO, Secrétaire général ; du Professeur Serigne Ben Moustapha DIEDHIOU, Secrétaire général adjoint ; de Docteur Babacar BITEYE, Directeur de la revue RASEF. Ils sont concepteurs du projet journées scientifiques et n'ont ménagé aucun effort pour sa pleine réussite. J'associe à ses remerciements les membres des comités scientifiques et d'organisation et les modérateurs des communications pour leur inestimable apport.

Je remercie le Professeur Eugenie EYEANG pour sa conférence inaugurale pour la disponibilité, mais aussi l'ambitieux projet d'échange sur une question importante comme celle qui interroge les « Réseaux professionnels, expérience personnelle de réseautage et sciences de l'éducation ». Le thème de sa conférence en lien avec le thème des journées « Penser les Sciences de l'Éducation en Afrique : histoires, tendances et perspectives des recherches dans divers champs d'intervention des chercheurs », est particulièrement pertinent. Il nous invite à réfléchir, soit individuellement soit ensemble, mais dans un réseau, sur l'évolution de notre discipline, à partager nos découvertes et à envisager des perspectives nouvelles pour son avenir et l'avenir.

Ces journées scientifiques ont deux objectifs majeurs. Le premier est de faire connaître les sciences de l'éducation par la diversité et la complémentarité des spécialisations des chercheurs et enseignants-chercheurs en Afrique. La richesse de nos diversités et la complémentarité de

¹ Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal.



nos approches sont les fondements de notre force collective. Elles nous permettent d'aborder les défis éducatifs avec une perspective plurielle et inclusive.

Le deuxième objectif est de favoriser une plus grande visibilité de la recherche en éducation en Afrique et au-delà des frontières continentales. Il est essentiel de montrer au monde entier la qualité et l'originalité des travaux de recherche menés sur notre continent. Nous devons établir des ponts avec d'autres chercheurs, institutions et réseaux à travers le monde, afin de partager nos découvertes et d'enrichir nos pratiques.

Nos discussions seront structurées autour de trois axes principaux. Le premier axe concerne les sciences de l'éducation d'hier, une histoire de précurseurs et de formation de la relève. Cet axe nous invite à rendre hommage aux pionniers qui ont jeté les bases de notre discipline et à réfléchir à la manière dont leurs héritages peuvent nous inspirer dans la formation des futures générations de chercheurs et d'éducateurs. Le deuxième axe se focalise sur les sciences de l'éducation d'aujourd'hui, à la découverte des recherches dans les divers domaines et spécialités des chercheurs africains en éducation. Nous explorerons les travaux actuels, en mettant en lumière les innovations, les méthodologies et les résultats qui définissent la recherche contemporaine en éducation sur notre continent. Le troisième axe envisage les sciences de l'éducation de demain, penser l'école africaine du futur à partir de la complexité des enjeux et défis qui interpellent l'Afrique. Il s'agit ici de projeter notre réflexion vers l'avenir, en envisageant les transformations nécessaires pour répondre aux défis éducatifs de demain. Quels sont les nouveaux paradigmes à adopter ? Comment pouvons-nous anticiper les besoins futurs de nos sociétés ?

En conclusion, je souhaite que ces journées soient une source d'inspiration, de collaboration et d'échanges fructueux. Ensemble, nous avons le pouvoir de transformer l'éducation en Afrique, de renforcer nos capacités et d'influencer positivement les politiques éducatives. Je vous encourage à participer activement aux débats, à partager vos expériences et à nouer des collaborations qui perdureront au-delà de ces journées.

C'est avec une grande fierté que je déclare officiellement ouvertes les premières journées scientifiques du Réseau Africain des Chercheurs et Enseignants-Chercheurs en Science de l'Éducation. Je vous remercie pour votre engagement et votre présence. Que ces journées soient riches en enseignements et en découvertes.

Le Président du RACESE



Réseaux professionnels, expérience personnelle de réseautage et sciences de l'éducation

Eugénie EYEANG¹

Introduction

Le fonctionnement des sociétés modernes est constitué d'un faisceau de relations entrelacées. Chaque groupe compose un ensemble cohérent qui cherche, néanmoins à s'élargir au travers d'expériences nouvelles et de projets porteurs d'avenir. Cette réalité atteste qu'il est de plus en plus difficile, de nos jours, de progresser en demeurant dans un vase clos. Les observateurs avisés s'évertuent à scander que l'évolution professionnelle n'est pas un acte solitaire, mais plutôt le résultat d'un travail d'équipe et collaboratif. Le réseau personnel semble être le principal soutien du développement des individus. Ceci semble lié au nouveau contexte des carrières. En effet, l'aplatissement des structures organisationnelles et le développement des technologies font évoluer la carrière des individus de manière plus transversale et fonctionnelle (S. Ventolini, 2010). Sur le plan étymologique, le mot réseau, en latin, vient de *retis*, c'est-à-dire le filet. Or, un filet sert à retenir. Ce qui m'intéresse, c'est de comprendre ce paradoxe invraisemblable où le réseau devient le symbole de la liberté alors que l'étymologie indique exactement le contraire. D'où vient cette subversion ? Mais étymologiquement, le réseau, c'est aussi le tissu, des éléments différents, mais unis dans un tout qui les tient ensemble (D. Wolton, 2012). Le réseau ressemble aux mailles du filet qui permet d'attraper une quantité importante de poissons en un seul essai. C'est un multiplicateur d'opportunités de tous genres. Ainsi, le fonctionnement en réseau permet à un individu isolé et limité d'entrer en connexion avec plusieurs personnes à la fois ; et dont il n'est pas forcément l'initiateur de la relation. L'homme seul n'aboutit à rien. Les relations sont aujourd'hui une richesse inestimable. On parle d'ailleurs, communément, de *carnet d'adresses influent*.

1. Objectifs

L'objectif de notre propos est triple. Il s'agit, tout d'abord, de montrer l'importance des réseaux professionnels dans la carrière d'un individu, en soulignant comment ces connexions peuvent ouvrir des opportunités, faciliter l'échange de connaissances et promouvoir la croissance personnelle et professionnelle. Ensuite, la conférence vise à partager une expérience personnelle de réseautage en sciences de l'éducation, offrant des exemples concrets et inspirants sur la manière dont les relations professionnelles peuvent influencer positivement la trajectoire de la carrière d'un individu. Enfin, il s'agit de démontrer l'impact significatif qu'un réseau professionnel bien établi peut avoir sur le développement professionnel, en illustrant comment les collaborations et les soutiens au sein de ces réseaux contribuent à l'innovation, à l'apprentissage continu et à l'avancement de la carrière.

2. Méthodologie adoptée

La méthodologie adoptée ici simple. Il s'agit de celle du récit de vie. Sachant que le récit de vie peut être oral ou écrit, formel ou informel, s'inscrire dans une perspective pédagogique ou artistique, être le lieu d'une quête de soi ou d'une interaction sociale, avoir vocation à demeurer dans le cadre de l'intime ou à l'inverse à être largement diffusé : il est protéiforme (Vincent Ponroy & Chevalier, 2018). Il a donc plusieurs formes ou manifestations.

¹ École Normale Supérieure de Libreville au Gabon.



En effet, un récit de vie est une narration détaillée et personnelle de l'expérience de vie d'une personne. Il est souvent raconté par la personne elle-même. Il s'agit d'une forme de biographie subjective permettant à l'individu de partager ses souvenirs, ses sentiments, ses perceptions et ses interprétations des événements significatifs de sa vie. Les récits de vie sont utilisés dans diverses disciplines, telles que la psychologie, la sociologie, l'anthropologie et les études littéraires, pour comprendre les parcours individuels et les contextes sociaux et culturels qui les influencent. Les caractéristiques principales d'un récit de vie relèvent de la subjectivité, de la chronologie, de la réflexivité, de la narration détaillée. C'est aussi une opportunité pour l'individu d'aborder des thématiques variées, divers aspects de la vie de la personne, tels que le travail, les relations, les défis personnels, les succès, et les échecs. Le plus important reste la contextualisation. De fait, le récit place les expériences personnelles dans un contexte plus large, comme les événements historiques, les changements sociaux ou les influences culturelles. Dans le cadre de l'éducation, le récit de vie peut être utilisé comme outils pédagogiques pour enseigner des concepts complexes à travers des exemples concrets et personnels.

Nous voulons partager ici notre propre expérience comme membre d'un réseau de chercheurs en sciences de l'éducation.

3. Compréhension d'un réseau

La définition que je donne est le produit de mon expérience. Un réseau commence comme une graine qui donne plusieurs autres graines. C'est une semence qui est mise en terre et qui grandit.

Schéma n° 1 : Un ensemble entrelacé



Source : Internet : Frédérique Genicot, 2017

Progressivement, jusqu'à devenir un grand arbre, avec de nombreuses branches et ramifications. Une branche qui pousse appelle une autre branche. Un individu qui est rattaché à un réseau (R1) s'attache à un autre réseau (R2). Il relie par la suite les membres de R1 à ceux de R2, et ainsi de suite.

Schéma n° 1 : Un réseau



Source : Internet : Rémy Bigot, 2011



3.1. Mon expérience de membre d'un réseau en sciences de l'éducation

C'est en 2001 que j'ai été contactée pour faire partie d'un réseau en sciences de l'éducation. Au travers de la convention signée entre l'Ecole Normale Supérieure (Gabon) et la Faculté des sciences de l'Éducation de l'Université de Salamanca, une fenêtre s'est ouverte pour moi. À cette époque, l'Union européenne (UE) des universités du continent un certain nombre de préalables en matière de coopération scientifique. Il leur était demandé de rechercher des partenariats et de constituer des réseaux. Le réseau initial devait alors être composé de :

- 2 universités du nord : universidad de Salamanca - Espagne et universidad de Coimbra - Portugal)
- 1 institution d'enseignement supérieur du sud : Ecole Normale Supérieure (Gabon)
- Ce premier réseau a permis de réaliser un certain nombre d'actions et de productions scientifiques².

Puis, en 2012, mon expérience s'est enrichie. Il est important de signaler que tous les membres du réseau sont affiliés au laboratoire « Helmantica paideia »³ de la facultad de Educación de la universidad de Salamanca.

- 3 universités du nord : Universidad de Salamanca, Universidad de Palencia – Espagne, Universidade de Coimbra - Portugal
- 1 institution d'enseignement supérieur du sud : École Normale Supérieure (Gabon)

À partir de 2017, mon réseau s'est à nouveau élargi. À travers le premier réseau, des contacts ont été noués avec d'autres entités universitaires et des projets de coopération se sont mis en branle. Après l'organisation conjointe du deuxième II FORO (África, Educación, Desarrollo) entre l'ENS de Libreville et l'Université de Salamanca, voici la constitution du nouveau réseau :

- 5 universités du nord : universidad de Salamanca, universidad de Palencia, universidad de La laguna – Islas Canarias (Espagne) ; universidad de Coimbra, ISCE DOURO – Penafiel (Portugal);
- 1 université d'Amérique latine : universidad de Maringá (Brésil),
- 1 institution d'enseignement supérieur du sud : École Normale Supérieure (Gabon).

En 2021, par mon réseau, nous avons ouvert une brèche à l'université de La laguna (Islas Canarias) pour une coopération avec l'Université Houphouët-Boigny pour le projet d'un ouvrage collectif sur le leadership féminin.

3.2. Développement professionnel en tant que membre d'un réseau en sciences de l'éducation

Cette collaboration m'a permis de développer plusieurs aptitudes dont ce tableau rend compte :

² Il est possible de retrouver certaines de ces publications sur le site suivant : <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=119632>

³ Helmantica Paideia : <https://helmanticapaideia.wordpress.com/>



Tableau n° 1 : Aptitudes et réseau en sciences de l'éducation

Aptitude	Déclinaison	Observations
Compétences en communication	Écoute active : Expression orale et écrite	Apprendre à écouter attentivement et à comprendre les perspectives et les besoins des autres. Améliorer la capacité à articuler des idées de manière claire et convaincante, tant à l'écrit qu'à l'oral.
Collaboration et travail d'équipe	Coopération : Gestion des conflits	Travailler efficacement avec d'autres membres du réseau pour atteindre des objectifs communs. Apprendre à résoudre les désaccords de manière constructive et à trouver des solutions mutuellement bénéfiques.
Développement professionnel continu	Apprentissage continu : Adaptabilité	Participer à des formations, des ateliers et des conférences pour rester à jour avec les dernières recherches et pratiques en sciences de l'éducation. Rester ouvert aux nouvelles idées et aux changements dans le domaine de l'éducation.
Leadership et mentorat	Influence positive : Mentorat	Développer la capacité à inspirer et à motiver les autres membres du réseau. Offrir du soutien et des conseils aux collègues moins expérimentés. Apprendre des mentors plus expérimentés
Recherche et innovation	Méthodologie de recherche : Innovation pédagogique	Améliorer les compétences en conception et en mise en œuvre de recherches éducatives. Développer et partager des approches novatrices pour l'enseignement et l'apprentissage.
Gestion de projets	Planification et organisation : Évaluation et suivi	Apprendre à planifier, organiser et gérer des projets éducatifs, y compris la gestion du temps et des ressources. Acquérir des compétences pour évaluer l'efficacité des projets et des programmes éducatifs et apporter des améliorations.
Sensibilité culturelle et inclusion	Établissement de contacts : Maintien des relations	Développer la capacité à nouer des relations professionnelles solides et à créer des opportunités de collaboration. Savoir entretenir et renforcer les relations professionnelles au fil du temps.

Ces aptitudes apportent dans le quotidien de l'enseignant-chercheur et du chercheur, ce qui suit :

- la rigueur et la persévérance dans le travail de recherche
- la loyauté dans la collaboration avec mes pairs.

Pour mon cas, le réseautage a facilité les aspects suivants :

- la participation à plusieurs événements scientifiques et de recherche en Espagne et à travers le monde ;
- la publication très tôt des articles dans des revues indexées, à facteur d'impact ;
- l'intégration à des comités scientifiques de symposiums, de revues scientifiques et de congrès en sciences de l'éducation ;



- la Co-organisation des colloques internationaux à ENS - Universidad de Salamanca : I, II et III FORO : 2014, 2017, 2021.
- la participation comme membre du Conseil scientifique de FIACED I & II, ISCE DOURO, Portugal : 2016, 2018.

3.3. Participation exclusive à des activités liées aux membres du réseau et à des activités facilitées par les membres du réseau

En 2005, j'ai été invitée à prendre part, à Bruxelles, à la Conférence internationale entre l'UE, Afrique et Caraïbes (ACP) sur le système LMD. Lors de cette conférence, la question récurrente/anecdote : « De quel réseau faites-vous partie ? » ou encore « Qui vous a invité ? »

Ici : Réponse à ces questions : Universidad de Salamanca/Facultad de Educación

Autrement dit : Faire partie d'un réseau donne accès à des informations particulières contenues dans d'autres types de réseaux.

Rappelons par exemple, qu'en 2014, ma participation au Congrès International de *África con eñe* de la Fondation *Mujeres por África*, organisé par l'ex-Premier ministre espagnol à Abidjan (Côte d'Ivoire), a été rendue possible par le réseautage.

En 2018, sur Invitation du Roi d'Espagne, j'ai pris part à la cérémonie d'hommage à l'hispanisme international pour l'ensemble de mes publications en langue espagnole et au rayonnement de l'espagnol dans le monde.

En 2023, sur Invitation de Casa África (Islas Canarias), j'ai pris part à la 3^e Rencontre d'hispanistes d'Afrique et d'Espagne à Las Palmas (III ENCUESTRO DE HISPANISTAS ÁFRICA – ESPAÑA).

Discussion conclusive

Être membre d'un réseau est à la fois une contrainte et une liberté. Satisfaire aux exigences du réseau en termes de performance et d'atteinte des objectifs de production et de développement des projets est une exigence de premier plan. Élargir l'espace de sa tente au maximum en profitant des opportunités qu'offrent les différentes institutions concernées passe par une souplesse d'esprit. L'impact d'un réseau ne consiste pas seulement à ajouter de nouveaux membres. Il réside en la capacité des membres à prendre part aux activités et projets du réseau. Il importe d'apprendre à l'intérêt pour les thèmes de recherche qui ne sont pas directement liés à notre champ d'action, mais qui le sont pour les autres membres du réseau. La régularité des rencontres et le sérieux des travaux proposés sont une clé pour la prise en compte de vos intérêts dans le réseau. Enfin, toute opportunité est à saisir pour le positionnement d'un membre compétent du réseau auquel on appartient.

Références bibliographiques

Vincent-Ponroy, J. & Chevalier, F. 2018. https://faculty-research.ipag.edu/wp-content/uploads/recherche/WP/IPAG_WP_2018_006.pdf

Ventolini, S. 2010. Le réseau de développement professionnel des managers : Quels déterminants ? *Revue française de gestion*, 202, 111-126. <https://www.cairn.info/revue--2010-3-page-111.htm>.

Wolton, D. 2012. Réseaux, altérité et communication : Entretien avec Éric Letonturier. In Letonturier, É. (Ed.), *Les réseaux*. CNRS Éditions. Doi:10.4000/books.editions-cnrs.19321.



Les algorithmes numériques au cœur de l'interdisciplinarité : difficultés et enjeux

Soumaya DARRAGI¹, Rahim KOUKI²

Résumé

Dans cette étude, nous nous focalisons sur l'étude des difficultés liées à l'apprentissage des structures itératives en programmation. On se donne pour objet d'étude les algorithmes numériques riches en itération, Darragi-et-Kouki (2023). Cette étude va permettre aux étudiants de se placer dans une analyse réelle du domaine des mathématiques ou des sciences physiques en lien direct avec leur formation de base. Ces algorithmes se trouvent au carrefour de plusieurs disciplines et font surgir des difficultés d'ordre syntaxique et sémantique.

En utilisant la théorie des champs conceptuels de Vergnaud (1990) et le concept de registres de Duval (1993), une analyse qualitative des productions des étudiants est menée. Les résultats révèlent des difficultés d'ordre syntaxiques et sémantiques, soulignant l'importance de ces aspects lors de l'enseignement des algorithmes. En outre, l'article met en lumière le changement de paradigme de programmation comme un obstacle didactique significatif à considérer.

Mots clés : Algorithmes numériques, interdisciplinarité, difficultés syntaxiques et sémantiques

Abstract

In this paper, we focus on the study of the difficulties related to learning iterative structures in programming. We take numerical algorithms rich in iteration as our object study Darragi-et-Kouki (2023). This study will allow students to place themselves in a real analysis of the field of mathematics or physical sciences directly related to their basic training. These algorithms are at the crossroads of several disciplines and give rise to syntactic and semantic difficulties.

Using Vergnaud's (1990) conceptual field theory and Duval's (1993) concept of registers, a qualitative analysis of students' productions is conducted. The results reveal syntactic and semantic difficulties, highlighting the importance of these aspects when teaching algorithms. In addition, the article highlights the programming paradigm shift as a significant didactic barrier to consider.

Keywords: Numerical algorithms, interdisciplinarity, syntactic and semantic difficulties

¹ Université de Carthage, Tunisie.

² Université Virtuelle de Tunis, Tunisie.



Introduction

Afin que les étudiants puissent sentir le sens de leur apprentissage, l'enseignement interdisciplinaire devient une nécessité. Le décloisonnement des disciplines et des apprentissages se voit une urgence de plus en plus accrue, en éducation de manière générale et dans l'enseignement supérieur en particulier. L'enseignement de la programmation et de l'algorithmique est de nature à apporter beaucoup aux étudiants dans leur développement intellectuel, car cet apprentissage permet de mettre en application des connaissances déjà acquises dans d'autres disciplines. Par conséquent, cet apprentissage se situe fréquemment à l'intersection d'autres disciplines, offrant ainsi une passerelle entre la théorie et la pratique, et permettant d'expérimenter l'importance de la rigueur scientifique. Dans la plupart des systèmes éducatifs actuels, l'apprentissage est organisé en unités distinctes, souvent délimitées par des domaines disciplinaires ou des compétences spécifiques, ce qui conduit à une fragmentation où ces éléments sont enseignés de manière isolée, voire antagoniste. Cette approche se retrouve également dans l'enseignement de la programmation en général et en Tunisie en particulier. Elle persiste jusqu'au niveau du baccalauréat. Cependant, on observe une tendance croissante à intégrer des applications pluridisciplinaires dans les classes préparatoires.

Notre travail s'inscrit dans le cadre d'une recherche en didactique de l'informatique portant sur les difficultés perçues lors de l'enseignement des structures itératives en programmation. Il s'intéresse à la constitution de l'informatique comme discipline scolaire « objet de savoir » et ce, auprès des étudiants des classes préparatoires à l'entrée aux écoles d'ingénieurs, Nous nous engageons à expérimenter les difficultés perçues par les étudiants dans la résolution des problèmes numériques

Dans la première partie nous nous intéressons à la présentation du cadre didactique dans lequel nous nous plaçons à savoir celui de la théorie des champs conceptuels de Vergnaud (1990) croisée au concept de registres sémiotiques développé par Duval (1993). Nous poursuivons par la présentation du champ de notre étude à savoir les algorithmes numériques en rappelant leurs caractères interdisciplinaires. Nous revenons ainsi sur la méthode d'Euler objet de l'étude. La deuxième partie de l'article sera consacrée à la présentation de notre investigation expérimentale effectuée auprès des étudiants de deuxième année des classes préparatoires à l'entrée aux écoles d'ingénieurs.

Le constat observé auprès des étudiants dénote une persistance des difficultés liées à l'implémentation des schémas itératifs. Le principe d'itération constitue l'un des objets didactiques les plus étudiés. Quelques éléments de réponses proposés dans les travaux de Rogalski-et-Lagrange(2017) montrent que l'absence de contrôle de l'aspect dynamique d'un algorithme et la façon dont il se comporte en fonction des données qu'on lui fournit en entrée est l'une des premières difficultés à affronter chez les étudiants. Si l'on considère son aspect statique c'est-à-dire la suite finie d'instructions que nous avons sous les yeux, il est parfois difficile de comprendre son comportement dynamique. Nous tentons dans notre travail de rajouter un deuxième élément de réponse lié à ces difficultés en relation avec les écritures syntaxiques des relations de récurrence et l'impact des paradigmes de programmation d'un point de vue syntaxique sur les étudiants.

1. Cadre théorique

Nous rappelons dans cette partie le cadre didactique dans lequel nous nous plaçons, puis nous présentons quelques éléments indispensables à la compréhension de notre problématique à savoir les algorithmes numériques et les problèmes liés à leur implémentation



1.1. Théorie des champs conceptuels

La théorie des champs conceptuels est une théorie psychologique du concept ou de la conceptualisation du réel. Elle a pour principale finalité de fournir un cadre permettant de comprendre les filiations et les ruptures entre connaissances (savoir-faire et savoirs exprimés). Dans cette définition nous retrouvons déjà l'aspect cognitif qui rappelle celui relié à la notion d'algorithme. Un algorithme est aussi la conceptualisation d'une solution à un problème, quant au programme, lui, il est la mise en œuvre de cet algorithme dans une syntaxe compréhensible par la machine. Nous retrouvons également l'interférence de plusieurs registres sémantiques d'où l'intérêt d'effectuer les analyses dans le cadre des registres sémiotiques développé par Duval.

1.2. Choix du sujet

Le choix du sujet a été effectué à la suite d'un pré-test effectué auprès des enseignants des classes préparatoires confirmant notre constatation par rapport aux difficultés observées dans les schémas itératifs. 52,8 % des enseignants confirment les difficultés observées chez les étudiants au moment de l'implémentation des structures itératives. Pour apporter des éléments de réponses, nous avons choisi de travailler sur des algorithmes numériques, plus particulièrement sur la résolution numérique des équations différentielles par la méthode d'Euler. Nous rappelons dans ce qui suit le concept d'algorithmes numérique en mettant l'accent sur son caractère interdisciplinaire puis nous présentons l'objet de notre étude à savoir les équations différentielles.

1.3. Algorithme numérique et interdisciplinarité

Un algorithme numérique consiste à utiliser l'ordinateur dans le but de résoudre un problème réel. Les étapes de résolution sont généralement les suivantes : nous partons d'un problème réel *physique* ou mécanique, auquel nous cherchons une modélisation dans un formalisme *mathématique*. C'est à ce niveau qu'un choix d'une *méthode de résolution* a lieu. Cette méthode est mise en pratique par un *programme informatique* afin de résoudre le problème en question. Il est donc remarquable que face à cette situation, l'étudiant fasse appel à ses triples compétences, celles des sciences physiques, des mathématiques et de l'informatique. Il est confronté à un ensemble de connaissances issues de diverses disciplines. Voir figure 1 Daniel (2021)

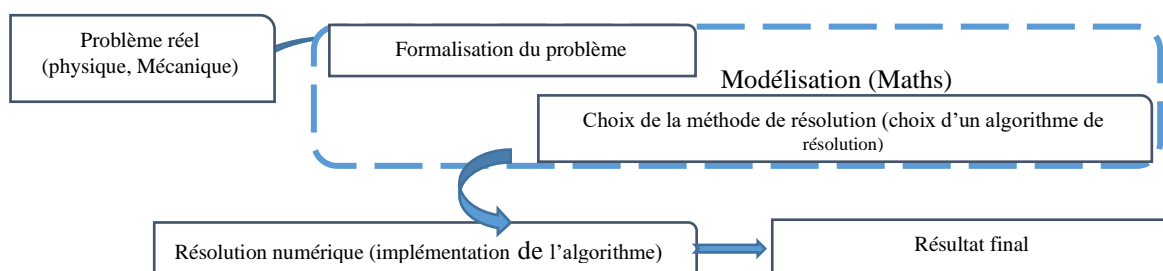
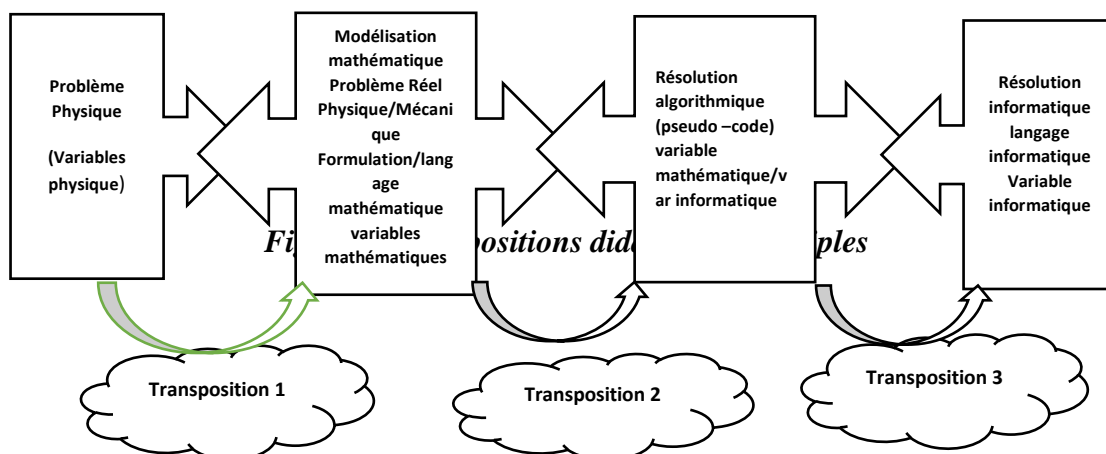


Figure 1 Du problème au Programme

Ce schéma indique de manière précise, la relation qui existe entre les sciences physiques à la base d'un problème réel, sa modélisation d'un point de vue mathématique et sa résolution informatique. Ce caractère interdisciplinaire dénote une interférence existante entre les différentes disciplines, mais aussi l'existence de plusieurs transpositions didactiques (voir figure 2) à prendre en considération au moment de l'enseignement de ces algorithmes. Le



passage d'un cadre à l'autre mettra les étudiants face à de nouveaux défis d'ordre syntaxique et sémantiques



Nous notons également que la mise en œuvre de plusieurs transpositions didactique est soumise à plusieurs sortes d'erreurs. Au premier niveau (physique) on pourrait avoir des erreurs de mesures (réelles), ensuite on pourrait avoir des erreurs de modélisation, de discrétisation, ou de formules approchées, et finalement des erreurs liées à la programmation même Daniel (2021).

Dans ce travail nous mettons l'accent principalement sur les erreurs liées à la programmation d'un point de vue syntaxique et/ou sémantique. Nous avons essayé d'interpréter les erreurs dans ces deux points de vue et de les exploiter afin de dégager les obstacles cognitifs auxquels sont confrontés les étudiants. Nous tentons d'apporter des éléments de réponse sur l'effet de la représentation syntaxique mathématique/physique sur la syntaxe informatique.

En d'autres termes, quelles sont les principales difficultés rencontrées par les étudiants dans les programmes itératifs et en quoi la représentation syntaxique des relations de récurrence influence-t-elle le raisonnement de ces étudiants au moment de la programmation ? D'autre part, nous tentons de comprendre en quoi le changement de paradigme de programmation d'un point de vue syntaxique entrave-t-elle leur raisonnement ?

Nous faisons l'hypothèse que la représentation syntaxique des relations de récurrence est une source principale de difficulté et que le changement de paradigme de programmation d'un point de vue syntaxique n'influence pas leur raisonnement.

Comme nous l'avons déjà énoncé, nous choisissons en tant que champs d'investigation, la méthode d'Euler pour la résolution d'équation différentielle comme algorithme numérique, que nous rappelons dans ce qui suit.

1.4. Résolution d'équations différentielles : Méthode d'Euler

De nombreux phénomènes physiques se modélisent naturellement à l'aide d'équations différentielles pour lesquelles on ne dispose pas de solutions analytiques. En mathématiques, ces équations ont également leur intérêt propre. Etudier le comportement qualitatif de solutions est nettement plus aisé si l'on peut visualiser une approximation raisonnable de celles-ci numériquement.

Au sens de Vergnaud (1989) nous remarquons déjà que la notion d'équations différentielles interfère principalement avec deux champs conceptuels : celui des maths et celui des sciences physiques et que la recherche d'une solution approximative numérique nous emmène aux



différents registres de représentation au sens de Duval tels que les *registres algébriques*, *graphique* mais aussi de *la programmation* en informatique.

Nous rappelons ici la méthode d'Euler pour la résolution des équations différentielles

Lorsqu'il n'est pas possible de résoudre analytiquement une équation (E), c'est-à-dire de trouver une expression explicite de la solution f de (E) qui vérifie f(a)=y0, on met en œuvre un tracé approché de la courbe intégrale sur l'intervalle I= [a,b]. Pour h suffisamment petit, on peut assimiler la courbe de f à sa tangente avec l'approximation suivante :

Si y est solution alors pour tout t0 ∈ R, si h est suffisamment petit on a

$$\frac{(y(t_0 + h) - y(t_0))}{h} \approx y'(t_0)$$

ce qui donne y(t0 + h) ≈ y(t0) + h * y'(t0) soit (puisque y est solution de (E))

$$y(t_0 + h) \approx y(t_0) + h * F(t_0, y(t_0))$$

Mais alors, si h suffisamment petit est fixé (h est appelé pas du schéma) on obtient de façon itérative une suite de valeurs approchées yk de (t0 + kh) pour k ∈ N de la façon suivante:

(Julien, 2019-2020)

$$y_0 = y_0$$

$$\forall k \in N, y_{k+1} = y_k + hF(t_0 + kh, y_k)$$

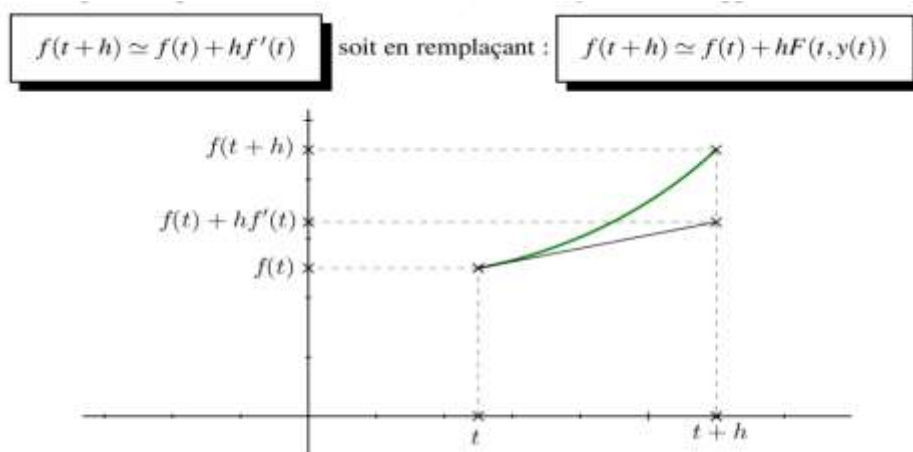


Figure 3 Méthode d'Euler explicite

En chaque point de la subdivision, on approchera donc f(ti) par yi défini par : ∀i ∈ [0, n - 1], yi+1 = yi + h f'(ti) = yi + hF(ti, yi) avec y0 = y(t0) = a.

On approche alors f sur [a, b] par une fonction affine par morceaux et la courbe intégrale de f par une ligne polygonale. L'algorithme s'effectue de proche en proche puisque la position d'un point au temps ti ne nécessite que la connaissance de la position au temps ti-1 (Julien, 2019-2020). On se donne donc une condition initiale : le point est en y0 à l'instant t0

$$y_1 = y_0 + hF(t_0, y_0)$$

$$y_2 = y_1 + hF(t_1, y_1)$$

.....

$$y_n = y_{n-1} + hF(t_{n-1}, y_{n-1})$$



Il est clair que l'algorithme suit un processus itératif et que lorsque la structure itérative manipule des variables, ou change les états du contenu des variables dynamiquement. La compréhension du changement d'état des variables dans un processus itératif hors contrôle constitue un double défi : un problème lié à la syntaxe de type « $y=y+1$ » et sa présentation, et le deuxième problème lié à la sémantique que porte cette syntaxe, nous analyserons ces difficultés d'un point de vue syntaxique/sémantique.

Après avoir mis en lumière le cadre didactique dans lequel nous nous sommes placés, nous entamons dans ce qui le cadre expérimental de notre travail.

2. Cadre expérimental : Étude de cas des étudiants de deuxième année

Notre démarche tente, sans introduire un formalisme excessif, d'apporter des éléments de réponse aux questions fondamentales que nous avons énoncées ci-haut. Le but de notre étude didactique est donc, de toucher, de près, la nature des dites difficultés se basant sur une analyse des champs conceptuels inspirée de Vergnaud (1990) croisé avec le concept de registre Duval (1993).

Notre travail expérimental, consiste en une évaluation à destination des élèves des classes préparatoires de l'Institut Préparatoire aux Études Scientifiques et Techniques (IPEST), de deuxième année portant sur la résolution d'une équation différentielle de premier ordre de la forme $ay''(x) + by'(x) + c = 0$ au moyen d'un algorithme numérique implémentant la méthode d'Euler, dans un paradigme objet en présentant la relation de récurrence inspirée du domaine de la *physique* déjà enseignée en première année. À travers cette démarche expérimentale, nous essayons de toucher de plus près l'impact de la nature de la relation de récurrence d'un point de vue syntaxique sur sa représentation en informatique ainsi que le sens logique sur lequel porte l'étudiant (Tarski, 1923-1944).

Dans cette évaluation, nous avons fait précéder cette partie expérimentale par une partie théorique, avant celle de l'implémentation de la fonction de résolution, dans laquelle l'étudiant est emmené à faire une trace d'exécution à la main des premières itérations pour des valeurs de a , b et c données afin de dégager les solutions numériques y_1 , y_2 et y_3 pour les instants t_1 , t_2 et t_3 . L'idée derrière est simple, si l'étudiant est capable de calculer à la main les premières itérations, ceci révèle d'une assimilation de l'algorithme numérique c'est-à-dire de la sémantique dans le cadre des maths. Par contre si cette compréhension n'est pas suivie d'une implémentation correcte, ceci signifie que le problème est purement informatique lié à la syntaxe algorithmique. Dans le cas contraire, nous pourrions conclure que l'obstacle est purement mathématique : la méthode d'Euler n'a pas été bien assimilée, ce qui constitue l'objet même de notre étude. Afin de dégager la difficulté rencontrée par l'étudiant en situation d'apprentissage, si ce dernier n'a pas saisi la relation de récurrence, il est incapable de l'implémenter.

Afin d'analyser les copies des étudiants, nous avons procédé premièrement à une catégorisation de leurs réponses s'appuyant sur les dimensions sémantique/syntaxiques. Ensuite, une comparaison de leurs travaux par rapport à l'analyse a priori des procédures envisageables est effectué. Les principaux obstacles didactiques sont ainsi dégagés à côté des difficultés auxquelles ils ont été confrontés au moment de la résolution des problèmes. L'étude des difficultés que nous envisageons, dans ce travail, est effectuée dans un sens sémantique/syntaxique au sens de Kouki (2018). Nous dégagerons également les obstacles d'ordre interdisciplinaire aussi bien organisationnel qu'épistémologique.



Nous présentons dans ce qui suit le travail expérimental effectué auprès des étudiants de deuxième année. On se basera sur la représentation de la relation d'Euler présente dans la littérature sous sa forme inspirée du domaine des physiciens à savoir $y_{(t+dt)} = y_t + h F(t, y_t)$.

On s'inspirera de cette notation syntaxique dans la suite de notre travail afin de dégager l'impact de la syntaxe sur l'interprétation des étudiants et leur capacité du passage à la syntaxe de représentation inspirée du domaine des maths sous sa forme récurrente $y_{i+1} = y_i + h F(t_i, y_i)$

C'est une évaluation de 30 mn faisant intervenir une soixantaine d'étudiants de deuxième année de l'IPEST toutes sections confondues. Lors de cette évaluation, nous avons rappelé la méthode d'Euler pour la résolution d'équations différentielles de premier ordre à coefficients réels. Le premier objectif était de savoir si cette méthode a été bien assimilée, mais aussi de tester la capacité des étudiants à généraliser cette méthode en y ajoutant un niveau d'abstraction et ce en utilisant la POO enseignée en deuxième année à l'aide du langage de programmation Python.

L'objectif, ici est double :

- La méthode d'Euler a-t-elle été bien assimilée en première année ?
- L'étudiant est-il en capacité de généraliser son raisonnement de façon abstraite ? En d'autres termes un nouveau paradigme de programmation tel que la programmation orientée objet, pose-t-il problème dans une démarche de transposition didactique d'un concept informatique ?

Dans ce sens l'étudiant est emmené à créer une classe `equa_diff` permettant d'instancier des objets de types équations différentielles à coefficients réelles de la forme

$$ay' + by + c = 0.$$

La relation de récurrence présentée est celle utilisée dans les cours de physique

• **Résultats**

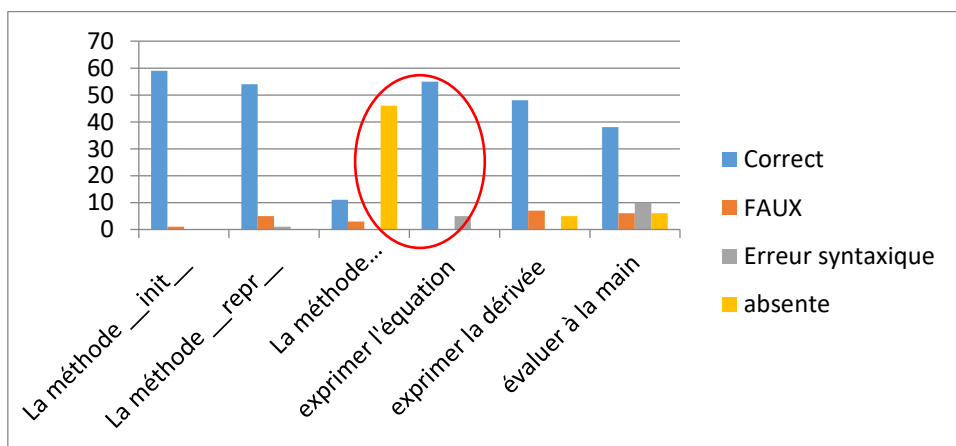


Figure 4 : Résultats des travaux des étudiants de deuxième année

• **Interprétation**

Seulement 10 % des étudiants ont répondu correctement sur la totalité de l'exercice. une maîtrise du niveau sémantique et syntaxique est dénoté. L'appel des deux registres (symbolique et graphique) au sens de Duval semble être utilisé avec une distinction claire.



18,33 % des étudiants ont tenté d’implémenter la méthode de résolution sans parvenir à le faire correctement. On y retrouve également des erreurs d’interprétation de la relation de récurrence. Le passage d’un modèle de représentation à un autre pose problème.

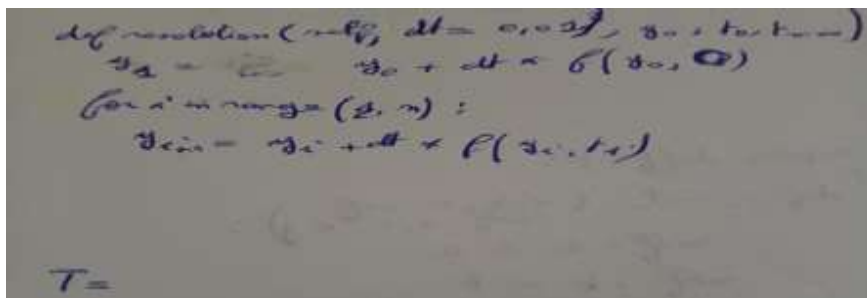


Figure 5 : Exemple de passage d’une syntaxe à l’autre

Pour cette catégorie, l’absence de la programmation objet, dénote d’une difficulté de la part des étudiants à repenser la solution dans un nouveau style de programmation. Ils optent alors à faire appel à leurs connaissances vues en première, un schème existant, pour faire une simple reproduction de code dans une approche procédurale.

Lorsqu’un schème algorithme est présent, un déjà là, vu en première année, l’étudiant a du mal à repenser ce schème dans un nouveau contexte de programmation. Le changement de paradigme de programmation d’un point de vue syntaxique est un obstacle didactique. L’étudiant agit alors par évitement d’obstacle didactique auquel il est confronté. Il fait appel à des schèmes et agit en acte, dans un sens didactique il procède par essai/erreur.

Il s’agit d’une double difficulté de représentation syntaxique des écritures algébriques en mathématiques définies par la relation de récurrence, une difficulté pour exprimer l’itération syntaxiquement et une autre à exprimer la syntaxe objet

58,33 % des étudiants ne parviennent pas à donner la méthode de résolution (figure 4) . Un phénomène frappant, les copies présentent une majeure partie correcte de toutes les méthodes et un blocage sur la méthode de résolution. Partie théorique maîtrisée ce qui dénote d’une compréhension de la méthode de résolution d’un point de vue sémantiques, mais d’une incapacité à passer à son implémentation kouki (2018) (voir figure 6.1 et 6.2)

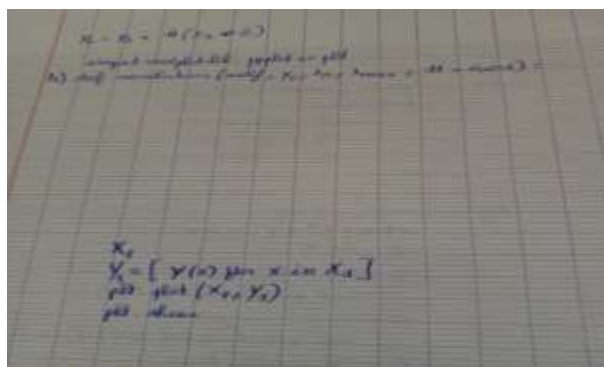


Figure 6.1 Production d’un étudiant

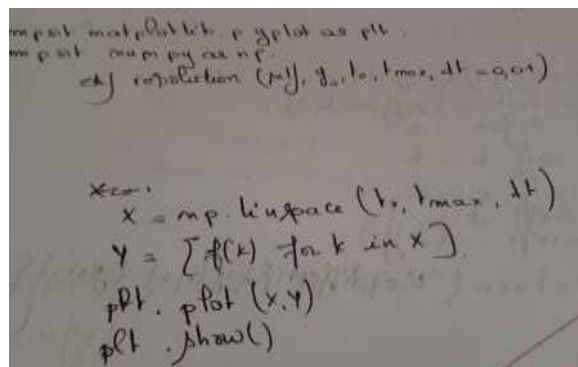


Figure 6.2 Production d’un étudiant

-16,66 % : c’est la catégorie des étudiants qui ont eu du mal à interpréter la relation de récurrence. Ils n’ont pas saisi la méthode de résolution, même avec le rappel de la méthode. Ils ont été incapables de reproduire à la main les premières itérations ; ceci révèle d’une mauvaise



assimilation de la relation de récurrence auquel ils ne s’y accommodent pas. Ceci dénote une difficulté d’ordre mathématique principalement. Un problème entre représentation informatique et représentation mathématique a lieu.

Les étudiants ont utilisé des variables indéterminées malgré qu’une substitution numérique est demandée. Le registre mathématique est très présent encore une fois. L’interférence entre les disciplines pose encore un problème aussi bien d’un point de vue syntaxique que sémantique, voir figure 7 et 8

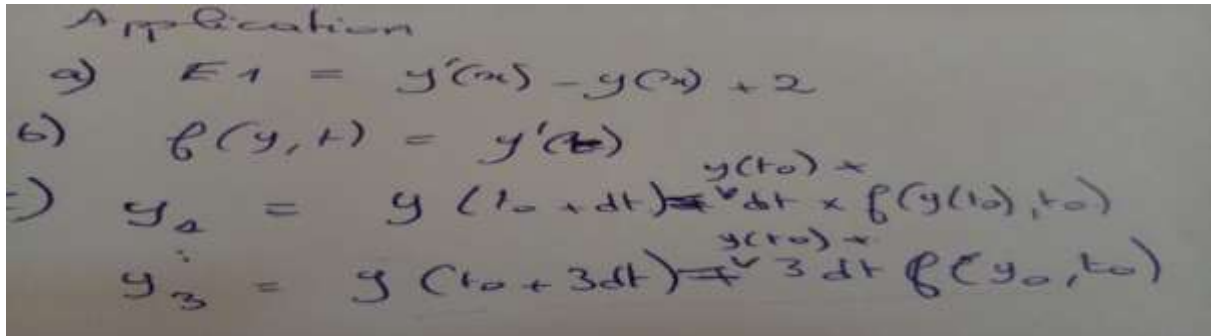


Figure 7 Production d’un étudiant

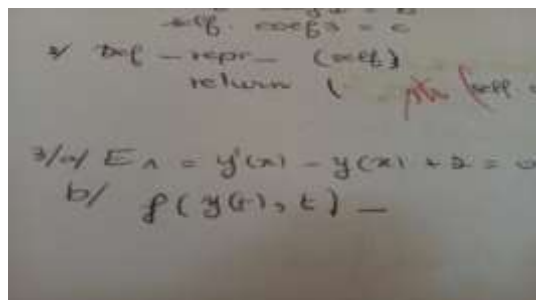


Figure 8 Production d’un étudiant

Une application numérique demandée est absente. L’étudiant ne parvient pas à présenter les premières étapes de la récurrence, il n’a probablement pas saisi la solution mathématique, obstacle d’origine mathématique, encore une fois.

Conclusion

Un étudiant en classe préparatoire est le projet d’un futur ingénieur. Apprendre aujourd’hui, ce n’est pas seulement acquérir des compétences inhérentes au cœur du métier, mais c’est aussi développer des compétences transverses indispensables pour exercer dans la durée et pour être capable d’aller chercher dans plusieurs disciplines le moyen de penser sa complexité et résoudre un problème.

D’après les résultats énoncés ci-haut, et d’un point de vue sémantique, nous pourrions conclure qu’une mauvaise assimilation de la notion d’algorithme numérique est présente chez les étudiants. D’abord, pour leur caractère interdisciplinaire et la difficulté pour les étudiants de passer d’un registre de représentation sémiotique à un autre ; et ensuite pour leur caractère numérique basé sur la discrétisation d’un intervalle.



En effet, la notion de continu est absente dans le domaine de l'informatique et de la programmation. Toutefois le « dt » du schéma numérique est perçu comme une continuité dans le temps, influencée par la syntaxe rencontrée dans le domaine de la physique, ceci confirme donc notre première hypothèse. La représentation syntaxique du schéma numérique fait appel à un déjà là vu en sciences physiques. Le deuxième schéma numérique qu'ils doivent atteindre rappelle la notion de série numérique vue en maths. Le « dt » rappelle les notations du domaine de la physique c'est la raison pour laquelle ils interprètent ceci comme du domaine du continu. Nous parlons ici de l'incapacité du passage de registres de représentation mathématique à celui de la représentation physique. Nous remarquons également que le paradigme objet d'un point de vue syntaxique constitue un obstacle pour les étudiants. Le passage d'un paradigme procédural à un paradigme objet impose des contraintes aussi bien dans la conception du programme, telle que la manière d'appréhender la résolution que dans la syntaxe du langage (nouvelle syntaxe associée à l'objet). Nous pourrions alors infirmer l'hypothèse faite du fait que le changement de paradigme de programmation ne pose aucun problème d'un point de vue sémantique et/ou syntaxique.

Dans les prochains travaux nous proposons d'introduire des concepts numériques via le paradigme objet, en raison du sens qu'il porte via un niveau généraliste et de son haut niveau d'abstraction et de généralisation.

Références bibliographiques

- Darragi S & Kouki R. (2023). La syntaxe au cœur de l'interdisciplinarité : Un obstacle didactique entre mathématique et informatique. *I3S*. Tunis : https://uso.rnu.tn/fr_I3S.
- Daniel, M. (2021, Fevier). *Algorithme numérique*. Récupéré sur Ecole Polytech Marseille : <https://marc-daniel.pedaweb.univ-amu.fr/Algonum/Algonum2diap.pdf>
- Duval. (1993). Registres et représentations sémiotiques et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 37-65.
- Julien, A. (2019-2020). *TP : Résolution d'équations différentielles : méthode d'Euler*. Récupéré sur http://desaintar.free.fr/python/tp/tp_euler.pdf : http://desaintar.free.fr/python/tp/tp_euler.pdf
- Kouki. (2018). L'articulation des dimensions syntaxiques et sémantiques en algèbre du secondaire. Dans *Recherche en didactiques des mathématiques* (pp. 43-78). la Pensée sauvage.
- Rogalski, & Lagrange. (2017). *Savoirs, concepts et situations dans les premiers apprentissages en programmation et en algorithmique*. Récupéré sur <https://hal.archives-ouvertes.fr> : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01740442/document>
- Tarski. (1923-1944). *Logique, sémantique, mathématique*. Arman Colin, vol 1, 1972.
- Vergnaud. (1989). La théorie des champs conceptuels. *Publications de l'Institut de recherche mathématiques de Rennes*, (pp. 47-50). Rennes.
- Vergnaud. (1990). La théorie des champs conceptuels,. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, La Pensée Sauvage, pp. vol.10 n° 2-3, pp. 133-170, éd.

