ACTES DU DEUXIEME COLLOQUE DE L'ASSOCIATION DE DIDACTICIENS DES MATHEMATIQUES AFRICAINS

ADiMA 2

PLACE DE LA DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES DANS LA FORMATION DES ENSEIGNANTS EN AFRIQUE: ÉTATS DES LIEUX, ENJEUX ET PERSPECTIVES

INSTITUT DE MATHÉMATIQUES ET DE SCIENCES PHYSIQUES DE DANGBO (BÉNIN)

DU 16 AU 18 AOÛT 2018

Actes édités par :

Adolphe ADIHOU, Université de Sherbrooke (Canada/Bénin)

Alexandre MOPONDI BENDEKO MBUMBU, Université Pédagogique Nationale de Kinshasa (République Démocratique du Congo)

Judith SADJA, Université de Yaoundé 1 - École Normale Supérieure de Yaoundé (Cameroun)

Février 2020

Table des matières

INTRODUCTION

L'**A**ssociation de **Di**dacticiens des **M**athématiques **A**fricains (ADiMA) et le Centre d'Excellence Africain en Sciences Mathématiques et Applications (CEA-SMA) de l'Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP) ont **co-organisé** avec l'appui de de l'Association pour les Recherches en Didactique des Mathématiques et des Sciences (ARDIMS), le deuxième colloque scientifique qui s'est tenu du 16 au 18 août 2018 dans les locaux de l'IMSP à Dangbo, au Bénin.

Le bureau exécutif (BE) de ADiMA et le comité local d'organisation (CLO) ont travaillé avec acharnement à tout mettre en place pour la réussite de cette manifestation scientifique d'envergure internationale. Le colloque s'est déroulé autour d'un thème et de sous-thèmes qui visent à réfléchir sur la place de la didactique des mathématiques dans la formation des enseignants en Afrique.

Thème : Place de la didactique des mathématiques dans la formation des enseignants en Afrique: états des lieux, enjeux et perspectives

Sous-thèmes :

A. La didactique des mathématiques et la formation initiale

B. La didactique des mathématiques et la formation continue

C. La didactique des mathématiques et les curricula

D. La didactique des mathématiques et les pratiques enseignantes

E. La didactique des mathématiques et la didactique des sciences et technologie : quelles articulations pour la formation des enseignants ?

Le colloque a été une occasion d'échanges et de partage. À ce titre, un des objectifs du colloque visait aussi à créer un espace d'échanges fructueux, de débats nourris scientifiquement, des réflexions profondes et riches autour de questions vives qui se posent à la didactique des mathématiques en Afrique entre autres, la place de la didactique des mathématiques dans la formation des enseignants en Afrique et les apports des résultats de la recherche en didactique des mathématiques pour le développement de la pratique enseignante. Plus spécifiquement, l'édition 2018 du colloque de ADiMA vise à porter un regard scientifique sur la formation initiale et continue en Afrique. Le deuxième colloque de ADiMA est meublé par des conférences, des séminaires, des communications et l'activité la parole aux Grands Témoins. Il a été clôturé par l'assemblée générale de ADiMA.

Conférences : Une conférence d'ouverture et dix conférences plénières ont été données par des chercheurs de haut niveau.

Séminaires : Quatre séminaires scientifiques sont organisés en lien avec les thèmes des conférences. Les participants répartis en groupes ont été appelés à réfléchir sur le contenu des conférences. Ils ont formulé des questions aux conférenciers. Ces questions ont animé l'activité la parole aux Grands Témoins.

Communications : Deux types de communication ont été possibles, à savoir, 16 communications orales et 3 communications par affiche liées au thème suggéré ou aux sous-thèmes. Elles présentent des résultats de recherches complétées, des pistes de recherches émergentes, des réflexions théoriques, des récits d'analyses pratiques, etc.

Les Grands Témoins : Une plage horaire a été réservée pour l'activité la parole aux Grands Témoins, réunissant des chercheurs en didactique des mathématiques.

Assemblée générale : Une assemblée générale a lieu le 18 août 2018 pour faire le bilan de ces deux premières années d'existence de ADiMA en vue de dégager les perspectives d'avenir de ADiMA. Le bureau de 2016 a été reconduit pour la période 2018-2020, ainsi que le choix du pays qui accueillera la troisième édition du colloque.

Périodes libres : Les participants ont profité des périodes libres pour diverses consultations et contacts avec les conférenciers et les autres participants.

Le compte rendu de l'assemblée générale et la liste des participants se trouvent en annexe.

Comité d'organisation

1. Bureau Exécutif

- **Président :**
  - Adolphe ADIHOU : Professeur, Université de Sherbrooke, Québec, Canada
- **Membres :**
  - Judith SADJA NJOMGANG : Secrétaire (Chargée de cours, École Normale Supérieure de Yaoundé)
  - Alexandre MOPONDI BENDEKO MBUMBU : Trésorier (Professeur, Université Pédagogique Nationale de Kinshasa, République Démocratique du Congo)

2. Comité Local d'Organisation

- **Président :**
  - Léonard Todjihoundé : (Directeur - IMSP)
- **Vice-Président :**
  - Carlos OGOUYANDJOU : (Directeur Adjoint - IMSP)
- **Membres :**
  - Marcos ABOUBACAR (IMSP-UAC)
  - Blaise DJIHOUESSI (INIFRCF-MESFTP)
  - Gervais AFFOGNON (IMSP – UAC)
  - Albert AYIGBEDE (IMSP – UAC)
  - Henri DANDJINOU (IMSP – UAC)
  - Eugène OKÉ (IMSP & FAST – UAC)
  - Eugénie NOUATIN (IMSP-UAC)
  - Bruno HOUSSOU
  - Basile AGBODJOGBE (INJEPS-UAC)
  - Carlos Emery ATOUN (INJEPS-UAC)
  - Léonce AFFOLABI (IMSP-UAC)
  - Chérif MOUSSILIOU (IMSP-UAC)

3. Comité scientifique

- **Présidente**

  Judith SADJA NJOMGANG - École Normale Supérieure de Yaoundé (Cameroun)

- **Membres**

ABBY-M'BOUA Parfait; ADIHOU Adolphe; ATTIKLEME Kossivi; BLOCH Isabelle; BRONNER Alain; CHELOUGUI Faiza; DeBLOIS Lucie; DORIER Jean-Luc; GIBEL Patrick; GRUGEON-ALLYS Brigitte; KABA Guy-Roger; KAZADI Corneille; KOUDOGBO Jeanne; LARGUIER Mirène; LAJOIE Caroline; MALONGA Fernand; MAMOUNI My Ismail; MOPONDI B. Alexandre; SOKHNA Moustapha; SQUALLI Hassane; TOSSA Joël; TRAORÉ Khalifa.

TEXTE DE CADRAGE DU COLLOQUE

Les didacticiens et les didacticiennes des mathématiques ont commencé à s'intéresser explicitement au travail de l'enseignant comme objet d'étude vers la fin des années 90 (Roditi, 2010, 2011), bien que l'enseignant ait toujours été considéré comme un acteur majeur. Actuellement plusieurs travaux (Gueudet, Pepin, et Trouche 2012, Larguier, 2011) sont principalement axés sur le travail de l'enseignant. Qu'en est-il de la formation des enseignants en Afrique?

Il existe très peu de travaux portant sur la place de la didactique des mathématiques dans la formation des enseignants et des enseignantes des mathématiques en Afrique alors que l'intérêt pour l'enseignant, l'enseignante et leurs pratiques a nourri plusieurs travaux en didactique des mathématiques avec différentes portes d'entrée. On pourrait évoquer la double approche didactique et ergonomique (Roditi, 2005; Robert et Rogalski, 2005, 2002), la recherche collaborative (Bednarz, 2013), l'approche documentaire du didactique (Gueudet et al. 2012 ; Pepin et al. 2013), la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy, 2008), la théorie anthropologique du didactique (Chevallard, 1999 ; Matheron, 2000), les travaux sur la formation des professeurs dans le sens de la théorie des situations didactiques (Bloch, 2009 ; Vandebrouck, 2008; Margolinas, 2002) et à bien d'autres approches, perspectives ou réflexions entreprises et/ou en développement (Adihou et al., 2016; Depower et al., 2016; Tchuente et al., 2016; Bednarz et al., 2011 ; Bronner, 2011; Adler, 2010, 2000 ; Ball et al., 2008 ; DeBlois et Squalli, 2002).

Si la formation à l'enseignement vise l'apprentissage du métier d'enseignant (Altet et al.. 2013 ; Desjardins, 2013; Robert, 2008), elle participe au développement de compétences professionnelles relatives à des pratiques d'enseignement.

Par ailleurs, la didactique des mathématiques est reconnue au plan institutionnel comme une science qui propose une démarche afin de développer des problématiques permettant l'étude de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques. La didactique des mathématiques peut ainsi contribuer scientifiquement à toute réforme éducative, de la conception à l'évaluation, de l'école maternelle à l'université.

Il est alors légitime de se demander : **Quelle est la place de la didactique des mathématiques dans la formation des enseignants en Afrique ?**

Le pari de ce deuxième colloque scientifique de ADiMA est de réfléchir à cette question par le biais du thème :

Place de la didactique des mathématiques dans la formation des enseignants en Afrique: états des lieux, enjeux et perspectives

Le colloque sera ainsi l'occasion d'analyser et de questionner différents axes en lien avec les sous-thèmes ci-dessous présentés :

- **La didactique des mathématiques et la formation initiale**

Le rôle des didacticiens et des didacticiennes des mathématiques dans les activités de formation initiale permet aux formateurs de mettre en place des dispositifs. Les futurs enseignants en formation sont ainsi confrontés à des activités riches et variées qui favorisent le développement des compétences professionnelles (Braconne-Michoux et al., 2017). Mais cette intervention dans la formation ne se fait pas sans questionnement. Dans le contexte actuel du continent africain où la didactique se fraie discrètement un chemin, plusieurs questions se posent dont notamment : Quelle est la pertinence des curricula prévus dans la formation initiale des enseignants ? Quels pourraient être les profils requis pour mettre en œuvre les curricula de didactique dans la formation initiale ? Quelle est la place de la didactique des mathématiques dans la formation initiale à l'enseignement des mathématiques?

- **La didactique des mathématiques et la formation continue**

Plusieurs institutions de formation mettent l'accent sur la formation continue. Le rôle des didacticiens des mathématiques dans les activités de formation permet la mise en œuvre d'un cadre pour que les enseignants et les enseignantes expérimentent sur le terrain des activités riches et variées destinées à développer leurs compétences professionnelles. Comment intervenir alors en formation continue pour soutenir leurs pratiques ?

- **La didactique des mathématiques et les curricula**

Plusieurs travaux en didactique des mathématiques, notamment ceux de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD), offrent des cadres théoriques pertinents, des méthodologies éprouvées pour aborder les problématiques curriculaires. Ce sous-thème vise à porter un regard sur le rapport entre la didactique des mathématiques et les curricula, entre autres, les contenus des manuels scolaires et les programmes de formation, dans les systèmes de formation des pays africains, mais aussi des regards croisés sur l'ethnomathématique (Traoré et al., 2007) et la TAD (Chevallard, 1999). Quels rôles les didacticiens et les didacticiennes des mathématiques doivent-ils jouer dans les problématiques en lien avec les curricula?

- **La didactique des mathématiques et les pratiques enseignantes**

Si la pratique d'enseignement est: «tout ce que l'enseignant ou l'enseignante met en œuvre avant, pendant et après la classe (conceptions activées au moment de la préparation des séances, connaissances diverses, discours mathématique et non mathématique pendant la classe, gestes spécifiques, corrections des productions d'élèves, etc.) p. 506» (Robert et Rogalski, 2002; p.506), dans cette optique : Quel est l'apport des savoirs didactiques dans la pratique enseignante et quelles connaissances sont mobilisées dans cette pratique professionnelle ?

- **La didactique des mathématiques et la didactique des sciences et de la technologie : quelles articulations pour la formation des enseignants?**

La proximité des mathématiques avec les sciences et la technologie incite plusieurs institutions à les apparier dans des programmes. Par ailleurs, la didactique des mathématiques contribue, avec d'autres didactiques des disciplines à la formation générale à l'enseignement. Mais, quelles articulations des différentes didactiques disciplinaires permettent de rendre pertinente la formation générale à l'enseignement?

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADIHOU, A., BACON, L., LAJOIE, C. et BENOIT, D. (dir) (2016). Regards sur le travail de l'enseignant de mathématiques. Actes du colloque du Groupe de Didactique des Mathématiques (GDM-2015). Sherbrooke, Québec.

ADLER, J. (2010). La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques. In Gueudet G. et Trouche L. (Eds), Ressources Vives Le travail documentaire des professeurs en mathématiques, (pp. 23-37). INRP, Presses Universitaires de Rennes.

ADLER J. (2000). Conceptualising resources as a theme for teacher education. Journal of Mathematics Teacher Education 3, pp. 205-224.

ALTET, M., DESJARDINS, J., ÉTIENNE, R., PAQUAY, L. et PERRENOUD (2013). Former des enseignants réflexifs – Obstacles et résistances. Bruxelles: De Boeck. 286 pages.

BALL, D., THAMES, M. et PHELPS, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? Journal of Teacher Education, 59(5), pp. 389-407.

BEDNARZ N. et PROULX J. (2011). An attempt at defining teachers' mathematics through research on mathematics at work. Actes du colloque CERME-7 (pp. 2569-2579). Rseszow, Poland: University of Rseszow & ERME.

BEDNARZ, N. (2013). Recherche collaborative et pratique enseignante: regarder ensemble autrement. L'Harmattan, Paris. 406 pages.

BLOCH, I. (2009). Les interactions mathématiques entre professeurs et élèves : Comment travailler leur pertinence en formation, Petit x, n°81.

BRACONNE-MICHOUX, A, Gibel, P. et Oliveira, I. (2017). Étude de différentes formes d'interactions entre recherches en didactique des mathématiques et formations professionnelles des enseignants. Québec : Livres en ligne du CRIRES. En ligne :http://lel.crires.ulaval.ca/public/BraconneMichoux_Gibel_Oliveira_2017.pdf

BRONNER, A. (2011). Un cadre théorique et méthodologique pour analyser le travail du professeur de mathématiques dans la classe, Actes de colloque, rencontres scientifiques universitaires Sherbrooke-Montpellier, CRÉAS, LIRDEF 2011, pp. 26-41.

CHEVALLARD, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. Recherches en didactique des mathématiques, 19(2), pp. 222-265.

DEBLOIS, L. et SQUALLI, H. (2002) Implication de l'analyse de productions d'élèves dans la formation des maîtres. Educational Studies in Mathematics 50 (2). Kluwer Academic Publishers. 212-237. http://www.kluweronline.com/issn/0013-1954

DEPOWER, C., DIENG, P. Y., GASSE, S., MAYNIER, J.-F., et WALLET, J. (2016) Repenser la formation continue des enseignants en Francophonie L'initiative Ifadem.. Édition des archives contemporaines. 240 pages.

DESJARDINS, J. (2013). Des étudiants résistants? Mais qu'en est-il des dispositifs de formation? Dans M. Altet, J. Desjardins, R. Étienne, L. Paquay et P. Perrenoud (dir.), Former des enseignants réflexifs – Obstacles et résistances (pp. 24-38). Bruxelles: De Boeck.

GUEUDET, G., PEPIN, B. et TROUCHE, L. (dir.) (2012). From text to 'lived' resources: Mathematics Curriculum Materials and Teacher Development. Dordrecht, NL: Springer. 364 pages.

LARGUIER, M. (2011). Étude clinique de la classe de mathématiques en France: une posture particulière du chercheur pour identifier des « problèmes de la profession ». Actes de colloque, rencontres scientifiques universitaires Sherbrooke-Montpellier, CRÉAS, LIRDEF 2011, pp. 108-130.

MARGOLINAS, C. (2002) Situations, milieux, connaissances – Analyse de l'activité du professeur, Actes de la 11ème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques, Grenoble : La Pensée Sauvage.

MATHERON, Y. (2000). Analyser les praxéologies quelques exemples d'organisations mathématiques. Petit x, 54. Pp. 51-78.

PEPIN, B., GUEUDET, G. et TROUCHE, L. (2013). Re-sourcing teacher work and interaction: new perspectives on resource design, use and teacher collaboration. ZDM, 45 (7), pp. 929-943.

ROBERT, A. et ROGALSKI, J. (2005). A Cross-Analysis of the Mathematics Teacher's Activity. An Example in a French 10th-grade Class, Educational Studies in Mathematics, 59, pp. 269-298.

ROBERT, A. et ROGALSKI, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: une double approche. Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies, 2(4), pp.505-528.

RODITI, É. (2005). Les pratiques enseignantes en mathématiques : entre contraintes et liberté pédagogique. Paris: L'Harmattan. 191 pages.

RODITI, É. (2010). Une collaboration entre chercheurs et enseignants dans le contexte français de la didactique des mathématiques, Éducation & Formation, e-293, pp.199-210.

RODITI, É. (2011). Recherches sur les pratiques enseignantes en mathématiques: apports d'une intégration de diverses approches et perspectives. Note de synthèse présentée pour l'habilitation à diriger des recherches. Université Paris Descartes, Faculté des sciences humaines et sociales, Sorbonne. 148 pages.

SENSEVY, G. (2008). Le travail du professeur pour la théorie de l'action conjointe en didactique, Recherche et formation, 57, pp. 39-50.

TCHUENTE, M., ONGUÉNÉ ESSONO L. M. et SADJA J. (2016). Enseigner les mathématiques, enseigner le français : un problème de Langue et de Langage. Dans Christian Depower, Papa Youga Dieng, Stéphanie Gasse, Jean-François Maynier et Jacques Wallet (dir.) Repenser la formation continue des enseignants en Francophonie : L'initiative Ifadem. (pp. 41-62) Édition des archives contemporaines. 240 pages.

TRAORÉ, K. et BARRY, S. (2007). La problématique d'une voie africaine en didactique des mathématiques : vrais et faux enjeux». Revue africaine de didactique des sciences et des mathématiques, Numéro 2, Mars 2007, http://www.radisma.info/document.php?id=476.

VANDEBROUCK, F. Ed. (2008). La classe de mathématiques : activités d'élèves et pratiquesd'enseignants, Toulouse : Octarès.

REMERCIEMENTS

L'**A**ssociation de **Di**dacticiens des **M**athématiques **A**fricains (ADiMA) et le Centre d'Excellence Africain en Sciences Mathématiques et Applications (CEA-SMA) de l'Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP) ont **co-organisé** avec l'appui de de l'Association pour les Recherches en Didactique des Mathématiques et des Sciences (ARDIMS), le deuxième colloque scientifique qui s'est tenu du 16 au 18 août 2018 dans les locaux de l'IMSP à Dangbo, au Bénin.

Le bureau exécutif (BE) et le comité Local d'organisation (CLO) remercient l'Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP) et plus particulièrement son directeur pour son implication et pour avoir accepté d'héberger cet évènement en au Bénin dans les locaux de l'IMSP à Dangbo. Ils remercient également le Centre d'Excellence Africain en Sciences Mathématiques et Applications (CEA-SMA) de l'Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP) pour son appui financier.

Le colloque a bénéficié dans du support de l'Association pour les Recherches en Didactique des Mathématiques et des Sciences (ARDIMS), l'antenne de ADiMA au Bénin. Le bureau exécutif (BE) et le comité Local d'organisation (CLO) tiennent à remercier chaleureusement ses membres pour leur implication.

Les comités remercient sincèrement les membres du comité scientifique et les relecteurs pour la collaboration efficace apportée à la tenue de ce deuxième colloque de l'ADiMA. Leurs avis critiques et constructifs ainsi que leurs suggestions ont permis d'améliorer les textes proposés au double plan scientifique et rédactionnel. Ainsi, leur expertise, leur professionnalisme et leur générosité ont contribué au succès du colloque et ont permis de donner un caractère hautement scientifique aux communications. Leurs commentaires sur les textes relus ont été très appréciés par les auteurs. Ils leur ont permis de peaufiner leur présentation, et par ricochet, de mieux comprendre les défis et les enjeux de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques en Afrique, ainsi que de la formation des enseignants. Par ailleurs, leur contribution a permis aux auteurs et aux participants d'apprécier à leur juste valeur la pertinence de la création de l'association et de la tenue du colloque.

Les commentaires pris en compte par les auteurs ont permis d'avoir des actes dignes d'un colloque scientifique de didactique des mathématiques pour cette jeune association. La diffusion des actes facilitera, entre autres, la compréhension des problématiques de la formation des enseignants en Afrique et au-delà de ses frontières.

Les membres des comités remercient les collègues ayant répondu à l'appel de communication, mais qui n'ont pas pu assister à l'édition de Dangbo au Bénin et espèrent vivement leur présence à la troisième édition du colloque de l'ADiMA qui se tiendra en Tunisie.

Les membres des comités tiennent à remercier aussi les bénévoles pour leur implication.

Nous ne serons terminés sans remercier tous les organisateurs locaux qui ont fait de ce colloque une réussite.

Enfin, les membres des comités remercient sincèrement mesdames Francine Boisvert Audrey-Anne Gagnon et monsieur Philippe Vaillancourt de l'université de Sherbrooke au Québec de leur soutien pour la réalisation des actes du deuxième colloque de l'ADiMA.

PRÉSENTATION DU COLLOQUE ADIMA 2018

Les 16, 17, 18 août 2018, s'est tenu à l'Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP-Dangbo), le deuxième colloque de l'Association de Didacticiens de Mathématiques Africains (ADiMA). Cette rencontre scientifique internationale a eu lieu sous le thème « *Place de la Didactique des Mathématiques dans la formation des enseignants en Afrique : états des lieux, enjeux et Perspectives* ». Elle est co-organisée par l'Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP) à travers le Centre d'Excellence Africain en Sciences Mathématiques et Applications (CEA-SMA) d'une part, et l'Association des Didacticiens de Mathématiques Africains (ADiMA) à travers sa section du Bénin, l'Association pour les Recherches en Didactique des Mathématiques et Sciences (ARDiMS). Le deuxième colloque de ADiMA a réuni 116 participants, venus de plusieurs pays, à savoir : le Bénin, le Burkina Faso, le Canada, le Cameroun, la Côte d'Ivoire, la France, le Niger, la République Centrafricaine, la République Démocratique du Congo, le Sénégal, la Suisse, le Togo et la Tunisie.

Le présent rapport général rend compte du déroulement des travaux du colloque journée par journée.

1. Première Journée (Jeudi 16 Août 2018)

Les activités qui ont meublé les travaux de la première journée sont respectivement la cérémonie d'ouverture, la conférence d'ouverture et deux autres conférences ainsi que des présentations de communications.

1.1. Cérémonie d'ouverture officielle

La cérémonie d'ouverture a été marquée par trois allocutions. D'abord, le Directeur de l'IMSP, le professeur Léonard TODJIHOUNDE, a souhaité la bienvenue dans les locaux de l'IMSP à tous les participants au colloque en général et sur la terre béninoise aux participants étrangers en particulier. Il a également remercié l'assemblée générale du premier colloque tenue à Yaoundé (Cameroun) qui a accordé l'organisation du deuxième colloque au Bénin à travers l'IMSP, la prestigieuse institution qu'il dirige. A la suite du Directeur de l'IMSP, le Président de ADiMA, le professeur Adolphe ADIHOU a salué le recteur et sa suite avant de prononcer ses remerciements à l'endroit de ce dernier et des conférenciers pour leur présence effective à ce colloque, témoignant ainsi leur intérêt aux problématiques de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques et des disciplines scientifiques. Il a rappelé que ADiMA est l'aboutissement de la volonté de didacticiens des mathématiques africains en vue de créer un réseau de partage et de diffusion des travaux réalisés en Afrique par les africains mais aussi par tout didacticien qui s'intéresse aux problématiques d'enseignement et d'apprentissage en Afrique. Il a laissé entendre que l'objectif principal de ADiMA est de relever avec de jeunes didacticiens les défis qui avaient été fixés par le **R**éseau **A**fricain de **D**idactique des **M**athématiques, dénommé en abrégé (RADMA) à savoir promouvoir entre autres la recherche en didactique des mathématiques sur le continent africain. Cette cérémonie d'ouverture a pris fin par les mots de bienvenue du recteur de l'UAC qui a reconnu que la tenue de cette rencontre scientifique internationale est d'une grande importance pour le développement de nos pays, car pour lui, investir dans le développement des ressources humaines, c'est assurer le développement et le bien être pour les sociétés de demain. Enfin, le recteur, en ouvrant le deuxième colloque international des didacticiens de mathématiques africains (ADiMA2), a exhorté les participants à donner le meilleur d'eux-mêmes pour participer aux travaux de cette manifestation scientifique.

1.2. Conférence d'ouverture

La conférence d'ouverture dont le thème est *« Genèse et organisation de la formation en didactique des mathématiques et en didactique des sciences au Bénin »* a été présentée par le professeur Joël TOSSA, coordonnateur du Centre d'Excellence Africain des Sciences Mathématiques et Applications (CEA-SMA). Le conférencier a souligné que l'introduction de la didactique des sciences à l'IMSP est née du souhait du Centre interdisciplinaire de recherche sur les apprentissages et le développement de l'éducation (CIRADE, Université du Québec à Montréal), de créer une communauté de didacticiens et de didacticiennes autour des avancées contemporaines des didactiques des disciplines, dans l'objectif de proposer, dans ce champ spécifique, des formations aux formateurs de formateurs. Le CIRADE a lancé à cet effet dans les années 2000, la mise en place d'un projet de formation des formateurs, dénommé CYBERDIDAC. Selon le conférencier, il s'agit d'organiser par la voie des TIC un partage de contenus triangulant des partenaires du Nord et du Sud pour construire ensemble des programmes interactifs de formation en ligne à l'aide de tchats et de foras. Le professeur a montré que l'initiative est devenue une réalité, sept ans après, grâce à la contribution importante du professeur ADIHOU, qui a rédigé le programme et qui a lancé un appel sur un réseau de didacticiens pour que l'initiative soit soutenue. C'est ainsi que se sont mises en place des collaborations avec des didacticiens de Nantes, de Montpelier (France), de Koudougou (Burkina Faso) et des séries de misions d'enseignement assurées par les Professeurs Philippe BRIAUD, Kalifa TRAORE, Denis BUTLEN, Isabelle KERMEN, Denise ORANGE, Christian ORANGE, Alain BRONNER, Mirène LARGUIER, Cécile de HOSSON…

1.3. Les autres conférences

Les deux conférences du sous-thème « La didactique des mathématiques et la formation initiale » ont été données conformément au programme du colloque. Il s'agit de :

- la conférence n°1 intitulée « Formation des enseignants de mathématiques en didactique des mathématiques : un défi à relever au Cameroun », présentée par Judith NJOMGANG;
- la conférence 2 titrée « Aperçu de la genèse de la didactique des mathématiques francophone », présentée par Jean Luc DORIER.

1.4. Les communications

Huit des seize communications prévues pour le colloque ont été présentées par leurs auteurs respectifs à la fin de la première journée. Il s'agit notamment de :

- la communication n°1 : Etude de l'expérience vécue lors d'une évaluation certificative. Cas de l'inspection pédagogique chez le professeur stagiaire de ABBY-M'BOUA Parfait et ARCHER Maurice
- la communication n°2 intitulée « Programmes ivoiriens de formation des enseignants du préscolaire et du primaire en mathématiques et en formation scientifique. Quels liens didactiques ? » de ATTA Kouadio Yeboua Germain et de KOUADIO Kouamé David ;
- la communication n°6 intitulée « La place et le rôle des constructions géométriques dans l'enseignement et dans l'apprentissage de la mathématique en classe de 6ème au cours secondaire au Bénin » de GBAGUIDI Ahonankpon Florent ;

- la communication n°7 ayant pour titre «Enseignement des probabilités dans le secondaire au Bénin : Rapport des élèves au calcul élémentaire des probabilités » de DANDJINOU Henri et BRONNIER Alain ;
- la communication n°9 : « Prévention de l'échec en factorisation et promotion de la réussite en Algèbre » de ZOBA NKONGO Yvonne Areka, DIFFO LAMBO Lawrence et WAMBA André ;
- la communication n°10 intitulée « Etude des difficultés des élèves de terminale D à propos de l'interprétation qu'ils font des schémas des résultats d'expériences en physique : une étude de cas en électromagnétisme » de AYIGBEDE Albert ;
- la communication n°13 ayant pour titre « Etat des lieux sur les travaux pratiques dans l'enseignement- apprentissage en sciences expérimentales au Bénin : Une étude de cas avec la Commune de Dangbo » de ADJAHO Maurice, OKE Ségbègnon Eugène et BOCO Gabriel ;
- la communication n°16 de titre « Conception et représentations : quelle épistémologie pour l'enseignant des sciences expérimentales ? » de AMBOMO Nicole et AYINA Bouni.

2. Deuxième journée (Vendredi 17 août 2018)

La deuxième journée du colloque a été meublée par quatre conférences, deux séminaires, neuf communications et une causerie sur les problématiques de l'enseignement des mathématiques au Bénin.

2.1 Les conférences

Deux conférences du sous-thème « La didactique des mathématiques et la formation continue » ont été données dans la matinée de la deuxième journée et deux autres du sous-thème « La didactique des mathématiques et les curricula » ont données dans l'après-midi. Il s'agit dans l'ordre de :

- la conférence n°3 titrée «Quelle place pour la Didactique des Mathématiques dans la formation continue des enseignants de mathématiques en Afrique Subsaharienne ? », présentée par Alexandre MONPONDI BENDEKO MBUMBU ;
- la conférence n°4 intitulée « La formation initiale et la formation continue des enseignants de mathématiques en Afrique : Quelle didactique et quels défis ? », présentée par Khalifa TRAORE ;
- la conférence n°5 ayant pour titre : « Quelle méthodologie d'analyse du curriculum officiel outillé par la Théorie Anthropologique du Didactique ? », présentée par Mirène LARGUIER ;
- la conférence n°6 intitulée « Point des recherches en didactique des mathématiques et en didactique des sciences au Bénin : zoom sur les curricula », présentée par Kossivi ATTIKLEME.

2.2.Les séminaires

Les deux séminaires prévus pour la journée ont eu lieu à la même heure dans deux salles différentes. Il s'agit notamment de:

- le séminaire n°1 : « Analyse logique, sémiotique, épistémologique et praxéologiques de certaines activités mathématiques », travail de Rahim KOUKI et Faïza CHELLOUGUI, animé par le premier ;
- le séminaire n°2 intitulé « Geogebra : quel usage pour faire des mathématiques et pour les faire faire ? », animé par Moustapha SOKHNA.

2.3. Échange sur les problématiques de l'enseignement des mathématiques au Bénin

L'une des innovations du deuxième colloque de ADiMA est la plage accordée au pays organisateur de faire connaître son système éducatif à travers un échange sur les problématiques de l'enseignement des mathématiques. Deux communications ont été présentées en plénière successivement par Gervais AFFOGNON et Magloire COSSOU sur :

- l'état des lieux de l'enseignement des mathématiques dans le secondaire au Bénin ;
- l'enseignement-apprentissage des mathématiques au niveau des enseignements maternel et primaire au Bénin.

2.4. Les communications :

Six communications orales et trois par affiche ont été présentées par leurs auteurs respectifs pour le compte de la deuxième journée. Les trois communications par affiche sont présentées dans la matinée et se précisent comme il suit :

- Affiche n°1 titrée « Enseignement de l'arithmétique en terminale S spécialité mathématiques en RCA : analyse de manuels » de BOSSONGO Roger ;
- Affiche n°2 intitulée « Initiatives des élèves dans l'apprentissage des statistiques descriptives : analyse de manuel » de RODOUMDJE Delon Fabrice ;
- Affiche n°3 : « Articulation entre formation théorique et stage pratique des élèves professeurs de sciences physiques de l'Ecole Normale Supérieure de l'Université Norbert ZONGO : état des lieux et perspectives » de ZONGO Mahamadi.
- Les communications orales présentées en fin de journée se précisent comme il suit :
- la communication n°3 titrée « Analyse des erreurs en résolution de problèmes mathématiques dans les CM_1 de la CEB de Ouaga 11 et les stratégies de leur gestion » de SAWADOGO Timbila et DOAMBA Valentin ;
- la communication n°4 intitulée « État des lieux et perspectives de la formation continue des enseignants de mathématiques du secondaire en RDC » de MUGARU Benjamin, BOMA Kitir Pierre Claver et MBALA Moke Godefroid **;**
- la communication n°8 ayant pour titre « Structuration des contenus dans les programmes de chimie du cycle secondaire camerounais de 1960 à 2013. Quels impacts sur les pratiques enseignantes ? » de AWOMO ATEBA Jérémie, AYINA Bouni et présentée par AMBOMO Nicole ;

- la communication n°12 titrée « Rapport au savoir mathématique chez les enseignants du primaire » de TOURE Krouélé ;
- la communication n°14 intitulée « Difficultés d'élèves béninois des classes de terminales scientifiques à appliquer la deuxième loi de Newton à un solide en mouvement sur un plan incliné », de KANFFON Danhin Aimé Comlan, OKÉ Sègbégnon Eugène et TOSSA Joël ;
- la communication n°15 : « Enseignement-apprentissage de la loi d'Ohm en classe de quatrième : étude exploratoire au Bénin », AHODEGNON Zéphyrin Dognon Magloire, OKÉ Sègbégnon Eugène et MAGBONDE Charles.

Notons qu'à l'issue de la deuxième journée, les participants au colloque se sont retrouvés à la place de fête UBUNTU de Porto-Novo pour un dîner festif.

3. Troisième journée le Samedi 18 août 2018

Les activités ayant meublé la troisième et dernière journée du colloque sont les conférences, les séminaires, les communications, la place aux grands témoins et l'assemblée générale.

3.1. Les conférences

Il a été donné pour le compte de la troisième journée du colloque quatre conférences dont deux de chacun des sous-thèmes « La Didactique des mathématiques et les pratiques enseignantes » et « La didactique des mathématiques et les didactiques des sciences et technologie : quelles articulations pour la formation des enseignants ». Il s'agit notamment de :

- la conférence n°7 ayant pour titre « Des recherches sur les pratiques des professeurs enseignant les mathématiques à la formation des enseignants de mathématiques », présentée par Denis BUTLEN ;
- la conférence n°8 intitulée « Proposition d'un modèle d'analyse multidimensionnelle pour les analyses didactiques et la formation des enseignants », présentée par Rahim KOUKI ;
- la conférence n°9 titrée « Formation mathématique des enseignants et intégration des TICE : quel système d'exploitation didactique? », présentée par Moustapha SOKHNA ;
- la conférence n°10 dont le titre est « Enjeux et perspectives de la formation des formateurs dans le système éducatif du Bénin » et présentée par Coovi Blaise DJIHOUESSI.

3.2. Les séminaires

Comme lors de la deuxième journée, deux séminaires ont été animées dans la troisième journée à la même heure dans deux salles différentes. Il s'agit notamment de:

- le séminaire n°3 intitulé « Le développement de la pensée algébrique du primaire au secondaire : recherches et perspectives curriculaires - Observatoire International de la Pensée Algébrique (OIPA) », co-animé par Adolphe ADIHOU et Mirène LARGUIER
- le séminaire n°4 titré « Difficultés, erreurs et obstacles des élèves Français, Québécois et Congolais du secondaire sur la construction des ensembles numériques », animé par Jean-Luc DORIER.

3.3. Les communications

Deux communications orales ont été présentées par leurs auteurs respectifs pour le compte de la troisième journée. Il s'agit de :

- la communication n°5 intitulée « Sur la nécessité de la formation continue des professeurs de Math au secondaire en RDC » de HATEGEKIMANA LUANDA Emmanuel et INDENGE Y'ESAMBALAKA, José ;
- la communication n°11 ayant pour titre « Un auxiliaire didactique pertinent pour l'approximation des mesures physiques réelles TANAR 10 », de MATA TOMBO José-Em. et INDENGE Y'ESAMBALAKA, José.

3.4. Place aux grands témoins :

La place aux grands témoins est la deuxième innovation du colloque ADiMA. C'est l'activité scientifique qui a clôturé le colloque. Pour ce deuxième colloque, elle a été présentée par une équipe de cinq personnes, à savoir : ABBY Parfait, OKE Eugène, SANGARE Souleymane, HATEGEKIMANA LUANDA Emmanuel et MOUSSA Mohamed Sagayar. La place aux grands témoins a consisté à faire le bilan scientifique du colloque qui peut se résumer comme il suit :

- Les thématiques abordées sont conformes à celles qui ont été prévues ;
- La conférence d'ouverture et les dix autres conférences prévues ont eu effectivement lieu conformément au programme du colloque;
- Toutes les communications orales et par affiche ont été présentées avec parfois des décalages d'horaires ;
- Quatre séminaires dont trois prévus dans le programme du colloque ont été animés ;
- Le séminaire animé par Jean Luc DORRIER a eu lieu en remplacement du séminaire prévu pour être animé par Corneille KAZADI ;
- La présentation de l'ouvrage présentant les portraits des didacticiens africains n'a pu avoir lieu.
- En somme, le deuxième colloque d'ADiMA a globalement tenu ses promesses.

3.5. Assemblée générale

L'ultime activité du deuxième colloque d'ADiMA a été l'assemblée générale qui a eu lieu à la place de fête UBUNTU de Porto-Novo. Les temps forts de l'assemblée générale sont le bilan du bureau sortant, l'élection du pays organisateur du troisième colloque et l'élection du bureau entrant.

Le président sortant a d'abord remercié le comité local d'organisation pour l'organisation réussie du colloque ADiMA2, avant de présenter le bilan du bureau exécutif sortant, qui comporte les activités essentielles suivantes :

- Finalisation des statuts et du règlement intérieur de l'association ;
- Publication sur le site d'ADiMA des actes du premier colloque ayant eu lieu en août 2016 à Yaoundé ;
- Organisation de deuxième colloque.

- Le président a exhorté les participants à mettre en place les sections locales d'ADiMA à l'instar du Bénin, du Cameroun et de la Tunisie dont les sections locales sont déjà fonctionnelles.

Après la présentation du bilan, le bureau sortant a présenté sa démission à l'assemblée générale, laissant place à un présidium formé de COSSOU Magloire et Pétronille KWELA pour conduire les élections. Avant les élections des membres du bureau exécutif et du comité de contrôle, les candidatures du Maroc et de la Tunisie ont été analysées pour aboutir au choix de la Tunisie pour l'organisation du troisième colloque de l'association. Dans les discussions ayant eu lieu avant les élections, l'assemblée générale a recommandé que :

- L'association soit régulièrement enregistrée ;
- Une relecture des textes soit faite de sorte qu'il soit possible de ne pas limiter le nombre de mandats des membres du bureau exécutif.

Concernant les élections des membres du bureau exécutif et du Comité de contrôle, l'assemblée générale a renouvelé sa confiance au bureau exécutif et au comité de contrôle de la première mandature en les reconduisant pour un nouveau mandat de deux ans. Ainsi le bureau exécutif de la deuxième mandature se compose comme il suit :

Président : ADIHOU Adolphe ;

Secrétaire Générale : Judith NJOMGANG ;

Trésorier : Alexandre MONPONDI BENDEKO MBUMBU.

Quant au comité de contrôle, il est composé de SANGARE Souleymane, DANDJINOU Henri et KABA Guy-Roger. Ce dernier n'étant pas présent au colloque ADiMA2, l'assemblée générale a suggéré que le bureau exécutif l'informe de sa reconduction pour un deuxième mandat.

L'assemblée générale a définitivement clôturé le deuxième colloque scientifique de l'ADiMA et les regards sont désormais tournés vers la Tunisie pour le troisième colloque.

Nous remercions les rapporteurs, messieurs Henri DANDJINOU et Sèmassa Euloge LEZINME, pour ce rapport qui décrit fidèlement lle colloque de ADiMA2.

INTRODUCTION AUX ACTES DU COLLOQUE D'ADIMA 2

Les actes du colloque présentent les versions écrites des conférences, des séminaires, des communications orales et de communication par affiche réalisés au cours du colloque. Ces présentations ont été possibles à la suite d'un appel de propositions de communication et d'une relecture des propositions par des chercheurs de haut niveau en didactique des mathématiques, membres du comité scientifique. La diversité des textes reflète le thème du colloque :

Place de la didactique des mathématiques dans la formation des enseignants en Afrique: états des lieux, enjeux et perspectives

Sous-thèmes :

A. La didactique des mathématiques et la formation initiale
B. La didactique des mathématiques et la formation continue
C. La didactique des mathématiques et les curricula
D. La didactique des mathématiques et les pratiques enseignantes
E. La didactique des mathématiques et la didactique des sciences et technologie : quelles articulations pour la formation des enseignants ?

En effet, les systèmes éducatifs en Afrique sont confrontés à plusieurs défis, notamment la demande pressante d'éducation de masse et de qualité des populations, la prise en compte de la production accélérée de connaissances scientifiques et leur transformation en objets d'enseignement. En mathématiques, ces défis se posent avec plus d'acuité dans l'enseignement, dans la formation des enseignants et dans la recherche en didactique des mathématiques.

Certes, la didactique des mathématiques est considérée sur le plan institutionnel comme un domaine autonome de savoirs universitaires qui propose une démarche scientifique pour aborder les problématiques liées à l'enseignement et à l'apprentissage. Mais elle se nourrit aussi de l'apport fécond d'autres domaines de savoirs tels que les sciences de l'éducation, l'épistémologie des mathématiques et des sciences expérimentales, les technologies de l'information et de la communication (TIC), etc.

Cette thématique a été développée suivant un dispositif, tel que décrit dans le rapport, comportant dix plénières données par des chercheurs de haut niveau, quatre séminaires, trois communications par affiche et seize communications orales.

Les actes du colloque ADiMA 2 comporte les textes de quatre conférences et de 14 communications. Les textes sont présentés par ordre alphabétique au regard du nom du premier auteur.

LES CONFÉRENCES PLÉNIÈRES

Des recherches sur les pratiques des professeurs enseignant les mathématiques à la formation des enseignants en mathématiques. Enjeux et principes pour penser une formation professionnelle

Denis BUTLEN
Université de Cergy-Pontoise, Laboratoire de Didactique André Revuz

RÉSUMÉ

Dans cette conférence, nous présentons l'état de la réflexion de notre équipe de chercheurs en didactique des mathématiques sur la formation. Après avoir rappelé les principaux résultats de recherches sur les pratiques que nous retenons pour penser une formation, nous énonçons quelques principes fondamentaux à prendre en compte lors de l'élaboration d'une formation continue ou initiale d'enseignants de mathématiques.

INTRODUCTION

Nous exposons dans cette contribution les résultats de travaux et de la réflexion d'une équipe rattachée au LDAR (D. Butlen, M. Charles-Pézard, P. Masselot, C. Mangiante)

Nos recherches ont toujours été fédérées par deux types de questions :

- L'enseignement des mathématiques aux élèves en difficulté en mathématiques issus de milieux socialement défavorisés (Education Prioritaire); les processus de différenciation scolaire,
- La formation des professeurs en mathématiques.

Ces questions ont toujours été liées par une hypothèse que nous admettons : l'amélioration de la qualité de l'enseignement en vue d'accroître les apprentissages des élèves doit s'accompagner de l'accroissement des marges de manœuvre des enseignants et de leur confort au quotidien de leur exercice.

Cela nous a amenés à cibler l'analyse de « pratiques ordinaires » et à centrer nos analyses de pratiques sur une diversité de publics présentant une caractéristique commune : enseigner dans des conditions plus « difficiles » que celles de leurs collègues :

- Professeurs des écoles enseignant les mathématiques en Education Prioritaire confirmés ou débutants (Butlen, Pézard, 2002 ; Butlen, 2004 ; Charles-Pézard, Butlen, Masselot, 2012),
- Professeurs enseignant les mathématiques dans le cadre de l'Education Spécialisée (Butlen, Masselot, 2013),
- Professeurs novices en formation initiale (Pézard 1985 ; Butlen 2004 ; Mohamed Almamhoud 2018),
- Professeurs des écoles débutants lors de leurs premières années d'exercice (Masselot 2000, Mangiante 2012),
- Professeurs des écoles enseignant les mathématiques en milieu rural et dans des classes multiniveaux (au moins 3 niveaux scolaires).

Nous sommes engagés actuellement dans un travail de synthèse visant à dégager des pistes et des principes pour la formation des enseignants.

1. Des résultats de recherche sur les pratiques enseignantes, leur genèse et la formation

Dans cette partie, nous présentons une synthèse des principaux résultats de recherche que nous retenons pour penser une formation en mathématiques des professeurs des écoles, mais aussi des professeurs exerçant en collège et en lycée.

1.1. Le cadre théorique de ces recherches

Elles s'inscrivent dans le cadre de la double approche de Robert, Rogalski (2002) tout en privilégiant pour certaines une approche sociodidactique spécifique liée au « public élèves » étudié. La double approche didactique et ergonomique s'inscrit plus largement dans le cadre de le la théorie de l'activité. Nous en retenons notamment les éléments méthodologiques ci-dessous pour analyser les pratiques effectives des enseignants :

- Des allers-retours entre différents niveaux : global, local et micro,
- Une mise en relation entre résultats découlant d'analyse a priori des tâches proposées aux élèves et des activités susceptibles d'être provoquées à ces occasions et ceux issus de l'analyse des déroulements effectifs. Cela nécessite de prendre en compte la nature des notions en jeu grâce à une étude épistémologique,
- L'élaboration et la prise en compte de déterminants relevant des cinq composantes de pratiques : cognitive, médiatique, personnelle, institutionnelle et sociale (Robert, Rogalski 2002),
- Une recherche d'organisateurs des pratiques (Robert, Masselot, 2002).

1.1.1. Les 5 composantes des pratiques

Deux composantes visent à déterminer les mathématiques proposées à la fréquentation des élèves. Il s'agit de :

- -La composante cognitive : nature des tâches proposées, scénarios proposés, place et rôle du professeur/des élèves dans la construction ou la mobilisation des connaissances, traitement des productions des élèves, contenus des institutionnalisations, etc.
- -La composante médiative : mise en œuvre des scénarios, gestion des interactions entre élèves, mode d'interrogation, gestes professionnels, gestion des aides proposées, etc.

Trois composantes permettent d'expliquer les raisons de ces choix :

- - La composante personnelle : cursus, expérience, représentations, etc.
- - La composante institutionnelle : contraintes et injonctions institutionnelles (programmes, etc.), contraintes ou ressources liées au réseau, à l'établissement, à l'équipe pédagogique, etc.
- - La composante sociale : poids des publics concernés (élèves, professeur, parents) du contexte social et culturel, etc.

1.1.2. D'autres apports

Ces recherches prennent aussi en compte des résultats de la didactique professionnelle. Ainsi, de Pastré, nous retenons la conception du fonctionnement des pratiques d'un professionnel qui mobilise deux systèmes de pensée : l'un lié à des savoirs académiques, l'autre lié à l'action. La formation doit permettre de mettre en synergie ces deux systèmes. La notion de genre (Clot, 1999) est mobilisée de manière métaphorique.

De la didactique des mathématiques, nous retenons les grands moments de l'activité du professeur décrits par les concepts de processus de dévolution et d'institutionnalisation, mais aussi le processus de régulation ainsi que des éléments pouvant aider à la détermination des tâches et des situations d'enseignement observées.

1.2. Deux recherches sur les pratiques des professeurs des écoles enseignants les mathématiques en éducation prioritaire

De l'analyse (« naturelle », sans interventions explicites de l'observateur) des pratiques de dix professeurs des écoles observés régulièrement pendant au moins deux années, nous retenons plusieurs résultats dans un but de formation.

Tout d'abord, l'existence de contradictions qui marquent profondément les pratiques de ces professeurs des écoles quand ils enseignent les mathématiques. Il s'agit notamment de la contradiction entre

- -Une logique de socialisation/logique d'apprentissage disciplinaire (considérée comme fondamentale),
- -Une logique de réussite à court terme/logique de réussite à moyen terme,
- - Individuel/collectif.

1.2.1. Une catégorisation des pratiques

Une catégorisation des pratiques : nous avons identifié un genre majoritaire de pratiques (9/10) se caractérisant notamment par une réduction des exigences, des tâches algorithmisées et décomposées en sous-tâches, peu ou pas d'institutionnalisation et une individualisation non contrôlée des pratiques. Il existe toutefois une alternative constituée d'un genre minoritaire (1/10) caractérisé par des scénarios proches de ceux favorisés en formation initiale : tâches consistantes, temps de recherche, synthèse des productions des élèves et institutionnalisation, etc.

1.2.2. Gestes et routines professionnels

L'existence d'une alternative viable s'explique notamment par l'existence de routines, ensembles organisés de gestes qui permettent à l'enseignant de mettre en œuvre au quotidien des choix didactiques.

Les routines et les gestes professionnels, liés au genre de pratiques, sont des schèmes permettant de réaliser des tâches professionnelles importantes et complexes pour les premières (prescrire des tâches et les conditions de réalisation de celles-ci, organiser une « mise en commun » des productions des élèves débouchant sur une institutionnalisation), plus restreintes pour les seconds mais s'inscrivant dans les tâches précédentes. Nous avons ainsi identifié au moins trois types de routines qui se différencient par la part prise par les contenus enseignés.

Routine de type 1 : ce sont des routines plutôt liées à l'installation et au respect d'attitudes de travail ou d'attitudes générales (vie, règles et normes de la classe) pouvant dépasser le cadre des seules mathématiques. Elles ont à voir avec le climat de la classe, le topos des élèves et du professeur. C'est le cas notamment de la manière dont les professeurs des écoles installent la paix scolaire (voir ci-dessous), négocient un contrat pédagogique, organisent la polyvalence sur un temps déterminé, gèrent une classe multiniveaux.

Routine de type 2 : il s'agit des routines plutôt liées à l'utilisation des documents ou supports pédagogiques, aux matériaux utilisés, aux « décors » mis en place à moyen terme. Leur fonction serait d'installer des habitudes de travail chez les élèves, un environnement, qui influent sur l'activité de l'enseignant comme le mode d'utilisation des ressources, d'affichage des savoirs (statut social des savoirs fréquentés).

Routine de type 3 : dans cette catégorie apparaissent des routines davantage liées à un enseignement de mathématiques. Elles sont révélatrices de la cohérence des pratiques et de la stratégie du professeur. Citons notamment les modes de gestion des phases de mises en commun, de synthèse et d'institutionnalisation ou de gestion du contrat didactique (dans un temps limité).

1.2.3. Une résistance à l'institutionnalisation

D'une autre recherche sur les pratiques des professeurs des écoles enseignants les mathématiques en éducation prioritaire ayant pour but l'accompagnement de dix autres professeurs des écoles pendant deux années, nous retenons l'idée d'une forte résistance des enseignants à l'institutionnalisation. En effet, si cet accompagnement a des effets positifs sur le processus de dévolution (qualité des tâches proposées, organisation et temps de recherche des élèves, explicitation par les élèves de leurs procédures et performances), les effets sont plus limités sur le processus d'institutionnalisation (déroulement d'un texte du savoir).

Les effets du dispositif d'accompagnement positifs mais limités nous a amenés à construire un modèle d'organisation des pratiques expliquant ces résultats.

1.3. Un modèle d'organisation des pratiques des professeurs des écoles (éducation prioritaire)

Nous avons identifié plusieurs niveaux d'organisation des pratiques constituant un feuilletage permettant de mieux expliquer les constats énoncés ci-dessus. Nous distinguons ainsi :

- - Un premier niveau d'organisation : les modes de réponses apportés par les enseignants à de grandes questions de la profession (pouvant être analysés comme des modes de gestion de contradictions) constituent des dimensions organisatrices des pratiques,
- - Un deuxième niveau (niveau global) : correspond aux grands choix didactiques et pédagogiques que nous avons analysés en termes de genre,
- - Un troisième niveau plus local est celui des routines professionnelles permettant de réaliser des tâches professionnelles complexes (dialectiquement lié au deuxième niveau),
- - Un quatrième niveau (micro) renvoie aux gestes professionnels liés à la réalisation de tâches professionnelles plus restreintes.

Détaillons le premier niveau. Nous avons identifié trois grandes questions de la profession : installer la paix scolaire, exercer une vigilance didactique et gérer conjointement les processus de dévolution et d'institutionnalisation. Les modes de réponses à ces questions (ou problèmes) de la profession nous semblent constituer des dimensions organisatrices des pratiques et en explique pour une part la cohérence. Notons que ces modes de réponses (comme les questions) sont liés.

1.3.1. Installer la paix scolaire

« Nous définissons la paix scolaire comme le couple ″paix sociale″ et ″adhésion au projet d'enseignement du professeur″. Cette notion qui a émergé dans le contexte ZEP (Zone d'Éducation Prioritaire) eut s'étendre aux classes ordinaires même si elle y apparaît moins sensible.

La paix sociale, premier élément du couple, se caractérise notamment par la mise en place de règles de fonctionnement de la classe acceptées par les élèves et indispensables à la relation didactique. (…) L'adhésion des élèves au projet d'enseignement du professeur se manifeste par un climat de confiance, voire de complicité entre les élèves et le professeur par un enrôlement rapide, sans trop de résistance, des élèves dans les tâches. Cette adhésion est globale mais se trouve réinitialisée au niveau local dans le quotidien de la classe.

Nous distinguons la paix scolaire de la paix sociale qui ne constitue qu'une partie de la première. En tant que didacticiens, l'obtention de la paix scolaire n'est pas pour nous une fin en soi mais un moyen. (…) L'installation de la paix scolaire est un problème particulièrement crucial pour les enseignants débutants en REP (Réseau d'Éducation Prioritaire) et les différents modes d'installation sont conditionnés et conditionnent les apprentissages mathématiques. (…) »

1.3.2. Exercer une vigilance didactique

Pézard (2010) définit ainsi l'exercice de la vigilance didactique

« Prenant en compte le fait que le travail de l'enseignant comporte au moins deux éléments principaux largement dépendants : préparer sa classe et gérer les déroulements en classe, l'exercice de la vigilance didactique a été défini comme une sorte d'ajustement didactique permanent de la part du professeur faisant appel aux composantes cognitive et médiative des pratiques et s'exerçant dans les trois niveaux : global, local et micro. »

Exercer une certaine vigilance didactique met en jeu des connaissances mathématiques et didactiques nécessaires pour enseigner et les liens qu'entretiennent ces connaissances. Les connaissances mathématiques du professeur ne sont pas seulement académiques, elles sont devenues ou deviendront finalisées pour une part pour l'enseignement. Les connaissances didactiques contribuent à une bonne perception des enjeux d'apprentissage des situations et de leur organisation. Elles peuvent être de plusieurs types :

- - Des résultats ou faits didactiques mis en évidence par la recherche et qui ne sont plus contestés,
- - Des sortes de « petits théorèmes de didactique » par exemple les incidences de conceptions erronées des nombres décimaux sur la mise en ordre de tels nombres,
- - Des outils permettant de lire le réel, issus de la didactique des mathématiques, mais transformés en vue de l'action d'enseigner (analyse a priori, identification du savoir et de son(es) texte(s), repérage et analyse en actes des productions des élèves, gestion des variables, etc.).

1.3.3. La gestion conjointe des processus de dévolution et d'institutionnalisation

Ce sont des processus liés. Ils appellent des postures différentes, voire contradictoires : une posture de retrait apparent du professeur lors la dévolution, une posture opposée (l'enseignant reprend la main) pour l'institutionnalisation. Notons que l'enseignant est amené à effectuer des changements de postures importants et souvent rapides finalement peu étudiés par la recherche et souvent négligés en formation.

Un modèle à adapter au contexte : en fait cela revient à décliner ce modèle selon les composantes sociales et institutionnelles (nature du public élèves, contexte social et culturel, degré d'expertise du professeur, conditions d'exercice, etc.). Donnons quelques exemples.

Dans le cas de l'éducation spécialisée et d'un enseignement de mathématiques à élèves en situation de handicap, les réponses à certaines questions ont moins d'effet sur les pratiques. C'est ainsi le ces de l'installation de la paix de scolaire. La gestion des processus de dévolution et d'institutionnalisation se pose de manière différente notamment parce que l'institutionnalisation y est plus cruciale. Par contre, nous avons identifié une nouvelle question jouant un rôle fondamental : celle de la gestion conjointement itinéraires collectifs et d'itinéraires individuels (prenant en compte les cheminements des élèves).

Dans le cas de professeurs novices en formation initiale notamment, la question de leur construction ou de leur appropriation des gestes et des routines est problématique alors que pour des professeurs en exercice, ils sont pour une part importante stabilisées ou vont le devenir rapidement. C'est le cas de la prescription de la tâche aux élèves et des modalités de réalisation de celle-ci, de la prise d'informations sur les productions des élèves renseignant pour une part le niveau de conceptualisation, etc.

Dans le cas d'un enseignement dans d'autres contextes sociaux et culturels (autres que celui de la France, voire de l'Europe, des États-Unis, etc.), la question de l'installation de la paix scolaire est souvent moins problématique, car l'enseignant peut s'appuyer sur un plus grand respect des ainés et des anciens (Afrique subsaharienne) ou sur une culture influencée par le confucianisme (Asie).

Il en est de même de la question des ressources auxquelles ont accès les enseignants ou de la place du collectif dans l'enseignement. Ce dernier peut être plus important notamment pour des raisons d'effectifs.

1.4. Principaux résultats sur la formation des enseignants

Les recherches menées dans le cadre du Laboratoire de Didactique André Revuz – Équipe de didactique des mathématiques (LDAR -DIDIREM) sur les pratiques enseignantes qui s'inscrivent dans la cadre de la double approche ont comporté une part importante de recherches sur la formation. Citons notamment :

- - 1986 : la thèse de Monique Pézard (élèves-instituteurs, proportionnalité),
- - 1994-95 : Les trois thèses de A. Kuzniak, C. Houdement et M.L. Peltier sur la formation initiale des professeurs des écoles (PE),
- - 2000 : La thèse de D. Vergnes sur la formation continue des PE,
- - 2001 : La thèse de P. Masselot sur les PE débutants et les effets de la formation,
- - Des travaux de type rationnalisation de pratiques de formateurs à partir d'un point de vue de chercheur : Habilitation à Diriger les Recherches (HDR) de D. Butlen (2004), une vidéo dans la classe (A. Robert),
- - 2007 : la thèse de C. Mangiante sur la genèse des pratiques des professeurs des écoles,
- - 2008 : l'HDR de Brigitte Grugeon.

Nous retenons de ces travaux plusieurs résultats pour penser des principes de formation.

1.4.1. Les stratégies de formation

Les travaux de Kuzniak, Houdement, Peltier, Butlen, mettent en évidence cinq grandes stratégies de formation mise en œuvre par les formateurs de professeurs des écoles :

- - La stratégie de monstration : modèle de séance et de pratique mis en œuvre par un enseignant expert que nous interrogeons en formation,
- - La stratégie d'homologie : basée sur des situations (problèmes posés aux enseignants en formation) permettant de questionner leurs connaissances mais aussi d'initialiser une réflexion sur le type de situations à proposer aux élèves et leurs enjeux,
- - La stratégie de transposition : il s'agit de donner une grille de lecture des ressources et de la classe s'appuyant sur des concepts et des résultats de recherche en didactique des mathématiques comme l'analyse a priori, les variables d'une situation, des repères permettant d'identifier les types de taches, la part prise par l'élève dans la construction ou la mobilisation des connaissances, les itinéraires cognitifs (difficultés, obstacles, conceptions), des outils issus de la recherche pour proposer des aides efficaces, etc. Les savoirs didactiques élaborés par la recherche et pour la recherche sont repensés, transposés en vue de mieux outiller les enseignants. Notons qu'un travail de dénomination et d'identification permettant de caractériser cette transposition reste à faire (didactique outil, didactique professionnelle pour l'enseignant, etc.),
- - La stratégie de compagnonnage basée sur des observations de pratiques effectives et des entretiens entre formés et formateurs qui peuvent avoir un caractère duel ou plus collectif,
- - La stratégie de retour réflexif sur les pratiques est basée sur des observations de pratiques effectives s'appuyant sur des outils audiovisuels.

1.4.2. Savoirs des enseignants et savoirs de formation

Nous reprenons les classifications issues de recherches en didactique françaises mais aussi anglo-saxonnes dans ce domaine afin de préciser les savoirs de formation. Houdement et Kuzniak (1996) retiennent dans un premier temps trois types de savoirs mobilisés par les enseignants pour enseigner les mathématiques, ainsi repris par Houdement (2013) :

- « Le savoir mathématique correspond aux mathématiques nécessaires à l'enseignant pour préparer, réguler et évaluer sa séance et ses élèves. »
- « Le savoir didactique est, par définition, nourri par les recherches en didactique sur les mathématiques du primaire. »

Elle précise que ces savoirs doivent avoir été transposés afin de les rendre accessibles aux enseignants et devenir des « savoirs utiles ».

> « Le savoir pédagogique (…) se caractérise par son oscillation entre deux pôles, l'un théorique (…) par exemple le fait que les conceptions constructivistes de l'apprentissage prennent le pas sur les conceptions behavioristes, l'autre proche du sens commun et de la pratique (…). Le corpus de référence est constitué par un ensemble particulièrement hétérogène de traités empruntant à diverses disciplines, de livres du maître et de fichiers d'élèves. »

Houdement (2013) met en relation cette classification avec les savoirs des enseignants identifiés par Shulman (1986,1987), Ball & Bass (2002) et Portugais (1995). Houdement décrit le savoir pédagogique comme « un savoir d'expérience ».

Houdement rapproche la notion de « pedagogical content knowledge » et le feuilletage qui en fait par Ball et al du savoir mathématique pour enseigner. Soulignant que ce dernier est défini comme « that is special amalgamand pedogogy that uniquely is the provice of teachers, their own special form of professional understanding ». De même, elle rapproche les savoirs didactiques du « Knowledge of content studient » et du « Knowledge of content and teaching ».

Les savoirs pédagogiques, qui ne font pas partie des savoirs évoqués par Shulman et Ball, sont rapprochés des notions de routines et de gestes évoqués ci-dessus, mais surtout de la distinction faite par Altet (1994) entre ce qui relève du didactique et du pédagogique.

Nous retenons de ces travaux que si une formation en mathématiques des professeurs des écoles a pour objet principal le développement des savoirs mathématiques et didactiques évoqués ci-dessus, elle doit prendre en charge le lien avec les autres types de savoirs.

Enfin, la thèse de P. Masselot (2000) aborde la question des effets d'une formation initiale sur les pratiques des PE débutants enseignant les mathématiques et montre la nécessité d'entrer en résonnance avec les représentations et attentes des formés. La thèse de D. Vergnes (2000) vient confirmer ce résultat à propos de la formation continue

2. Des principes pour penser une formation d'enseignants

Nous énonçons ci-dessous des grands principes à prendre en compte pour penser une formation. Nous renvoyons le lecteur aux éléments de bibliographie pour des compléments d'informations.

2.1. Déterminer et partir des grandes questions de la profession en les liant aux contraintes et conditions d'enseignement

Il s'agit pour le formateur de penser et de construire le dispositif de formation en essayant de proposer des réponses aux grandes questions d'enseignement spécifiques de chaque public. Ces questions peuvent, au moins en partie, être explicitées par les formés. Toutefois, elles peuvent nécessiter un traitement, une reformulation prenant en compte les résultats de recherche de la part du formateur.

Le but est d'entrer en résonnance avec les conceptions en germe, potentielles ou installées des formés, mais aussi de proposer des alternatives raisonnables permettant d'améliorer les apprentissages des élèves

2.2. Prendre en compte les différentes sources potentielles de développement

Dans ses travaux, Mangiante (2012) a étudié, afin de les mettre en relation, les pratiques de futurs professeurs des écoles en formation et leurs pratiques effectives au cours de leurs premières années d'exercice. Elle a montré que le développement professionnel de ces enseignants dépendait principalement de trois sources différentes : les diverses ressources mises à leur disposition, l'activité des élèves et ce qu'elle peut engager comme questionnement pour le professeur, ainsi que la conception que le professeur se fait de son activité et l'évolution de cette conception. Ces travaux ont montré que l'enseignant novice privilégiait l'une de ces sources et que cela devenait le principal axe de son développement professionnel ultérieur. Sans remettre complètement en question ce choix personnel du professeur des écoles, une formation peut contribuer à diversifier les recours à ces sources. À partir d'exemples viables, il s'agit de l'amener à percevoir comment les différentes sources de développement enrichissent sa réflexion, lui permettent d'envisager d'autres points de vue, de mieux prendre en compte la complexité de son travail et là encore d'accroître ses marges de manœuvre.)

2.3. Prendre en compte l’organisation des pratiques

Nous faisons l’hypothèse qu’une prise en compte, dans la formation, des différents niveaux d’organisation : gestes, routines, stratégies et genre, en accroitra les effets.

Notamment, une attention spécifique sur le fonctionnement des routines existantes (formation continue) ou en cours de constitution (formation initiale) constitue un levier efficace pour intervenir sur les pratiques des professeurs des écoles.

Les routines déterminent et sont déterminées par le genre. Une intervention à ce niveau permet d’interroger le genre, mais reste suffisamment local pour limiter la prise de risque et éviter un rejet de l’alternative proposée

2.4. Diversifier les contenus et modalités de formation

Il s’agit de développer une formation holistique intervenant sur les différents niveaux d’organisation des pratiques enseignantes en s’appuyant sur une diversité de stratégies, de situations de formation et visant un enrichissement des savoirs des enseignants.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALTET, M. (1994). La formation professionnelle des enseignants. Paris : PUF.

BALL, D.L., BASS, H. (2002).Toward a Practise Based Theory of Mathematical Knowledge for Teaching. In E.Simmt & B.Davis (eds) CMESG/GCEDM Proceedings 2002 (pp.3-14).

BROUSSEAU, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques, Recherches en didactique des mathématiques, 7.2, Grenoble, La Pensée sauvage.

CHARLES-PÉZARD, M. (2010). Installer la paix scolaire, exercer une vigilance didactique. Recherches en didactique des mathématiques 30 (2), La Pensée Sauvage, Grenoble.

CLOT Y. (1999), La fonction psychologique du travail, Paris, PUF.

HOUDEMENT, C. (2013). Au milieu du gué : entre formation des enseignants et recherche en didactique des mathématiques. Note pour l'Habilitation à Diriger des Recherches. Université Paris Diderot.

HOUDEMENT C., KUZNIAK, A. (1996) Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques, Recherches en didactique des mathématiques 16 (3), La Pensée Sauvage, Grenoble.

KUZNIAK, A. (1994). Étude des stratégies de formation en mathématiques utilisées par les maîtres du premier degré, doctorat de l’université Paris-Diderot, Paris.

MANGIANTE-ORSOLA, C. (2012). Une étude de la cohérence en germe dans les pratiques de professeurs des écoles en formation initiale puis débutants, Recherches en didactique des mathématiques 32 (3), La Pensée Sauvage, Grenoble.

PELTIER, M.-L. (Ed) (2004). Dur, dur, dur d’enseigner en ZEP, Grenoble, La Pensée Sauvage.

PÉZARD, M. (1985). Une Expérience d'enseignement de la proportionnalité aux élèves instituteurs / thèse de troisième cycle de l’université de Paris 7, IREM de Paris 7, Université Paris 7.

ROBERT, A. (2005). De recherches sur les pratiques aux formations d'enseignants de mathématiques du second degré : un point de vue didactique, Annales de didactique et de sciences cognitives, 10, 209-249.

ROBERT, A., ROGALSKI, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche, la revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies, 2(4), Toronto, 505-528.

SHULMAN, LEE S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. Educational Researcher, 15 (2),4–14.

SHULMAN, LEE S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. Harvard Educational Review, 57 (1),1–22.

VERGNES, D. (2001). Effets d'un stage de formation en géométrie sur les pratiques d'enseignements d'école primaire. Recherches en didactique des mathématiques 21/1 (2), La Pensée Sauvage, Grenoble

APERÇU DE L'HISTOIRE DE LA DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES FRANCOPHONE

Jean-Luc DORIER
Équipe DiMaGe – Université de Genève

RÉSUMÉ

Ce texte présente l'origine et la constitution du champ de recherche qui a le nom de didactique des mathématiques. Ce champ se constitue en France, et plus largement dans le monde francophone, avec des contacts en Espagne et en Italie au début de 1970 autour des deux théories fondatrices: celle des situations didactiques de Guy Brousseau et celle des champs conceptuels de Gérard Vergnaud. Nous montrons qu'en 40 ans la didactique des mathématiques francophone s'est très largement développée. Non seulement elle a élargi ses objets d'étude, mais elle a aussi étendu son champ théorique et s'est fait une place particulière dans le champ des sciences de l'éducation, sans pour autant renier son attachement aux mathématiques.

INTRODUCTION

Les problèmes posés par l'enseignement des mathématiques ont depuis longtemps intéressé les mathématiciens à l'échelle internationale. Ainsi, en 1908, lors du 4e *Congrès International des Mathématiciens* à Rome, la *Commission International pour l'Enseignement des Mathématiques* (CIEM)[2], regroupant 19 pays a été instituée sous la présidence du mathématicien allemand Felix Klein. L'histoire de cette commission, mise en sommeil entre les deux guerres, montre qu'à l'échelle internationale, depuis plus d'un siècle, des questions relatives à l'enseignement des mathématiques, mais aussi à la formation des enseignants se sont posées au sein de la communauté mathématique (Coray et al. 2003 ; Menghini et al. 2008). En particulier, à partir des années 50, cette commission a joué un rôle important, avec un remarquable consensus international, dans ce qui va déboucher dans la fin des années 60 sur la réforme des mathématiques modernes. Cette réforme, qui a bouleversé l'enseignement des mathématiques à l'échelle planétaire, et son échec rapide ont joué un rôle important dans la dynamique qui va voir émerger à l'échelle internationale un champ académique de « mathematics education » de plus en plus autonome des mathématiciens (Kilpatrick et Dorier 2008). En 1969 a ainsi lieu à Lyon le premier International Congress on Mathematics Education (ICME), ceux-ci ont lieu depuis au rythme de tous les 4 ans. En 1986, la CIEM lance aussi les études qui visent, au rythme d'une tous les ans, à produire, par l'intermédiaire d'un congrès sur invitation, un ouvrage de référence sur un thème d'éducation mathématique. La CIEM est aussi à l'origine de la création du groupe Psychology of Mathematics Education (PME), en 1976 lors du congrès ICME3 à Karlsruhe. Ce groupe organise un congrès international annuel.

1. Les origines et les structures

Dès le départ, la communauté francophone a joué un rôle important dans les instances internationales concernant l'éducation mathématique. Elle a ainsi donné quatre présidents de la CIEM : Jacques Hadamard (1932–1939), André Lichnérovicz[3] (1963–1966), Jean-Pierre

[2] La CIEM est actuellement plus connue sous son acronyme anglais ICMI : *International Commission for Mathematical Instruction* voir https://www.mathunion.org/icmi.
[3] Il fut également en France le président de la commission qui porte son nom et qui eut pour mission de mettre en place la réforme des mathématiques modernes.

Kahane (1983–1990) et enfin Michèle Artigue (2006–2010). De plus, le bureau exécutif de la CIEM comprend régulièrement des francophones. Gérard Vergnaud a joué un rôle central dans la création du groupe *Psychology of Mathematics Education* (PME) ; en 1976, il est significatif également que le premier congrès ICME ait eu lieu en France. La *Commission Internationale pour l'Étude et l'Amélioration de l'Enseignement des Mathématiques* (CIEAEM) créée en 1950 est aussi une initiative dans laquelle nous trouvons de nombreux fondateurs francophones tels que Gustave Choquet (qui, bien qu'il n'ait jamais appartenu au groupe Bourbaki, a beaucoup œuvré dans la réforme des mathématiques modernes) et Jean Piaget (Felix, 1985). En Suisse romande, certaines recherches, en s'appuyant sur les travaux piagétiens, se sont attelées, dès la fin des années 1960 (Morf, Grize et Pauli, 1969), à l'étude scientifique des conditions de possibilité de la transmission des savoirs mathématiques (Morf, 1972).

Comme nous l'avons déjà expliqué (Dorier, 2012), la CIEM a joué un rôle important dans la réforme des mathématiques modernes. Cette réforme s'appuie à la fois sur un contexte socioéconomique favorable (besoin de main d'œuvre scientifique et technique qualifiée, aspiration à une démocratisation de l'éducation, etc.), sur une rénovation des mathématiques savantes (Bourbaki) et sur de nouveaux champs de la psychologie comme l'épistémologie génétique de Jean Piaget. Elle vise donc non seulement à enseigner un nouveau contenu, mais aussi à promouvoir de nouvelles méthodes dans une visée de démocratisation. André Lichnérowicz, président de la CIEM de 1964 à 1966, écrit dans l'introduction du rapport de la commission qu'il a présidée pour la mise en place de la réforme en France :

> Pour se sentir citoyen de plein droit de la société des humains, un homme de la seconde moitié du XXe siècle doit savoir se localiser dans l'espace et le temps, doit pouvoir communiquer avec des communautés étrangères à la sienne, mais il doit surtout percevoir quelques-unes des méthodes de pensée et d'action qui constituent le savoir-faire qu'est notre science et notre technique. La mathématique joue là un rôle privilégié pour l'intelligence de ce que nous nommons le réel, réel physique comme réel social. (Cité par Gispert, 2002, p. 160)

Nous voyons donc que la réflexion ne porte plus seulement sur des changements de contenus des mathématiques enseignées, une idée que Hans Freudenthal (président de CIEM de 1967 à 1970) exprimait déjà en 1963 :

> Depuis son origine au début de ce siècle, la CIEM s'est principalement occupée de l'organisation de l'enseignement mathématique dans les différents pays, y compris les programmes d'études et d'examens, actuels ou désirables. L'histoire a démontré la stérilité des problèmes d'organisation pure. (Freudenthal, 1963, p. 29)

Celui-ci met bien en avant la question de l'évolution sociale de l'éducation mathématique et réclame une approche plus didactique, en référence aux nouvelles recherches dans le champ de la psychologie :

> Les implications sociales de l'enseignement ont beaucoup changé pendant les dernières dizaines d'années. De plus en plus la tâche éducative se déplace ; du transfert d'acquisitions culturelles à l'initiation aux activités culturelles. (…) Les psychologies pédagogiques savent montrer pourquoi l'assimilation de nouveaux sujets est plus profonde et plus durable, si elle est de caractère réinventif. (Ibid., p. 31)

De fait, la réforme des mathématiques modernes, et peut-être plus encore son échec rapide, ont joué un rôle important dans la dynamique qui va voir émerger à l'échelle internationale, un champ académique de « mathematics education » de plus en plus autonome des mathématiciens (Kilpatrick, 2008 ; Dorier, 2008).

Si la réforme des mathématiques modernes a eu une vocation internationale (avec des variantes, en particulier dans les pays du bloc soviétique), les réflexions sur sa mise en place et, plus encore, sur le bilan de son échec ont toutefois donné lieu à des distinctions fortes d'ordre national, conduisant à l'échelle de pays ou de communautés linguistiques et culturelles à des structurations distinctes de la recherche en éducation mathématique. Ainsi, en France, et plus largement dans le monde francophone, avec des contacts en Espagne et en Italie, un champ de recherche qui prend le nom de *didactique des mathématiques* se constitue au début des années 1970 autour de deux théories fondatrices : celle des *situations didactiques* de Guy Brousseau (1972 et 1986 pour des textes fondateurs et 1998 pour une compilation d'articles) et celle des champs conceptuels de Gérard Vergnaud (1981 et 1991). Toutefois, avant d'en venir à la présentation de ces deux théories et du rôle central qu'elles ont joué dans la création du champ de recherche qui nous occupe, il faut rappeler ici quelques faits importants qui ont précédé ou ont été concomitants de l'avènement de ce champ de recherche. Ainsi, en 1969, se mettent en place les quatre premiers *Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques* (IREM) à Bordeaux, Lyon, Paris et Strasbourg, bientôt suivies par les autres académies. Par ailleurs, en 1970, *l'Institut Pédagogique National*[4] devient l'*Institut National de Recherche et de Documentation Pédagogique* (INRDP) qui se scindera en 1976 en l'*Institut National de la Recherche Pédagogique* (INRP) et en *Centre National de la Documentation Pédagogique* (CNDP), pour finalement donner en 2012 l'actuel *Institut Français de l'Education* (IFÉ). Ces lieux, qui regroupent des enseignants de la maternelle à l'université, ainsi que *l'Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public* (l'APMEP créée en 1910) vont jouer un rôle important tant pour la formation des enseignants aux mathématiques modernes que pour le développement des premières recherches de terrain que nous qualifierions aujourd'hui de recherches actions. Dans ces lieux, les mathématiciens concernés par des questions éducatives s'intéressent à des recherches venues des champs de la psychologie, en particulier les travaux de Piaget, dont nous connaissons les relations en particulier avec Jean Dieudonné et d'autres membres du groupe Bourbaki. De plus, la nécessité de mettre en place des cadres théoriques propres se fait sentir. Dans ce mouvement, il serait trop long de faire une liste exhaustive des précurseurs. Citons toutefois à Strasbourg le travail de Georges Glaeser, qui a su impulser une dynamique qui a longtemps animé l'IREM de Strasbourg et au-delà (Reigner et Perrier, 2002). À Paris, André Revuz a aussi joué un rôle essentiel suscitant de nombreuses vocations et créant les conditions universitaires d'une recherche académique (Colmez et al., 2010), comme dans une moindre mesure Jean Kuntzmann à Grenoble.

2. Des théories constitutives du champ de recherche

C'est dans ce contexte que les théories de Brousseau et de Vergnaud ont vu le jour et ont permis l'émergence d'un champ de recherche autonome des mathématiques et de la psychologie, bien que les liens avec ces deux disciplines aient toujours été source de questionnement et d'enrichissement. Les théories sont importantes dans le développement d'un champ scientifique, pour au moins deux raisons fondamentales. D'une part, parce qu'elles permettent des travaux plus unifiés. Ainsi, les idées de différents travaux de recherche sont partagées par une communauté de chercheurs qui ne travaillent pas individuellement de façon isolée, ce qui permet une cohésion, des échanges, des rapprochements. D'autre part, les concepts d'une théorie sont organisés entre eux, les

[4] L'IPN avait été créé en 1956, suite de l'éphémère Centre National de Documentation Pédagogique créé en 1954, lui-même issu de la transformation du Musée de la Pédagogie qui datait de 1878!

chercheurs peuvent ainsi mettre en lien des phénomènes qu'ils observent avec une portée qui dépasse le seul cadre de leurs observations. Les théories de Brousseau et Vergnaud se sont constituées en parallèle, mais ont toujours entretenu des liens forts et se veulent complémentaires. Si la théorie des situations didactiques (TSD) se revendique plutôt des mathématiques et celle des champs conceptuels plutôt de l'épistémologie génétique, toutes deux partagent des caractéristiques fondamentales qui fondent certaines particularités essentielles de la didactique des mathématiques francophone. Elles se placent tout d'abord en rupture avec l'application et l'innovation qui prévalaient dans les premiers temps de la réforme des mathématiques modernes (Artigue et Douady, 1986 ; Margolinas, 2005a). En ce sens, elles visent à mettre en place une théorisation, qui se situe au niveau de la recherche fondamentale, dans une interaction dialectique constante avec l'expérimentation. Ainsi, les expérimentations en didactique des mathématiques ne sont pas le moyen de tester directement la réussite des élèves (comme nous le ferions classiquement dans une comparaison avec un groupe témoin), mais bien de mettre à l'épreuve les modélisations théoriques tout autant qu'en être la source d'inspiration. C'est une des particularités de la didactique des mathématiques francophone que de mettre en place une validation interne de la théorie qui, dans le cas de la TSD, s'appuie sur la confrontation entre analyse a priori et analyse a posteriori. Dans ce sens, le dispositif exceptionnel du *Centre pour l'Observation et la Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques* (COREM) mis en place en collaboration avec l'IREM de Bordeaux à l'école Michelet est fondamental dans le processus de théorisation que Brousseau a accompli. Une autre caractéristique commune des deux théories concerne la distinction et la mise en rapport qu'elles proposent entre *connaissance* (développée par un individu, souvent un élève) et *savoir* (avéré et reconnu par une institution) (Rouchier 1996 et Conne, 1992). C'est en particulier dans cette mise en rapport subtile que se nouent les relations entre la didactique des mathématiques et l'épistémologie[5] (Dorier, 2000).

Pour une présentation succincte des deux théories, nous renvoyons à Margolinas (2005a) qui en montre à la fois les parentés dans les fondements et les différences dans les théorisations en jeu. Par ailleurs, ces deux théories créées dans le champ de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques ont produit des concepts qui ont migré dans d'autres didactiques et même au-delà dans les sciences de l'éducation.

À ses débuts, la TSD s'intéresse aux conditions de la production de connaissances significatives d'un savoir identifié. Il s'agit de mettre en évidence les éléments nécessaires (non factuels) qui fondent la raison d'une connaissance à travers la recherche de situations fondamentales (c'est-à-dire des situations proposant des tâches aux élèves pour lesquelles il est nécessaire de construire des connaissances liées au savoir visé pour les résoudre, voir glossaire). La réalisation et l'analyse d'ingénieries didactiques (Brousseau 1981 ; Artigue 1988) est avant tout un moyen d'éprouver la théorie par la mise en place de situations d'enseignement dans des classes, et s'oppose ainsi à l'idée d'innovation. La question de leur reproductibilité à plus grande échelle dans l'enseignement scolaire ne se posait pas à l'origine[6], le dispositif du COREM restait le laboratoire au sein duquel elles prenaient sens. C'est dans ce cadre que se mettent en place les concepts centraux de situation adidactique (une situation associée à un enjeu mathématique véritable, et donc pour laquelle l'objectif d'enseignement peut être au moins temporairement oublié par les élèves), de dévolution (le

[5] Rappelons que Brousseau et Vergnaud ont envisagé un temps de dénommer le champ de recherche « épistémologie expérimentale » plutôt que « didactique des mathématiques ».
[6] On se reportera ici aux actes de la 15e école d'été de didactique des mathématiques qui a eu lieu en août 2009 et entièrement consacrée au thème de l'ingénierie didactique, particulièrement au cours de Annie Bessot (Margolinas et al., 2011, p. 29-56).

fait que les élèves se saisissent de cet enjeu), de milieu ou de contrat qui permettent une modélisation de l'activité de classe. Vergnaud s'intéresse au rapport entre psychologie et didactique et à la « question des contenus d'enseignement à l'intérieur d'une psychologie du développement cognitif » (Brun, 1994, p.71). La théorie des champs conceptuels, outre le fait qu'elle place les processus cognitifs, les schèmes (et plus tard les activités) de l'élève au centre, adopte d'emblée une analyse à un grain plus gros que celui de la TSD qui reste essentiellement au niveau micro de l'analyse d'une situation à l'échelle de la classe.

À partir des années 80, ces deux théories fondatrices vont s'enrichir d'une nouvelle façon de penser les questions d'enseignement et d'apprentissage avec ce qui deviendra la *Théorie Anthropologique du Didactique* (TAD) d'Yves Chevallard (1985, 1992, 1997, 2002a et b). C'est d'abord avec la *transposition didactique* que Chevallard (1985) apporte sa contribution. Ce concept est, sans doute avec celui de contrat didactique, l'un des plus utilisés à l'extérieur de la didactique des mathématiques, peut-être aussi l'un des plus galvaudés. Il apporte un point de vue original par rapport à la TSD en élargissant le champ d'intervention de la didactique des mathématiques à l'environnement extérieur au seul système didactique de la classe. L'étude de la transposition didactique consiste en effet à analyser les conditions qui permettent à des éléments du savoir savant (c'est-à-dire reconnu par une communauté scientifique productrice de ce savoir) d'être apprêtés (au sein d'un groupe de spécialistes, par exemple en France l'inspection générale) pour devenir des candidats au savoir à enseigner, lui-même ensuite « mis en texte » au sein du système didactique (le professeur et sa classe, et plus globalement l'École en tant qu'institution) pour devenir du savoir enseigné. Dans un texte fondateur, Chevallard délimite ainsi ce qui le distingue de Brousseau :

> [La théorie des situations] tend à privilégier le point de vue de l'économie et à laisser un peu en retrait le point de vue de l'écologie des systèmes. Ou, pour le dire plus concrètement, elle tend à se centrer sur le fonctionnement de la machine, en laissant un peu de côté l'étude des conditions de possibilité de ce fonctionnement. […] je suis, quant à moi, davantage fasciné par l'étude des conditions de possibilité de leur fonctionnement tout court – bon ou moins bon. (Chevallard 1992, p.103)

Les théorisations successives de Chevallard vont ensuite envisager tour à tour, dans une perspective qui s'affichera comme anthropologique, les rapports des individus dans des institutions aux objets de savoir, les conditions écologiques de vie des éléments de savoir dans des institutions données, la modélisation de l'activité mathématique. La TAD propose de modéliser cette activité, dans une institution donnée, par des types de tâches, des techniques permettant de les accomplir, des discours explicatifs de la technique appelés technologies et des théories fondant elles-mêmes les technologies. L'entreprise théorique dépasse alors le seul champ de la didactique des mathématiques, mais l'appui épistémologique reste toutefois très centré sur les mathématiques (dans ce sens les évolutions plus récentes comme les parcours et activités d'étude et de recherche replacent au centre des préoccupations la question des raisons d'être du savoir, ouvrant vers une relecture du concept de situation fondamentale de la TSD). D'ailleurs, même si ce n'est pas la partie la plus connue du travail de Chevallard, celui-ci s'appuie sur une pratique constante d'expérimentation et d'observation de terrain. Dans ce sens, il est conforme à une tradition forte en didactique des mathématiques francophone qui, tout en se plaçant en rupture face aux pratiques de l'innovation, met au cœur de ses préoccupations le rapport de la théorisation à l'expérimentation qui en éprouve les construits.

Nous pouvons citer ici Joshua s'interrogeant sur la nature de ce que peut être un résultat en didactique :

Un résultat en didactique est un bloc composé d'un cadre théorique explicite et de données empiriques. […] À l'intérieur de ce bloc, il est nécessaire que le résultat résiste, qu'il soit stable. […] En conséquence, la marque principale d'un résultat en didactique, c'est de renforcer le paradigme où il s'abrite. […] Finalement la marque essentielle d'un résultat, c'est sa capacité à produire de nouveaux résultats. » (Joshua, 1996, p. 214–215)

Cette vision semble bien caractériser la didactique des mathématiques francophone, au moins les trois théories principales que nous avons abordées.

3. Évolution des thèmes et développements théoriques

Ce rapide tour d'horizon ne donne bien sûr qu'une vision très parcellaire de l'évolution de la didactique des mathématiques des années 70 aux années 90. S'il est vrai que les trois théories que nous avons rapidement évoquées en constituent les principaux piliers, cette vision ne rend pas compte de l'ampleur des travaux réalisés dans ce champ qui portent sur l'enseignement et l'apprentissage de nombreux contenus mathématiques étudiés à l'école primaire, au collège, au lycée ou dans les premières années d'études supérieures. Il suffit d'examiner les articles parus dans la revue scientifique *Recherches en Didactique des Mathématiques* qui a publié depuis 1980 une dizaine d'articles de référence par an, les actes des écoles d'été qui ont lieu depuis la même période tous les deux ans, les revues *Grand N* et *Petit x* (respectivement à destination des enseignants du primaire et du secondaire), les actes des séminaires nationaux ou de divers laboratoires, les nombreuses publications des IREM, les thèses, etc. Au début, les recherches ont surtout porté sur le niveau de l'enseignement primaire, avec des travaux d'ingénierie fondateurs[7] sur le numérique, la proportionnalité, la mesure, les aires et la géométrie, mais rapidement ils ont aussi porté sur l'enseignement secondaire et l'enseignement supérieur, ou encore sur l'enseignement professionnel. Si la plupart de ces travaux se réclament explicitement de l'une ou l'autre des trois théories précédentes, plusieurs faisant d'ailleurs le pont entre elles, l'usage qu'ils en proposent est plus ou moins lâche. Par ailleurs, d'autres contributions théoriques ont rapidement été proposées, comme des points d'appui complémentaires. Nous pouvons ici citer les jeux de cadres et la dialectique outil/objet de Régine Douady (1986) qui se fonde sur une observation très fine de la pratique des mathématiciens. La notion de registres de représentation sémiotique de Raymond Duval (1996), issue du champ de la linguistique, place la question de la représentation des objets mathématiques au cœur des phénomènes cognitifs. De nombreux travaux se sont par ailleurs intéressés à la question de la démonstration (avec les notions proches d'argumentation et de preuve) et à celle de la pratique de résolution de problème et d'entrée dans la démarche scientifique. Il serait trop long d'en faire ici l'inventaire[8], mais ces travaux qui ne forment pas un tout uniforme ont conduit à enrichir les outils théoriques de la didactique des mathématiques. Dans le champ de l'analyse statistique des données, plusieurs recherches ont contribué à la réflexion sur les questions de méthodologie. L'un des plus innovants qui s'est développé au sein même de la didactique des mathématiques est celui de l'analyse implicative de Régis Gras (2009[9]). Dans un tout autre domaine, une collaboration originale a réuni didacticiens des mathématiques et psychologues autour de la notion d'espace, en particulier en lien avec les enseignements professionnels et les milieux professionnels des métiers du bâtiment et de la mécanique (Bessot et Vérillon 1993). Dans les

[7] Il serait trop long de donner ici des références.

[8] On citera un des travaux pionnier de Balacheff (1982), qui a par ailleurs été à l'origine d'une recension sur le net de travaux internationaux sur le domaine dans la lettre de la preuve, encore en vigueur aujourd'hui : http://www.lettredelapreuve.it/.

[9] Nous donnons ici une référence récente, mais les premiers travaux remontent à la fin des années 80.

années 80, avec les développements de l'informatique et les tentatives d'instituer des enseignements de cette discipline dès le lycée, quelques tentatives ont été faites pour développer une didactique de l'informatique (essentiellement à Grenoble et Montpellier). Dans les années 90, les développements des calculatrices et des micro-ordinateurs ont conduit à se centrer sur l'usage des outils informatiques (maintenant TICE) dans les enseignements de mathématiques. Le développement d'outils informatiques propres à l'enseignement des mathématiques (Logo, Cabri-géomètre, Maple, etc.) ont conduit à des théorisations autour du concept de micromonde, comme un élément central du milieu didactique. Par exemple, l'équipe grenobloise autour de Colette et Jean-Marie Laborde, développant l'outil Cabri-géomètre en lien direct avec les études didactiques (dans le paradigme de la TSD), a joué un rôle théorique important dans les années 80-90 (Capponi et Laborde 1994, pour un texte fondateur). L'intelligence artificielle, bientôt supplantée par les *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humains* (EIAH) a aussi donné naissance à un courant important de travaux spécifiques en didactique des mathématiques (Balacheff 1994). Actuellement, les recherches portant sur un usage des TICE dans l'enseignement des mathématiques sont très variées. Un apport théorique notable a été engendré par les travaux de Rabardel (1999) issus du champ de l'ergonomie cognitive (avec une origine dans les travaux de Vygotsky). Son approche, dite instrumentale, distingue l'artefact de l'instrument : le premier est l'objet matériel seulement, alors que le second est constitué de la rencontre d'un sujet et d'un artefact et met en valeur l'étude des schèmes d'utilisation des artefacts dans des situations précises. La genèse instrumentale, qui modélise les rapports du sujet et de l'artefact, se réalise alors dans une dialectique entre instrumentalisation (prise en main de l'artefact par le sujet) et instrumentation (processus par lequel l'artefact conditionne l'action du sujet). Cet apport à la didactique des mathématiques est à présent utilisé dans de nombreux travaux. Il a récemment donné lieu à un élargissement dans des travaux sur l'usage des ressources documentaires par les enseignants à travers le concept de genèse documentaire (Gueudet et Trouche, 2010).

Le catalogue rapidement brossé ci-dessus, qui ne saurait être exhaustif[10], montre la grande diversité des travaux francophones en didactique des mathématiques qui se sont développés dans des directions très variées dans un rapport plus ou moins distant avec les trois théories que nous avons cataloguées de centrales (TSD, Théorie des champs conceptuels et TAD). Par ailleurs, nombre d'entre eux ont permis des collaborations avec des chercheurs étrangers de divers horizons montrant que la didactique des mathématiques francophone ne vit pas en autarcie, même si le cœur de son ouvrage théorique a parfois du mal à diffuser, en particulier dans le monde anglo-saxon.

4. Expansion des travaux sur les pratiques enseignantes

Pour terminer ce rapide tour d'horizon, nous nous proposons à présent d'en venir à une évolution importante du champ amorcée dès les années 90 et qui a vu un élargissement de la TSD et de la TAD aussi bien qu'une ouverture plus grande vers des champs connexes de la didactique des mathématiques, en particulier des sciences de l'éducation. Nous voulons parler ici de la multitude de travaux qui ont vu le jour sur les pratiques enseignantes et de l'impact de ceux-ci sur les contenus de la formation des enseignants. Nous donnons dans la bibliographie plusieurs références qui permettront aux lecteurs de se faire une idée plus précise de ce que nous allons ici rapidement survoler.

[10] Nous n'avons en particulier pas évoqué ici les travaux de Mercier, Sensevy ou Schubauer-Leoni, qui s'ils trouvent leur origine dans la didactique des mathématiques ont été fondateurs du champ de la didactique comparée, que nous n'aborderons pas ici en tant que telle.

Nous l'avons dit plus haut, les travaux fondateurs en didactique des mathématiques étaient avant tout centrés sur le couple connaissance/savoir. En ce sens, dans les modélisations, l'élève et surtout l'enseignant étaient considérés comme génériques, en quelque sorte transparents. Rapidement, la diffusion des ingénieries didactiques, dont nous avons rappelé qu'en rupture avec les pratiques d'innovation, elle était avant tout le lieu de mise à l'épreuve de la théorie dans des conditions contrôlées, a montré la nécessité de prendre en compte dans la modélisation les élèves et le professeur. C'est dans ce sens que Brousseau va être alors amené à introduire un modèle de la structuration du milieu, qui permet de traduire différentes positions de l'élève en interaction avec différentes strates du milieu dans une situation didactique. Margolinas (2002[11]) va compléter ce modèle en introduisant des positions « symétriques » pour l'enseignant, enrichissant ce qui va être connu sous le terme de « modèle de l'oignon », par les niveaux sur-didactiques, qui détermine des positions de l'enseignant en amont de la situation didactique, en classe. À partir de cette construction théorique, les chercheurs vont alors utiliser et modifier les concepts de la TSD (en particulier le couple milieu, contrat) pour les appliquer à l'analyse des pratiques dites « ordinaires ». Nous trouverons des illustrations et des recensions de ces travaux dans (Hersant 2001 et 2010, Margolinas 1999, 2002, 2004 et 2005b, Perrin-Glorian et Hersant 2003). Cet élargissement de la TSD est aussi un détournement de ses origines qui, loin de dénaturer cette théorie, en montre en quelque sorte la portée. Perrin-Glorian rendant compte de ces travaux dans le cadre de la XV^{e} école d'été sur l'ingénierie didactique a montré comment les recherches se dirigeaient actuellement vers la production de ressources pour les enseignants, appelant ainsi de ses vœux la création et diffusion « d'ingénieries de deuxième génération » communicables à des enseignants « ordinaires » pour des classes « ordinaires » (Margolinas et al. 2011, p. 57-78).

Mais, les recherches sur les pratiques enseignantes en didactique des mathématiques ne se limitent pas à ce seul élargissement des outils de la TSD. Nous trouverons, dans Margolinas et Perrin-Glorian (1998), quatre approches très différentes, l'une issue de la TAD, qui propose des praxéologies didactiques construites sur le même modèle en quatre composantes que les praxéologies mathématiques évoquées ci-dessus (plusieurs travaux dans ce sens ont depuis été réalisés[12]), un autre dans le cadre élargi de la TSD (comme ce que nous venons d'évoquer), une utilisant des apports de la psychanalyse par Claudine Blanchard-Laville (1997) et enfin une autre centrée sur le discours de l'enseignant. Cette dernière étude de Hache et Robert entre dans un cadre qui s'est depuis développé et est connu sous le nom de « double approche » (Robert et Rogalski 2002 et 2005). Ces auteurs empruntent en effet des outils théoriques du champ de l'ergonomie cognitive pour analyser le travail de l'enseignant. Ces travaux visent à mettre en particulier en évidence les écarts entre les activités potentielles proposées aux élèves par les enseignants et les activités effectivement réalisées. Ces dernières sont en effet le fruit d'adaptations incontournables liées aux contraintes de la gestion didactique, mais aussi plus globalement de l'exercice du métier. Nous pourrons nous faire une idée assez large des travaux de cette équipe dans (Robert 1998, 1999, 2001 et 2008, Roditi 2005 et 2008, Rogalski 2003 et Vandebrouck 2008). Ces travaux qui se sont souvent intéressés aux problèmes d'enseignement dans les milieux socialement défavorisés (ZEP) tentent de mettre en rapport les effets des pratiques enseignantes sur les apprentissages effectifs des élèves (Peltier 2004). S'ils utilisent des outils de la TSD et la théorie des champs conceptuels, en particulier pour faire des analyses a priori des activités proposées aux élèves, ils s'outillent largement de concepts propres (niveau de conceptualisation, types de notion,

[11] C'est un texte de référence, mais le travail est antérieur.

[12] Nous n'avons plus la place d'aborder ici l'étendue des travaux réalisés en France mais aussi en Espagne dans le cadre de la TAD. Nous renvoyons le lecteur aux actes des colloques organisés tous les deux ans depuis 2006.

classification des tâches, etc.), mais aussi d'approches issues du champ de l'ergonomie cognitive, et plus largement des sciences de l'éducation (notamment des théories de Vygotski), voire de la sociologie.

Nous terminerons ici ce tour d'horizon, forcément incomplet, qui montre qu'en 40 ans la didactique des mathématiques francophone s'est très largement développée. Non seulement elle a élargi ses objets d'étude, mais elle a aussi étendu son champ théorique et s'est fait une place particulière dans le champ des sciences de l'éducation, sans pour autant renier son attachement aux mathématiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARTIGUE (1988) Ingénierie didactique. Recherches en Didactique des Mathématiques, 9(3), 281–308.

ARTIGUE, M. et DOUADY, R. (1986). La didactique des mathématiques en France. Revue Française de Pédagogie, 76, 69-88.

BALACHEFF, N. (1982). Preuve et démonstration en mathématiques au collège. Recherches en didactique des mathématiques, 3(3), 261–304.

BALACHEFF, N. (1994). Didactique et intelligence artificielle. Recherches en didactique des mathématiques, 14(1/2), p. 9–42.

BESSOT, A. et VÉRILLON, P. (1993). Espaces Graphiques et Graphismes d'Espaces – Contribution de psychologues et de didacticiens à l'étude de la construction des savoirs spatiaux. Grenoble : La pensée Sauvage.

BLANCHARD-LAVILLE, C. (1997). L'enseignant et la transmission dans l'espace psychique de la classe. Recherches en didactique des mathématiques, 17(3), 151-176.

BROUSSEAU, G. (1972). Processus de mathématisation. In La mathématique à l'Ecole Elémentaire. 428–442. Paris : APMEP.

BROUSSEAU, G. (1981). Problèmes de didactique des décimaux : deuxième partie. Recherches en Didactique des Mathématiques, 2(1), 37–127.

BROUSSEAU, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. Recherches en Didactique des Mathématiques, 7(2), 33–115.

BROUSSEAU, G. (1990). Utilité et intérêt de la didactique. Grand N, 47, 93-114.

BROUSSEAU, G. (1995a). Les mathématiques à l'école. Bulletin de l'APMEP, 400, 831-850.

BROUSSEAU, G. (1995b). L'enseignant dans la théorie des situations didactiques. In R. Noirfalise (éd.), Actes de la 8ème Ecole d'Eté de didactique des mathématiques (p. 3–46). Clermont-Ferrand : IREM.

BROUSSEAU, G. (1998). Théorie des situations didactiques. Textes rassemblés et préparés par N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, V. Warfield. Grenoble : La Pensée Sauvage.

BROUSSEAU, G. (2004). L'émergence d'une science de la didactique des mathématiques : motifs et enjeux. Repères IREM, 55, 19–34.

BRUN, J. (1994). Evolution des rapports entre la psychologie du développement cognitif et la didactique des mathématiques. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde et P. Tavignot.

(éd.), Vingt ans de didactique des mathématiques en France (p. 51–66). Grenoble : La Pensée Sauvage.

BRUN, J. (1996) Didactiques des mathématiques. Lausanne : Delachaux et Niestlé.

CAPPONI, B. et LABORDE, C. (1994). Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. Recherches en Didactique des Mathématiques, 14(1/2), 165–210.

CHEVALLARD, Y. (1985/1991) La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble : La pensée Sauvage.

CHEVALLARD, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique: perspectives apportées par une approche anthropologique. Recherches en Didactique des Mathématiques, 12(1), 73–111.

CHEVALLARD, Y. (1997). Familière et problématique, la figure du professeur. Recherches en Didactique des Mathématiques, 17(1), 17–54.

CHEVALLARD, Y. (2002a). Organiser l'étude. Structures et fonctions. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M.Artigue, R. Berthelot, R. Floris (éd.), Actes de la 11ème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques (p. 3–22). Grenoble : La Pensée Sauvage.

CHEVALLARD, Y. (2002b). Organiser l'étude. Ecologie et régulation. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, R. Floris (éd.), Actes de la 11ème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques (p. 41–56). Grenoble : La Pensée Sauvage.

CHEVALLARD, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. In S. Maury et M. Caillot (éd.), Rapport au savoir et didactiques (p. 81–104). Paris : éditions Fabert.

COLMEZ, F. DE HOSSON, C., PICHAUD, J. et ROBERT, A. (2009). Hommage à André Revuz – L'engagement universitaire – L'héritage didactique. Paris : Publication du laboratoire de didactique André Revuz.

COMENIUS, J.A. (1648/2005). Novissima linguarum methodus. Genève: Droz.COMITI, C.,

GRENIER, D. et MARGOLINAS, C. (1995). Niveaux de connaissances en jeu lors d'interactions en situation de classe et modélisation de phénomènes didactiques. In G. Arsac, J. Gréa, D. Grenier et A. Tiberghien (éd.), Différents types de savoirs et leur articulation (p. 92–113). Grenoble : La Pensée Sauvage.

CONNE, F. (1992). Savoir et connaissance dans la perspective de la transposition didactique. Recherches en Didactique des Mathématiques, 12(2/3), 221–270.

CORAY, D., FURINGHETTI, F., GISPERT, H., HODGSON, B. et SCHUBRING, G. (éd.) (2003). One Hundred Years of L'Enseignement Mathématique – Moments of Mathematics éducation in the Twentieth Century – Proceedings of the EM–ICMI Symposium – Geneva, 20–22 October 2000. Geneva : L'enseignement Mathématique. http://www.mathunion.org/icmi/digital-library/other-icmi-conferences-proceedings/

DORIER, J.-L. (2000). Recherche en histoire et en didactique des Mathématiques sur l'Algèbre linéaire - Perspectives théorique sur leurs interactions, note se synthèse HDR Université J. Fourier – Grenoble1, Cahier du laboratoire Leibniz n°12. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00338400/document

DORIER, J.-L. (2008). The development of mathematics education as an academic field, In M. Menghini, F. Furinghetti, L. Giacardi et F.Arzarello (éd.), The first century of the

International Commission on Mathematical Instruction (1908-2008). Reflecting and shaping the world of mathematics éducation (p .40-46). Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.

DORIER J.-L. (2012). La didactique des mathématiques : émergence d'un champ autonome au carrefour des mathématiques, de la psychologie et des sciences de l'éducation. In M.-A. Elaouf, A. Robert, A. Belhadjin et M.-F. Bishop (éd.), Les didactiques en question(s) - Etat des lieux et perspectives pour la recherche et la formation (p. 42–48). Bruxelles : de Boeck (col. Perspectives en éducation et formation).

DORIER J.-L. (2014). Aperçu de l'histoire de la didactique des mathématiques francophone. Perspectivas da éducação Matemática, 7, 365–379.

DOUADY, R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. Recherches en Didactique des Mathématiques, 7(2), 5–31.

DUVAL, R. (1995). Sémiosis et pensée humaine. Berne : Peter Lang.

FELIX, L. (1985). Aperçu historique (1950–1984) sur la CIEAEM. Bordeaux : IREM. http://www.cieaem.net/CIEAEM9bis/index_france.htm

FREUDENTHAL, H. (1963) Enseignement des mathématiques modernes ou enseignement moderne des mathématiques. L'Enseignement Mathématique, 2° série 9(1-2), 28–44.

GISPERT, H. (2002). Pourquoi, pour qui enseigner les mathématiques? Une mise en perspective historique de l'évolution des programmes de mathématiques dans la société française au XXème siècle. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 34(4), 158–163.

GRAS, R. (2009). L'analyse statistique implicative. Toulouse : éditions Cépaduès.

GRECO, P. (1980). Pédagogie et Mathématiques. In Encyclopedia Universalis t.12, pp. 675-677.

GUEUDET, G. et TROUCHE, L. (2010). Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques. Rennes : Presse universitaire de Rennes et INRP.

HERSANT, M. (2001). Interactions didactiques et pratiques d'enseignement, le cas de la proportionnalité au collège. Thèse de l'Université Paris 7.

HERSANT, M. (2010). Le couple (contrat didactique, milieu) et les conditions de la rencontre avec le savoir en mathématiques : de l'analyse des séquences ordinaires au développement de situations pour les classes ordinaires. Note de synthèse HDR Université de Nantes.

JOHSUA, S. (1996). Qu'est-ce qu'un « résultat » en didactique des mathématiques. Recherches en Didactique des Mathématiques, 16(2), 197–220.

KEITEL, C. BAZZINI, L. SCHOPFER, E. LUELMO, M.-J. KRAEMER, J.-M. et INCHLEY C. (2002). La Commission internationale pour l'étude et l'amélioration de l'enseignement des mathématiques est le plus ancien groupe international de travail et de réflexion de spécialité éducation mathématique. http://www.upc.es/info/cieaem54/cieaem-fra/cieaem-presen.htm

KILPATRICK, J. (2008). The development of mathematics education as an academic field. In M. Menghini, F. Furinghetti, L. Giacardi et F.Arzarello (éd.), The first century of the International Commission on Mathematical Instruction (1908-2008). Reflecting and shaping the world of mathematics education (p. 33-39), Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.

MARGOLINAS, C. (1992). Eléments pour l'analyse du rôle du maître: les phases de conclusion. Recherches en Didactique des Mathématiques, 12(1), 113–158. Grenoble.

MARGOLINAS, C. (1999). Les pratiques de l'enseignant : Une étude de didactique des mathématiques: recherche de synthèses et perspectives. In M. Bailleul (éd.), Actes de la 10ème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques (p. 10–33). Caen : IUFM de Caen et A.R.D.M.

MARGOLINAS, C. (2002). Situations, milieux, connaissances – analyse de l'activité du professeur. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, R. Floris (éd.), Actes de la 11ème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques (p. 141–156). Grenoble : La Pensée Sauvage.

MARGOLINAS, C. (2004). Points de vue de l'élève et du professeur : Essai de développement de la théorie des situations didactiques. Habilitation à diriger les recherches en sciences de l'éducation, Université de Provence.

MARGOLINAS, C. (2005a). Essai de généalogie en didactique des mathématiques. Revue Suisse des sciences de l'éducation, 27, 343–360.

MARGOLINAS, C. (2005b). La dévolution et le travail du professeur. In P. Clanché, M.-H. Salin et B. Sarrazy (éd.), Autour de la théorie des situations (p. 329–333). Grenoble : La Pensée Sauvage.

MARGOLINAS, C. et PERRIN-GLORIAN M.-J. (1998). Cinq études sur le thème de l'enseignant. Grenoble : La Pensée Sauvage.

MARGOLINAS C. , ABOUD-BLANCHARD M., BUENO-RAVEL, L., DOUEK, N., FLUCKIGER A., GIBEL P., VANDEBROUCK F. et WOZNIAK F. (éd.) (2011), En amont et en aval des ingénieries didactiques – XVe école d'été de didactique des mathématiques, Clermont-Ferrand (Puy de Dôme) du 16 au 23 août 2009. Grenoble : La pensée Sauvage.

MENGHINI, M., FURINGHETTI, F., GIACARDI, L. et ARZARELLO, F. (éd.) (2008). The first century of the International Commission on Mathematical Instruction (1908-2008). Reflecting and shaping the world of mathematics éducation. Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.

MORF, A. (1972). La formation des connaissances et la théorie didactique. Dialectica, 26/2, p. 103–114.

MORF, A., GRIZE, J.-B., PAULI, L. (1969). Pour une pédagogie scientifique. Dialectica, 23/1, p. 24–31.

PELTIER, M.-L. (éd.) (2004). Dur dur d'enseigner en ZEP. Grenoble : La Pensée Sauvage.

PERRIN-GLORIAN, M.-J. (1994). Théorie des situations didactiques: naissance, développements, perspectives. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde, P. Tavignot, (éd.), Vingt ans de didactique des mathématiques en France (p. 97–147). Grenoble : La Pensée Sauvage.

PERRIN-GLORIAN, M.-J. et HERSANT, M. (2003). Milieu et contrat didactique, outils pour l'analyse de séquences ordinaires. Recherches en Didactique des Mathématiques 23(2), 217–276.

PERRIN-GLORIAN, M.-J. et REUTER, Y. (éd.) (2006). Les méthodes de recherche en didactiques. Villeneuve d'Ascq : Presses Universtiaires du Septentrion.

PIAGET, J. (1973). Remarques sur l'éducation mathématique. Math Ecole, 58, 1–7.

POLE, Y. (éd.) (1994). Dossier : La didactique des mathématiques. Animation et éducation, 123, 9–14.

RABARDEL, P. (1999). Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. In M. Bailleul (éd.) Actes de la 10e école d'été de didactique des mathématiques – Houlgate août 1999 (p. 203–213). Caen : IUFM et ARDM.

REGNIER, J.-C. et PERRIER, F. (2002). La didactique des mathématiques au travers d'un récit de vie – entretiens avec Georges Glaeser. Strasbourg : IREM.

REVUZ, A. (1980). Mathématiques (Enseignement). In Encyclopedia Universalis t.10, p. 617–619.

ROBERT, A. (1998). Outils d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. Recherches en didactique des mathématiques, 18(2). 139–190.

ROBERT, A. (1999). Recherches didactiques sur la formation professionnelle des enseignants de mathématiques du second degré et leurs pratiques en classe. Didaskalia,15, 123–157.

ROBERT, A. (2001). Les recherches sur les pratiques des enseignants et les contraintes de l'exercice du métier de l'enseignant. Recherches en didactique des mathématiques, 21(1.2), 57–79.

ROBERT, A. (2008). Problématique et méthodologie communes aux analyses des activités mathématiques des élèves en classe et des pratiques des enseignants de mathématiques. In F. Vandebrouck (éd.), La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants (p. 31–69). Toulouse : Octares éditions.

ROBERT, A. et ROGALSKI J. (2005). A cross-analysis of the mathematics teacher's activity. An example il a French 10th-grade class. Educational Studies in Mathematics 59(1–3), 269–298.

ROBERT, A. et ROGALSKI, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. Revue Canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies, 2(4), 505–528.

RODITI, E. (2005). Les pratiques enseignantes en mathématiques, entre contraintes et liberté pédagogique. Paris : L'Harmattan.

RODITI, E. (2008). Des pratiques enseignantes à la fois contraintes personnelles, et pourtant cohérentes. In F. Vandebrouck (éd.), La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants (p. 73-95). Toulouse : Octares éditions.

ROGALSKI, J. (2003). Y a-t-il un pilote dans la classe ? Une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert. Recherches en Didactique des Mathématiques, 23(3,) 343–388.

ROUCHIER, A. (1994). Naissance et développement de la didactique des mathématiques. In M. Artigue et al. (éd.), Vingt ans de didactique des mathématiques en France (p. 149–160). Grenoble : La Pensée Sauvage.

ROUCHIER, A. (1996). Connaissances et savoirs dans le système didactique. Recherches en Didactique des Mathématiques, 16(2), 177–196.

VANDEBROUCK, F. (éd.) (2008). La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants. Toulouse : Octares éditions.

VERGNAUD, G. (1991). La théorie des champs conceptuels. Recherches en didactique des mathématiques, 10(2/3), 133–169.

VERGNAUD, G. (1981). Quelques orientations théoriques et méthodologiques des recherches fran4aises en didactique des mathématiques. In Actes du 5e colloque PME (vol. 2.2, p. 7–17). Grenoble.

VERGNAUD, G. (1981a). L'enfant la mathématique et la réalité. Berne : Peter Lang.

VERGNAUD, G. (1994a). Apprentissages et didactiques, où en est-on ?. Paris : Hachette.

VERGNAUD, G. (1994b). Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde et P. Tavignot (éd.), Vingt ans de didactique des mathématiques en France (p. 177–191). Grenoble : La Pensée Sauvage.

VERGNAUD, G. (2005). Repères pour une théorie psychologique de la connaissance. In A. Mercier et C. Margolinas. (éd.). Balises en didactique des mathématiques (p. 123–136). Grenoble : La Pensée Sauvage.

QUELLE MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DU SAVOIR *À ENSEIGNER* OUTILLÉE PAR LA THÉORIE ANTHROPOLOGIQUE DU DIDACTIQUE (TAD)?

Mirène LARGUIER
Université de Montpellier

RÉSUMÉ

Dans cette conférence je propose une méthodologie destinée à analyser le curriculum officiel d'une institution d'enseignement. Sa visée est double : permettre d'analyser le *savoir à enseigner* - au sens de Chevallard (1985) - et de la définition de la transposition didactique d'une institution donnée, mais aussi permettre la comparaison des choix curriculaires officiels de plusieurs institutions d'enseignement selon des critères communs. Un exemple utilisé dans cet exposé concerne les programmes officiels de la France et du Québec pour des élèves de l'école primaire au moment où il est possible d'édifier un socle de connaissances « avant la lettre » (Arcavi et al., 1990; Bronner 2015) qui prépare l'avènement de l'algèbre (« avec la lettre ») au secondaire. La méthodologie proposée s'inscrit dans le cadre théorique de la TAD - théorie anthropologique du didactique développée par Yves Chevallard (1999, 2002) - et reprend des travaux menés dans le cadre de l'OIPA (Observatoire International de la Pensée Algébrique).

INTRODUCTION

1. Présentation générale

Dans cette conférence je parle essentiellement d'une méthodologie d'analyse du savoir à *enseigner* d'une entité géographique (selon les cas pays, état, région, etc.). Ce savoir est en général fixé par des textes et des instructions officielles émanant du ministère de l'éducation, ce qui représente également le curriculum officiel (CO). Je parlerai également du domaine algébrique et de ses prémisses se situant dès l'école primaire, voire maternelle, ainsi que du cadre théorique de la théorie anthropologique du didactique (TAD définie par Yves Chevallard) qui outille la méthodologie présentée.

Mon objectif est de proposer une méthodologie dont l'ambition est de faciliter l'analyse puis la comparaison de différents choix curriculaires, mais aussi de permettre la diffusion de certains concepts de la didactique des mathématiques auprès d'un auditoire dont les cadres théoriques sont différents. Il s'agit également de permettre le repérage de ces concepts didactiques pour la formation initiale et continue en mathématiques.

Le domaine mathématique étudié peut se dénommer « pré-algèbre » ou « algèbre avant la lettre » et se situe avant l'avènement officiel dans le curriculum scolaire de l'algèbre avec la lettre. En effet, dans tous les curriculums de tous les pays arrive le moment de l'introduction officielle de l'algèbre avec des objets comme les équations, les expressions algébriques, les identités, l'usage de la lettre avec ses différents statuts (inconnue, variable, indéterminée, etc.). Ces objets sont travaillés avec des types de tâches comme : produire une expression algébrique, factoriser, développer, résoudre une équation, vérifier une égalité, etc. Une question se pose : sur quelles connaissances antérieures s'établit *l'algèbre avec la lettre* à partir de la maternelle et du primaire? Comment s'édifie cette *algèbre avant la lettre* dans le curriculum officiel et quelle est l'analyse du chercheur sur ces propositions curriculaires? La dernière question nécessite de la part du chercheur la définition d'un modèle épistémologique de référence de cette pré-algèbre (MERPA).

Ainsi ce sont ces trois questions qui se posent :

- Quelles connaissances peuvent être construites avant l'avènement officiel de « l'algèbre avec la lettre »?
    - Voir le modèle épistémologique de référence (Gascon, 1994 ; Bolea et al., 2005 ; Chevallard, 2012 ; Coulange L., Drouhard J-P. et al., 2012) du pré-algèbrique (le MERPA).
- Quel enseignement de « l'algèbre avant la lettre » est inscrit dans le *savoir à enseigner* d'un pays de la maternelle jusqu'au début du secondaire (âges de 3 à 12 ans) ?
    - Voir l'exemple de la France et du Québec pour les élèves de 9 à 12 ans
- Quelle méthodologie pour analyser le savoir à enseigner?
    - Une méthodologie commune permet alors la comparaison du savoir à enseigner dans différents pays.

2. Présentation du réseau OIPA

Les questions précédentes ont été travaillées dans le cadre de l'Observatoire International de la Pensée Algébrique (OIPA) qui est présenté ci-dessous.

Les objectifs du réseau OIPA sont les suivants :

- Étudier les conditions de l'enseignement de « l'algèbre avant la lettre » dès le primaire, voire même dès la maternelle ;
- Confronter des cadres théoriques différents et permettre leur coopération sinon montrer leur incompatibilité ;
- Développer un réseau international de chercheurs et de formateurs sur l'entrée dans l'algèbre (ou pré-algèbre) ;
- Constituer un lieu virtuel d'archivage, d'échange et de diffusion de connaissances sur le thème concerné ;
- Documenter les programmes de formation initiale et continue des enseignants, les ressources en lien avec le développement de la pensée algébrique à l'école primaire et secondaire.

Ce réseau OIPA résulte de la mise en place d'un projet réalisé grâce au soutien du conseil franco-québécois de coopération universitaire (CFQCU) dans le cadre du programme de développement de partenariats stratégiques en matière d'enseignement et de recherche.

Les axes principaux de recherche du réseau OIPA sont les quatre axes définis ci-dessous :

- axe 1 : définition d'un modèle épistémologique de référence du pré-algébrique (MERPA) pour les chercheurs, formateurs et enseignants ;
- axe 2 : comparaison des programmes de différents pays basée sur une méthodologie d'analyse commune ;
- axe 3 : expérimentations de problèmes de comparaison et de généralisation reconnus comme étant pertinents pour développer la pensée algébrique dès le primaire ;

- axe 4 : réalisation et expérimentation d'un outil d'analyse des productions des élèves pour caractériser leur pensée sur un axe allant d'une pensée arithmétique jusqu'à une pensée algébrique (Cf. séminaire dans ce colloque).

3. Des éléments du cadre théorique de cet exposé

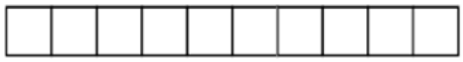
Le cadre théorique est essentiellement la TAD (théorie anthropologique du didactique) d'Yves Chevallard avec notamment les concepts suivants qui outillent la méthodologie d'analyse des programmes : transposition didactique, praxéologie, organisation mathématique (réponse à la question « qu'est-ce qui est étudié ? »), échelle des niveaux de codétermination didactique.

3.1. Transposition didactique Le concept de transposition didactique postule qu'il existe une distance nécessaire entre le *savoir savant* (ou *savoir de référence*) et le *savoir à enseigner*, c'est la transposition didactique externe, ainsi qu'une distance entre le *savoir à enseigner* et le *savoir enseigné*, c'est la transposition didactique interne :

> Le savoir-tel-qu'il-est-enseigné, le savoir enseigné, est nécessairement autre que le savoir-initialement-désigné-comme-devant-être-enseigné, le savoir à enseigner. (Chevallard, 1982, p. 3)

Voici une illustration de l'utilisation du concept de transposition didactique avec un problème dit « le problème du bijoutier » (Cf. figure 1) qui a été travaillé dans le cadre de l'OIPA au Québec à la fin du primaire (11 à 12 ans) puis en France en fin de primaire (CM2, 10 à 11 ans). Ce sont les données recueillies en France qui vont être utilisées par la suite.

Laurent, un bijoutier, fabrique des chaines en or à mailles de forme carrée comme celle-ci :



Il fait des chaines de différentes longueurs pour diverses utilisations (au cou, au pied, comme boucles d'oreilles).

L'or coûte cher. Quand il fait une commande, il compte les tiges une par une pour être sûr de ne pas en commander de trop ni en oublier. Mais c'est long. Il voudrait pouvoir trouver le nombre de tiges dont il a besoin sans être obligé de compter les tiges une par une. Vous devez envoyer un message au bijoutier dans lequel vous allez lui expliquer comment il pourrait faire pour trouver combien de tiges il a besoin selon le nombre de mailles.

Figure 1 : Énoncé du problème du bijoutier

3.1.1. *Savoir de référence*

Une première question est la suivante : quel est le *savoir de référence* pour résoudre ce problème ? Il s'agit des suites arithmétiques. La réponse au problème est alors triviale :

Quel que soit le nombre n de mailles, le nombre de tiges est égal à $1 + 3n$.

3.1.2. Savoir à enseigner

Une deuxième question est de se demander quel est le *savoir à enseigner* correspondant au curriculum officiel d'une classe de CM2 en France ? Le *savoir à enseigner* des programmes de 2015 en vigueur au moment de l'étude permet-il de proposer ce problème en primaire en France au cycle 3 (âge de 9 à 12 ans) ? Voici des extraits de ce programme qui peuvent permettre de répondre positivement à la question précédente. Le premier extrait se situe dans le secteur nombres et calculs :

> Les problèmes arithmétiques proposés au cycle 3 permettent d'enrichir le sens des opérations déjà abordées au cycle 2 et d'en étudier de nouvelles. […] Le calcul contribuant aussi à la représentation des problèmes, il s'agit de développer simultanément chez les élèves des aptitudes de calcul et de résolution de problèmes arithmétiques. (Programme du cycle 3, 2015, p. 200)

Le deuxième extrait est dans le même secteur et dans le thème « Résoudre des problèmes en utilisant des fractions simples, les nombres décimaux et le calcul » :

> Enrichir le répertoire des problèmes additifs et multiplicatifs […] (Programme du cycle 3, 2015, p. 203)

En conclusion, un type de problème comme le bijoutier est légitimé par le texte du *savoir à enseigner* même si les différents types de problèmes arithmétiques correspondant à ces instructions ne sont pas proposés explicitement.

3.1.3. Savoir enseigner

La transposition didactique interne nous amène à nous poser la question relative au *savoir enseigné*. Il s'agit ici d'une mise en œuvre en 2017 dans une classe de CM2 (cycle 3 du primaire, 10 à 11 ans) de Montpellier en France dans le cadre de travaux du réseau OIPA des chercheurs Alain Bronner et Mirène Larguier de l'Université de Montpellier. Je précise les conditions de la mise en œuvre dans la classe de CM2 située dans une école située dans un réseau d'éducation prioritaire (REP).

Avant l'intervention des deux chercheurs, aucun problème de généralisation du type le bijoutier n'avait été proposé aux élèves de cette classe. En revanche, les élèves avaient plusieurs fois travaillé en groupe lors de la résolution de problèmes. Avec l'intervention et la coopération des chercheurs, le professeur de la classe a accepté d'introduire le problème du bijoutier avec l'organisation didactique suivante proposée par les chercheurs :

- travail par groupe sans intervention du professeur (situation adidactique au sens de Brousseau, 1998) ;
- une première situation pour 1, 2, 3, 5 puis pour 9 mailles avec mise à la disposition des élèves de bâtonnets ;
- le cas de 44 mailles ;
- le cas général : formuler un programme de calcul du nombre de tiges en fonction du nombre de mailles d'une chaine.

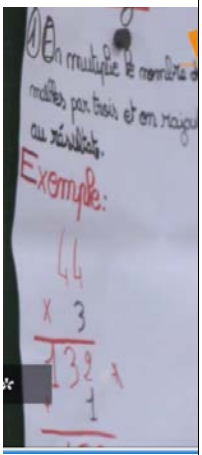
3.1.4. Savoir appris

En lien avec les différentes étapes de la transposition didactique, il est évidemment essentiel d'analyser le savoir appris. Les propositions écrites et orales de trois groupes d'élèves vont être analysées pour cerner les apprentissages des élèves concernant le domaine pré-algébrique.

Le groupe de Keziah (Cf. Tableau 1)

Les élèves de ce groupe ont appris à exprimer la généralisation dans le registre (au sens de Duval, 1995) du langage naturel. Leur exemple avec 44 illustre cette généralisation, mais 44 est un nombre marque place comme si c'était un nombre indéterminé (ou une variable).

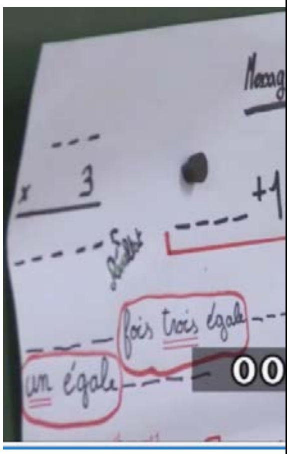
Tableau 1
Réponse du problème du bijoutier pour le groupe de Keziah

	**Keziah**: (*elle lit la première phrase de l'affiche*) on multiplie le nombre de mailles par trois et on rajoute un au résultat **Maëlle**: (*elle lit le calcul posé*) exemple quarante-quatre fois trois cent trente-deux plus un// cent trente-trois **Keziah**: en fait on a/ on a (xxx) euh c'est/ on va faire avec trois/ en fait trois fois trois **Le professeur** : alors en fait je te coupe/ je pense que la stratégie on l'a comprise/ là si vous/ si vous étiez bijoutier que vous entriez ce message est-ce que ce serait clair pour vous **Des élèves** : non **Le professeur** : on multiplie le nombre de mailles par trois et on rajoute un au résultat et ils ont mis un exemple/ est-ce que c'est clair pour vous **Des élèves** : oui

Groupe de Lina (Cf. tableau 2)

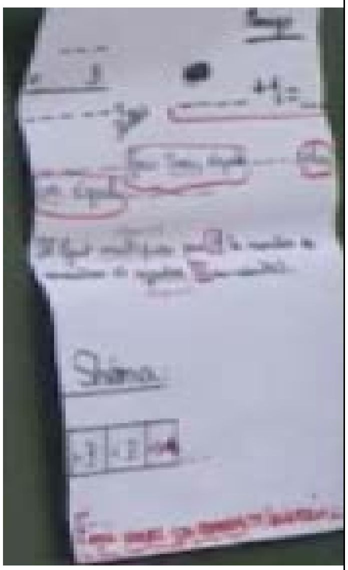
Les élèves de ce groupe ont imaginé un ostensif (au sens de Bosch et Chevallard, 1999) original pour signifier le nombre indéterminé. C'est un ostensif sonore signifié à l'écrit par « hum » répété deux ou trois fois.

Tableau 2
Problème du bijoutier, groupe de Lina

	**Lina**: alors/ euh/ en fait là on a fait un exemple mais avec des trous **Le professeur** : un exemple à trous **Lina**: voilà alors en fait euh c'est un peu comme euh ce message (le groupe de Keziah) il faut multiplier par trois le nombre de maillons et euh ajouter un au résultat/ par exemple euh// quarante-quatre fois trois égal hum hum hum et après on rajoute un à la fin et ça fait un (xxx) **Le professeur** : un nombre de tiges **Lina**: […]/ et là on a fait aussi par trous et on a écrit les nombres en fait qu'il faut toujours multiplier ou rajouter **Le professeur** : tu peux nous le lire ça/ cette euh/ ligne là **Lina**: alors hum hum hum fois trois/ égal hum hum/ plus un égal hum hum hum **Le professeur**: d'accord et en-dessous

En bas de l'affiche (Cf. tableau 3), les élèves expliquent qu'ils ont utilisé une phrase en langage naturel et qu'ils ont également réalisé un schéma montrant les mailles à trois tiges et une dernière tige pour fermer la dernière maille.

Tableau 3
Problème du bijoutier, groupe de Lina (bas de l'affiche)

	**Lina**: en-dessous euh ben c'est la phrase réponse enfin le/ le message (xxx) c'est-à-dire il faut multiplier par trois le nombre de maillons et ajouter un au résultat/ et à la fin (xxx) **Le professeur** : d'accord/ le schéma c'est un peu le même que là-haut/ je le refais en grand/ sauf que dans chaque maille t'as écrit plus trois/ plus trois/ plus/ et de la même couleur et la dernière tige plus un **Lina**: ouais **Le professeur** : et en bas y a écrit quoi **Lina**: euh euh/ fini avec ça vous n'aurez plus de souci **Le professeur** : fini avec ça vous n'aurez plus de souci

Ce groupe utilise une grande diversité d'ostensifs :

- les opérations posées et en ligne ;
- le langage naturel écrit et un symbole original pour signifier la variable : - - - -
- un ostensif sonore pour lire cette affiche : « hum, hum » ;
- le registre graphique.

En conclusion, en complète autonomie et sans aucun apprentissage préalable sur ce type de problème de généralisation, les élèves du groupe de Lina ont réussi à exprimer cette généralisation en trouvant un signe écrit et un autre sonore pour exprimer la variable. Ils montrent ainsi qu'ils utilisent une procédure que nous pouvons qualifier d'algébrique dans ce domaine de la pré-algèbre au primaire. Les élèves du groupe de Keziah n'ont pas recours à un signe particulier pour signifier la variable. Cependant, elle est bien exprimée grâce au registre du langage naturel, à savoir « le nombre de mailles ».

Les apprentissages de ces élèves de CM2 montrent l'intérêt de ce type de problème de généralisation et ce constat est conforté par des expérimentations du problème du bijoutier au Québec. Cela fait écho à cette citation d'Artigue (2017) qui décrit les hypothèses qui fondent le courant de l' « early algebra » et qui décrit l'une d'entre elles en ces termes :

L'hypothèse que la généralisation, l'identification de structures, de régularités, et leur représentation sous des formes sémiotiques appropriées mais pouvant aller jusqu'à des formes symboliques conventionnelles ne sont pas inaccessibles à de jeunes enfants.

3.2. **Praxéologie** (Chevallard, 1999)

3.2.1 Définition générale d'une praxéologie

Une praxéologie est un quadruplet (les « 4T ») composée par un type de tâches, une technique, une technologie et une théorie. Le bloc (type de tâches, technique) est le bloc pratique ou savoir-faire, toute tâche se réalisant par la mise en œuvre d'une technique. Le bloc (technologie, théorie) est le bloc théorique ou savoir, toute pratique devant être décrite, justifiée, contrôlée.

Voici un exemple de praxéologie qui se dégage d'un entretien individuel réalisé en France entre une élève de 3e (15 ans), Sophie, et un professeur (Bellard et al., 2005).

> P : transforme $(x+1)^2$.
>
> S : x^2+2x+1
>
> P : $(x+1)^3$
>
> S : x^3+3x+1
>
> P : Tu es sûre ?
>
> S : Oui.
>
> P : Qu'est ce qui fait que tu en es sure ?
>
> S : C'est pareil que là, c'est pareil que le carré, ça répète trois fois la même chose.
>
> P : Que veux tu dire par ça répète trois fois la même chose?
>
> S : Ce produit est répété trois fois.

Pour analyser cet extrait en tant qu'expression d'une praxéologie, il faut identifier chaque élément du quadruplet :

- Le type de tâches : développer $(a+b)^n$
- une première tâche avec $(x+1)^2$
- une deuxième tâche avec $(x+1)^3$
- la technique de Sophie : l'application de la règle $(x+1)^3= x^3+3x+1$
- la technologie : « C'est pareil que là, c'est pareil que le carré, ça répète trois fois la même chose. ».
- Sophie généralise l'identité remarquable $(a+b)^2 = a^2+2ab+b^2$ pour tout exposant entier naturel.
- La théorie pour Sophie : $(a+b)^n = a^n+nab+b^n$

Cet exemple montre qu'une praxéologie peut rendre compte des erreurs et que les termes technique, technologie et théorie ne sont pas toujours conformes aux connaissances et savoirs mathématiques du savoir de référence.

3.2.2 Praxéologie arithmétique ou algébrique?

Pour revenir au domaine de l'algèbre, l'exemple suivant montre que la description d'une activité mathématique sous la forme d'une praxéologie permet de mettre au jour précisément le travail mathématique en jeu. Dans le tableau 4, deux praxéologies différentes sont décrites, l'une ne nécessite que des connaissances arithmétiques élémentaires de calcul, l'autre nécessite le maniement de l'écriture d'une fraction pour la transformer grâce à des opérations algébriques sous une autre écriture. La première praxéologie est arithmétique et la seconde est algébrique.

Tableau 4
Extrait de Larguier (2009)

T : déterminer la nature d'un nombre (c'est-à-dire le plus petit ensemble auquel il appartient)

- t : quelle est la nature du nombre $\frac{84}{14}$?
- τ_1 : la division posée de 84 par 14 donne 6, le nombre $\frac{84}{14}$ est donc entier naturel
- τ_2 : $\frac{84}{14} = \frac{7 \times 6 \times 2}{7 \times 2} = 6$
- θ_1 : connaissance de la division posée et connaissance de $\frac{a}{b} = a : b$ (avec a et b entiers et b non nul)
- θ_2 : connaissance de la décomposition multiplicative d'un entier, connaissance de la règle fondamentale des quotients $\frac{a \times c}{b \times c} = \frac{a}{b}$ (a, b et c étant des réels avec b et c non nuls)

Ainsi, une même tâche dont l'énoncé est dans le domaine numérique peut convoquer des savoirs de deux domaines mathématiques différents et ainsi deux praxéologies différentes : l'une arithmétique, l'autre algébrique.

3.3. Transposition didactique et MER

3.3.1 Modèle épistémologique de référence

Dans ce secteur je décris l'articulation entre le processus de transposition didactique (Chevallard, 1985) et la nécessité d'une référence épistémologique dans une approche anthropologique (Chevallard, 1992, 1999; Bosch 2005, 2013). Leur articulation est représentée dans la figure 2.

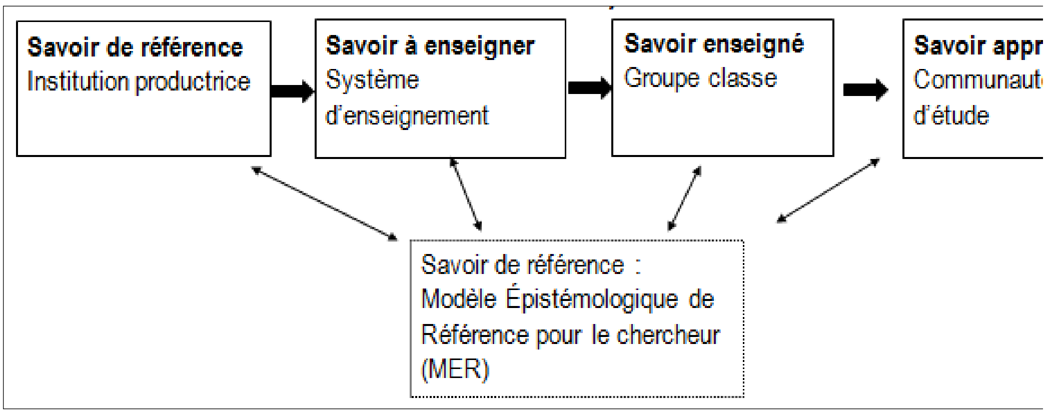


Figure 2 : La transposition didactique et un modèle épistémologique de référence

Un fait et une critique sont à l'origine du concept de modèle épistémologique de référence (MER), c'est la présence dans les recherches en didactiques de modèles empiriques, mais implicites.

> On peut considérer qu'il existe, dans toute institution didactique où l'on enseigne des mathématiques, des modèles implicites des différents domaines du savoir mathématique enseigné, d'où émerge par extension un modèle implicite de la nature même du savoir mathématique. Ces différents modèles implicites locaux, ainsi que le supposé modèle général (global) du savoir mathématique, vont de soi et ne sont pas généralement mis en cause. (Gascon, 1994, p.43)

Ce constat amène Gascon (Ibid) à définir le MER :

> On ne peut donc que souligner l'importance de construire au moins un modèle spécifique de chaque domaine mathématique étudié, construction qui constitue un instrument indispensable pour l'étude des phénomènes relatifs à l'enseignement et à l'apprentissage de ce domaine. Par conséquent, il serait souhaitable que le modèle épistémologique utilisé soit explicite - ou, en tout cas, potentiellement explicitable -, étant donné qu'il conditionne de façon décisive ce que l'on entendra par "enseigner et apprendre l'algèbre élémentaire" (par exemple). (Gascon, 1994, p.44)

Chevallard (2012) invite également à bannir « les pratiques d'implicitation qui fonctionnent innocemment mais plus souvent encore délibérément comme des signes de connivence entre "ceux qui savent". ». Aussi, un travail nécessaire pour une analyse didactique consiste à élaborer et décrire un MER sur le contenu mathématique en jeu relativement aux institutions étudiées (Bolea, Bosch, Garcia, Gascon, Ruiz, Sierra, 2005).

3.3.2 Le MERPA

Concernant les recherches de l'OIPA présentées dans ce texte, il s'agit de définir un MERPA ou modèle épistémologique de référence du pré-algébrique (le MERPA peut être également traduit par modèle épistémologique de la pensée algébrique.

Une définition du pré-numérique est proposée par Grugeon et Pillet (2018) comme un « ensemble de praxéologies qui sont dans le domaine numérique mais dont la praxis relève de l'algèbre. Ces praxéologies se situent avant l'introduction du symbolisme algébrique. » Le MERPA répond à la question : quelles sont les connaissances à construire du primaire, voire de la maternelle, jusqu'au début du secondaire pour constituer un socle favorisant l'entrée de l'algèbre avec la lettre ? Le MERPA se définit grâce à un ensemble de résultats de recherche sur ce sujet, il est constitué par un ensemble d'objets, de concepts, un ensemble de situations et de types de tâches.

Le MERPA se caractérise d'abord par des objets. Ces objets sont des nombres, des signes opératoires, des expressions littérales, des expressions « algébriques » (comme 3 ×… + 1), des formules, des programmes de calcul, des égalités, des « équations » (comme 32 = 3 + …), etc. Ces objets n'ont pas toujours le même sens selon qu'ils sont utilisés dans le domaine numérique ou le domaine algébrique. Le signe d'égalité est à ce tire un exemple important.

Le MERPA a pour socle les très nombreuses recherches sur l'algèbre dont la liste suivante est très loin d'être exhaustive :

- L'aspect procédural et structural (Sfard, 1991) des expressions algébriques,
- L'aspect syntaxique et sémantique des expressions algébriques (Kouki, 2006),
- Le triplet signe, sens et « dénotation » (Frege, 1900 ; Drouhard et al, 1992),
- Le sens du signe égal et de l'égalité vue comme équivalence entre deux écritures (Reynès, 1995),
- Le statut de la lettre : indéterminée, variable, inconnue, paramètre et flexibilité pour passer d'un statut à un autre dans une technique de résolution,
- La caractérisation d'une pensée algébrique d'après Radford (2006) selon trois critères :
    - Indétermination : recours à un nombre non connu,
    - « Dénotation » : expression de ce nombre,
    - Analycité : traitement de ce nombre comme s'il était connu.

Le MERPA se caractérise par des types de situations. Trois grand types de situations sont favorables pour développer des praxéologies pré-algébriques (ou développer la pensée algébrique) :

- Situations de généralisation comme le problème du bijoutier avec l'étude de suites numériques ou de configurations géométriques (Krysinska et al., 2009; Squalli et al., 2011);
- Situations où l'algèbre est nécessaire pour prouver (ex : démontrer que la somme de 3 entiers consécutifs est un multiple de 3);
- Situations de résolution de certains problèmes numériques comme les problèmes de partage inégaux et les problèmes de comparaison déconnectés (Bednartz et Janvier, 1992) qui ne peuvent se résoudre avec des techniques strictement arithmétiques (Cf. figure 3 dans laquelle les cases noires contiennent des nombres donnés et les cases blanches des nombres inconnus).

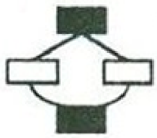
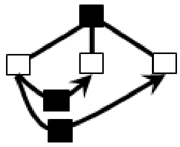
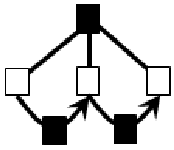
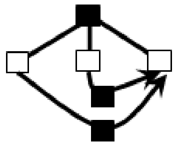
Problèmes à 2 branches	Problèmes avec UNE relation de comparaison (additive ou multiplicative)	
Problèmes à 3 branches	**SOURCE** Les deux relations on la même donnée comme point de départ.	
	COMPOSITION Une des données est le point d'arrivée d'une relation et le point de départ de l'autre.	
	PUITS Les deux relations on la même donnée comme point d'arrivée.	

Figure 3 : Typologie des problèmes déconnectés

Le MERPA peut également se caractériser par des types de tâches dont la résolution est à la frontière entre le numérique et l'algébrique (Bronner, 2007) :

- Modéliser une structure numérique (Chevallard, 1985) ;
- Réaliser un calcul numérique demandant la mise en œuvre d'une règle de calcul (fractions, radicaux, ..) ;
- Montrer l'égalité de nombres ou d'expressions numériques ;
- Étudier la structure de certains types de nombres ;
- Étudier des propriétés arithmétiques (ex. de la somme de 3 entiers consécutifs) ;
- Modéliser des situations intra ou extra mathématiques par des équations ;
- Étudier des programmes de calculs (Ruiz-Munzon, 2010 ; Chevallard et Bosch, 2012 ; Alvès et al., 2013).

3.4. Échelle des niveaux de codétermination didactique (Chevallard, 2008)

Cette échelle (Cf. figure 4) représente un concept et un outil essentiels pour développer la méthodologie d'analyse du *savoir à enseigner*.

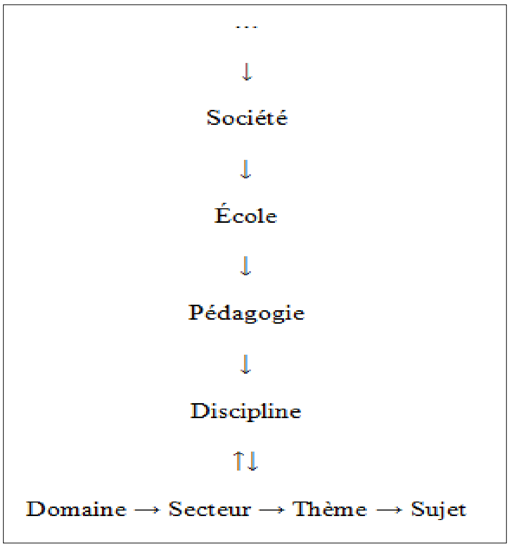


Figure 4 : Échelle des niveaux de codétermination didactique

Cette échelle montre que chacun des niveaux exerce des conditions et des contraintes sur les autres. Par exemple, le niveau de l'école définit les institutions d'enseignement. Si nous considérons par exemple l'enseignement primaire, en France, il comprend 5 années et se termine en CM2 pour des élèves de 11 ans alors qu'au Québec il comprend 6 années et se termine à l'âge de 12 ans. Ces conditions doivent être prises en compte dans des analyses didactiques. Quant au niveau de la pédagogie, il représente l'organisation interne dans une institution donnée en fonction des disciplines enseignées, de la durée de l'enseignement, des effectifs des classes, etc.

4. Méthodologie d'analyse du savoir à enseigner

4.1 Les questions motivant cette méthodologie

Dans le cadre de l'OIPA, un certain nombre de questions ont été travaillé et la première d'entre elles est la suivante : quelle méthodologie partager entre chercheurs de différentes nationalités pour étudier le *savoir à enseigner* d'une institution d'enseignement ou pour réaliser des comparaisons entre différents pays ? Cette question a donc motivé l'élaboration de cette méthodologie qui cherche à répondre à ces questions :

- Comment fonder un socle de connaissances dès l'école primaire, et même dès la maternelle (Boily et al., 2015), qui permet une première rencontre avec des situations qui nécessitent des praxéologies à tendance algébrique comme outils de résolution ?
- Quels sont les choix didactiques inscrits dans le texte du savoir à enseigner qui permettent explicitement la possibilité d'un développement de la pensée algébrique, ou bien représentent implicitement un potentiel exploitable pour développer la pensée algébrique ?
- Dans le *savoir à enseigner* quels sont les types de tâches et les situations qui favorisent l'entrée dans l'algèbre en distinguant deux catégories :
  - explicites : celles qui sont explicitement proposées pour contribuer à ce développement ;
  - implicites : celles qui sont reconnues par le chercheur comme étant propices à ce développement.

Le caractère implicite/explicite est important, car le chercheur peut identifier un potentiel favorable au développement de la pensée algébrique, mais en détournant une proposition curriculaire qui n'avait pas été proposée avec cette raison d'être. C'est ainsi que le problème du bijoutier a été proposé en France.

4.2 Méthodologie d'analyse du *savoir à enseigner*

Cette méthodologie va être décrite en différentes phases qui suivent l'échelle de codétermination didactique (Cf. figure 4).

Phase 0 : développer un MER de l'objet étudié (Ex : le MERPA)

Phase 1 : délimiter l'objet mathématique étudié

C'est par exemple l'algèbre avant la lettre qui se situe au Québec de la 4e à la 6e année du primaire (de 9 ans jusqu'à 12 ans) et en France au cycle 3 de l'école primaire, incluant la fin de l'école primaire et la première année du premier cycle du secondaire (de 9 ans jusqu'à 12 ans).

Phase 2 : décrire le contexte institutionnel des institutions qui dictent ce que les enseignants doivent faire.

Au niveau de la *société* il s'agit d'identifier :

3. les institutions concernées (pays, état, région, etc.) ;

4. les textes promulgués par ces institutions ainsi que leur statut (loi, décret, recommandation, explicitation, etc.).

Au niveau de *l'école* il s'agit de décrire l'organisation des institutions d'enseignement (école primaire, secondaire, etc. ; âge des élèves dans chacune des institutions ; etc.)

Au niveau de la *pédagogie* cela consiste à décrire l'organisation de l'enseignement des mathématiques dans une institution donnée (ex : un seul maître pour toutes les disciplines ou pas ; durée d'une séance de mathématiques ; etc.)

Phase 3 : à partir du niveau de la *discipline*

Il s'agit de répondre aux questions suivantes :

- Quelle est la place d'une pré-algèbre dans le savoir à enseigner? Dans quels domaines? Quels thèmes? Etc.
- Quelle est l'organisation mathématique locale, voire régionale, proposée?
- Quelles indications concernant l'organisation didactique?
- Autrement dit, quels sont les habitats du développement d'une pré-algèbre?

Phase 4 : à partir du niveau de la *discipline*

Il s'agit d'analyser le *savoir à enseigner* avec un grain plus fin en se posant les questions suivantes :

- Quels sont les types de tâches pertinents ? (en précisant s'ils sont ou non dans la catégorie explicite ou implicite)
- Si elles sont présentes, quelles sont les techniques préconisées pour réaliser ces types de tâches? Sont-elles justifiées par des éléments technologiques?
- Quelles sont les situations pertinentes proposées explicitement ou non?

- Quelles sont les raisons d'être des types de tâches ou situations repérées précédemment? Qu'est-ce qui les motive?

Phase 5 : à partir du niveau de la *discipline*

Il s'agit d'analyser les éléments relatifs à l'organisation didactique en répondant à cette question : est-ce que des éléments de l'organisation didactique apparaissent et, si oui, quels sont-ils ?

4.3 Quelques résultats concernant le Québec et la France.

La phase 0 est la définition du MERPA (Cf. secteur 2-3-2)

Pour la phase 1, au niveau de la *société*, nous trouvons des textes qui définissent le curriculum officiel. Le tableau 5 présente ces textes.

	Québec	France
Dénomination	**1 - Programme de formation de l'école québécoise.** **2 - Progression des apprentissages au primaire**	**1- BO spécial n° 11 du 26 novembre 2015** **2 – Socle commun de connaissances, de compétences et de culture.** **BO n°17 du 23 avril 2015**
Diffusion	**- Gouvernement du Québec. Ministère de l'Éducation. (version 2001)**	**- Bulletin Officiel** **- Ministère de l'Éducation nationale**
Statut légal	**?**	**1 : Arrêté - 2 : décret**
Textes complémentaires	**?**	**Documents ressources.** **- le nombre aux cycles 2 et 3** **- le calcul en ligne**

Figure 5 : Textes officiels qui définissent le savoir à enseigner

Les liens entre le programme et la progression sont explicités ainsi au Québec :

> Le présent document [celui des progressions] constitue un complément au programme. Il apporte des précisions sur les connaissances que les élèves doivent acquérir au cours de chacune des années du primaire dans les différents champs de la mathématique […]. Ce document devrait faciliter le travail de planification de l'enseignement. PAP-primaire, 2009, p.3)

Par ailleurs, les liens entre programme et socle sont eux aussi définis pour la France :

Les objectifs de connaissances et de compétences de chaque domaine de formation [5 domaines] et la contribution de chaque discipline ou enseignement à ces domaines sont déclinés dans les programmes d'enseignement prévus à l'article L. 311-1 et suivants. (Socle, 2015, p.1)

Au niveau de l'école, il est possible de comparer l'organisation des institutions d'enseignement comme le montre le tableau 5.

Tableau 5

Organisation de l'enseignement en France et au Québec entre 3 et 14 ans

	Enseignement primaire au Québec								Enseignement secondaire au Québec	
	Préscolaire		1e	2e	3e	4e	5e	6e	2e	1e
3ans à 4 ans	**4 – 5**	**5 - 6**	**6 - 7**	**7 - 8**	**8 – 9**	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14
PS	**MS**	**GS**	**CP**	**CE1**	**CE2**	CM1	CM2	6e	5e	4e
Maternelle			Enseignement élémentaire					Collège		
Enseignement primaire en France								Enseignement secondaire en France		

Lors de la phase 3, l'analyse se situe au niveau général de la discipline ou encore au niveau du domaine du domaine, où s'élabore la construction de l'espace numérique. Au Québec, les objets nombres - entiers, décimaux et fractions – se trouvent dans un domaine intitulé « arithmétique » et, en France, ce domaine se nomme « nombres et calculs ». En France, la préoccupation essentielle, qui apparait à maintes reprises tout au long du texte du programme, est liée à la maitrise du calcul.

En France, nous trouvons un habitat implicite au niveau de la *discipline* « mathématiques » au cycle 3 :

> On veille aussi à proposer aux élèves des problèmes pour apprendre à chercher qui ne soient pas directement reliés à la notion en cours d'étude, qui ne comportent pas forcément une seule solution, qui ne se résolvent pas uniquement avec une ou plusieurs opérations mais par un raisonnement et des recherches par tâtonnements. (programme, 2015, p. 197)

La technique de résolution d'un problème arithmétique par tâtonnement ou par essai-erreur est un outil très pertinent pour développer des praxéologies à tendance algébrique (Adihou et al., 2016). Les auteurs du programme ne relient certainement pas cette technique à une pré-algèbre, mais c'est typiquement une préconisation implicite qui peut servir le développement d'une activité pré-algébrique.

Les domaines « arithmétique » pour le Québec et « nombres et calculs » pour la France sont ensuite subdivisés en secteurs selon deux logiques différentes :

- au Québec (Cf. tableau 6), en fonction du sens des nombres eux-mêmes et du sens des opérations sur les nombres, la partie opérations est à part. C'est le nombre en tant qu'objet (au sens de Douady, 1984) qui est présenté ;
- en France (Cf. tableau 7), en fonction de l'utilisation et de la représentation des différents types de nombres, d'une part, et de la résolution de problèmes utilisant ces nombres, d'autre part (statut du nombre comme objet puis comme outil).

Habitats dans la discipline « la mathématique » dans l'enseignement primaire au Québec			
Domaine	**Secteur**	**Thème**	**Sujet**
D1 : Arithmétique « En arithmétique, l'élève est invité à construire le sens des nombres, de la numération et des opérations » (p. 128)	**S1 : Sens et écriture des nombres**	**Th1 : Nombres naturels**	Expressions équivalentes – régularités – nombres pairs – nombres impairs - nombres carrés –nombres premiers ou composés.
		Th2 : fractions	Expressions équivalentes – Fractions équivalentes
		Th3 : nombres décimaux	Expressions équivalentes - décomposition
		Th4 : utilisation des nombres	Passage d'une forme d'écriture à une autre : notation fractionnaire, notation décimale, pourcentage.
	S2 : Sens des opérations sur des nombres	**Th1 : nombres naturels**	Terme manquant -Sens de la relation d'égalité (équation), sens de la relation d'équivalence – relations entre les opérations – commutativité – associativité – distributivité.
	S3 : opérations sur des nombres	**Th1 : nombres naturels**	- régularités : suites de nombres, famille d'opérations – décomposition en facteurs premiers.
		Th2 : fractions	Etablissement de fractions équivalentes – réduction de fraction, fraction irréductible.

Tableau 6

Habitats dans la discipline « mathématiques » au cycle 3 en France

D.	Secteur	Thème	Sujet
Domaine 1 : Nombres et calculs	S1 : Utiliser et représenter les grands nombres entiers, des fractions simples, les nombres décimaux	Th1 : Comprendre et utiliser la notion de fractions simples.	- Diverses désignations des fractions (orales, écrites et décompositions - Etablir des égalités entre des fractions simples. - Ecrire une fraction sous forme de somme d'un entier et d'une fraction inferieure à 1.
		Th2 : Comprendre et utiliser la notion de nombre décimal.	- Associer diverses désignations d'un nombre décimal (fractions décimales, écritures à virgule et décompositions).
		Th3 : Mémoriser des faits numériques et des procédures élémentaires de calcul	- Elaborer ou choisir des stratégies de calcul à l'oral et à l'écrit. - Propriétés des opérations : • $2+9=9+2$ • $3\times5\times2=3\times10$ • $5\times12=5\times10+5\times2$
		Th4 : calcul en ligne	- Utiliser des parenthèses dans des situations très simples. - Règles d'usage des parenthèses.
	S2 : Résoudre des problèmes en utilisant des fractions simples, les nombres décimaux et le calcul	Th1 : Résoudre des problèmes mettant en jeu les quatre opérations.	- Problèmes relevant : • des structures additives ; • des structures multiplicatives.

Tableau 7

Lors de la phase 4, la comparaison entre la France et le Québec est possible en termes de types de tâches.

Type de tâches	Québec	France
- Reconnaitre, produire, associer des expressions équivalentes de deux nombres	Forte présence pour tous les types de nombres	Sous-type de tâches sur des cas très précis (absence du terme équivalence, mais présent au cycle 2)
- Identifier et utiliser des nombres entiers qui ont une structure particulière	Pair, impair, premier, composé, carré	Rien
- Rechercher un terme manquant dans une égalité	Avec toutes les opérations	Rien (présent au cycle 2)
- Identifier et utiliser les propriétés des opérations	Commutativité ; associativité ; distributivité (termes non connus pas les élèves)	Commutativité ; associativité ; distributivité sous la forme d'exemples numériques
- Identifier des régularités	En particulier sur des suites de nombres	Rien (présent au cycle 1)

Tableau 8

La comparaison peut se réaliser également en termes de situations. Nous allons restreindre la présentation aux situations de généralisation qui apparaissent très pertinentes dans le MERPA.

Pour le Québec, voici un extrait de la progression des apprentissages au primaire :

> Décrire dans ses mots et avec un vocabulaire mathématique approprié des régularités numériques (ex. : nombres pairs, nombres impairs, nombres carrés, nombres triangulaires, nombres premiers, nombres composés). (PAP primaire, 2009, p. 6)

Et dans la partie consacrée au domaine « arithmétique » le concept de régularité est repris :

> Les situations qui lui sont proposées doivent comporter des régularités numériques ou non numériques (couleurs, formes, sons, etc.). Elles lui permettront d'observer et de décrire diverses régularités, des suites de nombres et d'opérations telles que la suite des nombres pairs, la suite des multiples de 5, la suite des nombres triangulaires. Elles le conduiront ainsi à ajouter des termes à une suite, à énoncer des règles générales ou à construire des modèles. Il pourra alors énoncer ou déduire des définitions, des propriétés et des règles. (PAP primaire, 2009, p.11)

En France, rien n'est proposé au cycle 3 comme travail sur des régularités ou des généralisations. Pourtant ce travail est amorcé en maternelle, mais il n'est pas du tout poursuivi en primaire :

> dès la petite section, les enfants sont invités à organiser des suites d'objets en fonction de critères de formes et de couleurs ; les premiers algorithmes qui leur sont proposés sont simples. Dans les années suivantes, progressivement, ils sont amenés à reconnaître un rythme dans une suite organisée et à continuer cette suite, à inventer des « rythmes » de plus en plus compliqués, à compléter des manques dans une suite organisée. (BO spécial n°2 du 26 mars 2015, p. 18).

En France, il existe des « ressources » sur certains thèmes d'enseignement qui explicitent les programmes. C'est le cas de la ressource intitulée « le calcul en ligne au cycle 3 » (2016), ce type de calcul étant introduit comme une nouveauté dans le programme de 2015. Nous trouvons dans ce document une référence explicite concernant l'intérêt de ce type de calcul pour préparer le travail algébrique sur les expressions littérales et les équations :

> En fin de cycle, on tend progressivement vers un calcul organisé en une seule ligne, utilisant si nécessaire des parenthèses. La capacité à écrire de telles expressions numériques prépare les attendus du cycle 4 liés à la production d'expressions littérales et à la mise en équation de problèmes. (le calcul en ligne au cycle 3, 2016, p.4)

Dans ce même document, un long développement concerne le statut du signe égal et de l'égalité ce qui, conformément au MERPA, est une nécessité pour préparer l'avènement du travail algébrique.

> Le calcul en ligne et le travail sur les décompositions se fondent sur une signification du signe « = » comme lien entre deux écritures distinctes d'un même nombre, à lire dans les deux sens, de façon symétrique, comme par exemple, 26 × 5 = 13 × 2 × 5. (le calcul en ligne au cycle 3, 2016, p. 6)

5. Éléments de conclusion à propos du savoir enseigné en France et au Québec

La définition du MERPA nous a servi de référence pour mener l’analyse des programmes de ces deux pays selon une méthodologie outillée par la TAD. Ce MERPA a permis de mettre au jour des éléments implicites ou explicites du *savoir à enseigner* pertinents pour travailler une pré-algèbre mais aussi pour repérer des vides didactiques. La comparaison entre les deux pays est à ce titre intéressante pour montrer comment ces vides pourraient être comblés. Ainsi, en France, un exemple de vide peut être donné avec l’absence de nombres aux formes particulières : carrés, pairs, impairs, triangulaires, etc. ou encore l’absence d’un travail sur les régularités et les généralisations comme la poursuite en primaire de l’étude de suites numériques ou géométriques amorcée pourtant en maternelle.

Les deux curriculums officiels de la France et du Québec sont différents dans leurs objets et leurs logiques. En France, l’objectif de préparer explicitement le développement d’activités pré-algébriques n’apparait pas du tout dans le programme, où l’aspect calculatoire est mis en relief. L’objectif concernant l’édification d’un socle pour préparer l’avènement de l’algèbre apparait explicitement dans le document ressource sur le calcul en ligne, mais ce document n’a pas le même statut que celui du programme officiel et peu d’enseignants s’y réfèrent.

Ainsi, la comparaison des deux pays fait apparaitre des conditions meilleures au Québec pour développer des connaissances d’une pré-algèbre et c’est bien une volonté explicitement proclamée qui est à l’œuvre, comme nous pouvons le lire dans cette citation du programme du cycle 1 du secondaire au Québec :

> Au primaire, par ses diverses activités mathématiques, l’élève a été initié, à son insu, à des préalables à l’algèbre. Mentionnons notamment la recherche de termes manquants par l’utilisation des propriétés des opérations et des relations entre elles, l’appropriation du sens des relations d’égalité et d’équivalence, l’utilisation des priorités des opérations et la recherche de régularités dans différents contextes. (p. 29)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADIHOU, A., SQUALLI, H., SABOYA, M., TREMBLAY, M. et LAPOINTE, A. (2016). Analyse des raisonnements d’élèves en lien avec différentes structures des problèmes de comparaison. *In Actes du colloque de l’Espace Mathématique Francophone* (EMF 2015), Alger.

ADIHOU A., LARGUIER M., SQUALLI H., BRONNER A. (à paraitre). Le développement de la pensée algébrique à l'école primaire et au début du secondaire. Actes du colloque Recherche et perspectives curriculaires. Du 7 au 9 mai 2018 à Longueuil, Université de Sherbrooke

ALVES, C., COPPE, S., DUVAL, V., GOISLARD, A., KUHMAN, H., DAMETTO M., PIOLTI S., LAMOTHE C. et ROUBIN (2013). Utilisation des programmes de calcul pour introduire l’algèbre au collège. REPERES IREM N° 92 numéro spécial Algèbre. 9-30

ARCAVI A., FRIENDLER A., HERSHKOWNZ R. (1990), L’algèbre avant la lettre, Petit x n°24, 61-71

ARTIGUE M. (2017). La recherche didactique en algèbre : que nous apprennent les perspectives sémiotiques ? Journées bisontines de didactique et d'épistémologie, 4 et 5 mai 2017 http://epiphymaths.univ-fcomte.fr/algebre/JBDE-2017-Artigue.pdf

BEDNARZ, N. et DUFOUR-JANVIER, B. (1992). L'enseignement de l'algèbre au secondaire : une caractérisation du scénario actuel et des problèmes qu'il pose aux élèves. Actes du colloque international du 20 au 22 mai 1992 : didactique des mathématiques, formation normale des enseignants. École normale supérieure de Marrakech, 21-40

BELLARD N., BRONNER A., BOULLIS M., GIRMENS Y., LARGUIER M., LEWILLION M., PELLEQUER S., REBILLARD E., ROCHE M., SECO M. et VERGNE C. (2005), La règle dans tous ses états. Institut de Recherche de l'Enseignement des Mathématiques de Montpellier et Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public, Brochure APMEP n° 165.

BOILY M., LESSARD G., POLOTSKAIA E., ANWANDTER CUELLAR N. (2015) Étude du développement de la pensée algébrique au préscolaire. In Theis L. (Ed.) Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage – Actes du colloque EMF2015 – GT3, pp. 220-230.

BOLEA, P., BOSCH, M., GARCIA, J., GASCON, J., RUIZ HIGUERAS, L., et SIERRA, T. A. (2005). Analyse de « La mesure en CM1 » d'aprés la TAD. En M. H. Salin, P. Clanché, & B. Sarrazy (Eds.), Sur la Théorie des Situations Didactiques (pp. 153-166). Grenoble, Francia: La Pensée sauvage Bosch 2005, 2013

BOSCH M. et CHEVALLARD Y. (1999). La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Recherches en didactique des mathématiques, 19(1), 77-124.

BRONNER, A. (2007) La question du numérique : le numérique en questions. Habilitation à diriger des recherches. Montpellier : Université Montpellier 2.

BRONNER A., (2015) Développement de la pensée algébrique avant la lettre - Apport des problèmes de généralisation et d'une analyse praxéologique. In Theis L. (Ed.) Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage – Actes du colloque EMF2015 – GT3, pp. 247-264.

BROUSSEAU G. (1998). Théorie des situations didactiques. Grenoble : La pensée sauvage.

CHEVALLARD 1995

CHEVALLARD Y. (1982). Pourquoi la transposition didactique ? Communication au Séminaire de didactique et de pédagogie des mathématiques de l'IMAG, Université scientifique et médicale de Grenoble. Paru dans les *Actes* de l'année 1981-1982, 167-194.

CHEVALLARD Y. (1985). *La transposition didactique – Du savoir savant au savoir enseigné*, La Pensée sauvage, Grenoble, deuxième édition augmentée, 1991.

CHEVALLARD Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : Perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12/1, 73 - 112.

CHEVALLARD Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19(2), pp. 222-265.

CHEVALLARD Y. (2002). Organiser l'étude. Structures & fonctions. In Dorier J.-L., Artaud M., Artigue M., Berthelot R., Floris R. (Eds.) *Actes de la 11e école d'été de didactique des mathématiques.* Grenoble : La Pensée sauvage, 3-22

CHEVALLARD (2008). Extrait de l'enseignement donné en licence de sciences de l'éducation en 2008-2009 à l'université de Provence par Yves Chevallard. http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=136.

CHEVALLARD Y. (2012) Théorie Anthropologique du Didactique & Ingénierie Didactique du Développement. Journal du séminaire TAD/IDD.

CHEVALLARD Y. et BOSCH M. (2012) L'algèbre entre effacement et réaffirmation aspects critiques de l'offre scolaire d'algèbre. *Dans J.L. Dorier et A. Robert (Eds). Enseignement de l'algèbre élémentaire.* Hors série de Recherches en Didactique des Mathématiques, 19-40. La Pensée Sauvage : Grenoble.

COULANGE L., DROUHARD J-P. et al. (2012). Enseignement de l'algèbre élémentaire, bilan et perspectives. Recherches en didactique des mathématiques, numéro spécial hors-série. La pensée sauvage.

DOUADY R. (1984). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. Recherches en didactique des mathématiques 17/2, 5-31.

DROUHARD J-P., MAUREL M., PECAL M. et SACKUR C. (1997) Comment recueillir des connaissances cachées en algèbre et qu'en faire ? Repères-IREM, n°28, 37-68

DUVAL R. (1995). Sémiosis et pensée humaine, Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels, Peter Lang SA

FREGE G. (1892). Sens et dénotation, in Écrits logiques et philosophiques, trad., Paris : Seuil, 1971, pp. 102-126.

GASCON J. (1994), Un nouveau modèle de l'algèbre élémentaire comme alternative à l'algèbre généralisé, Petit x, n°37, 43–63.

KOUKI R. (2006) L'articulation syntaxe/sémantique au cœur des analyses didactiques au niveau de l'algèbre élémentaire ? Actes EMF Sherbrooke

KRYSINSKA, M., MERCIER A. et SCHNEIDER M. (2009). Problèmes de dénombrement et émergence de premiers modèles fonctionnels. *Recherches en Didactique des Mathématiques,* 29 (3), 247-304.

LARGUIER M. (2009). *La construction de l'espace numérique et le rôle des reprises en classe de seconde : un problème de la profession*. Thèse de doctorat. Université Montpellier 2.

RADFORD L. (2006). Algebraic thinking and the generalization of patterns: a semiotic perspective. Dans S. Alatorre, J. L. Cortina, M. Sáiz, A. Méndez (Eds.), Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, North American Chapter, Mérida: Universidad Pedagógica Nacional, November 9 – 12, Vol. 1, 2-21.

REYNES F. (1993). Le concept d'égalité : clé ou verrou, *Petit x, 35*, 61-73. IREM de Grenoble, RUIZ-MUNZON N. (2010). La introducción del álgebra elemental y su desarrollo hacia la modelización funcional. Doctoral dissertation, Universitat Autònoma de Barcelona, Spain.

SFARD, A. (1991). On the dual nature of mathematics conceptions: reflections on processes and objects as different sides of the same coin. Educational Studies in Mathematics, 22, 1-36.

SQUALLI, H., MARY, C. et MARCHAND, P. (2011). Orientations curriculaires dans l'introduction de l'algèbre : cas du Québec et de l'Ontario. Dans Lebeaume, J., Hasni, A. et Isabelle Harlé, I. (eds). Recherches et curriculums : le cas de l'enseignement des mathématiques, sciences et technologie. Bruxelles : DeBoeke

Textes des programmes officiels

PAP-primaire (2009). Progression des apprentissages au primaire – Progression des apprentissages – Mathématique. 2009. http://www1.education.gouv.qc.ca/progressionSecondaire/pdf/progrApprSec_Mathematique_fr.pdf

PFÉQ-primaire (2006). Programme de formation de l'école québécoise – Éducation pré-scolaire – Enseignement primaire. Bibliothèque nationale. 2006. http://www1.education.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/pdf/prform2001.pdf.

PFÉQ-secondaire (2006). Programme de formation de l'école québécoise – Éducation secondaire, premier cycle. http://www1.education.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/secondaire1/pdf/chapitre001v2.pdf- de l'école québécoise

Programmes d'enseignement (2015). Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4). Arrêté du 9 novembre 2015. http://www.education.gouv.fr/ pid285/ bulletin_officiel. html?cid_bo=95184

Socle (2015). Socle commun de connaissances, de compétences et de culture. Décret du 31 mars 2015.

https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2015/3/31/MENE1506516D/jo

Programme d'enseignement de l'école maternelle (2016) BO spécial n°2 du 26 mars 2015

Le calcul en ligne au cycle 3 (2016), EDUSCOL

QUELLE PLACE POUR LA DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES DANS LA FORMATION CONTINUE DES ENSEIGNANTS DE MATHÉMATIQUES EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE?

Alexandre MOPONDI BENDEKO MBUMBU
Professeur Ordinaire, Université Pédagogique Nationale, UPN, RDC

RÉSUMÉ

Il est à constater qu'aux indépendances des pays africains au sud du Sahara, l'enseignement a, d'une façon générale, continué à fonctionner dans l'esprit et la conception d'avant l'indépendance, notamment dans la formation « des agents d'exécution » pour les différentes institutions du pays, de niveau de formation rudimentaire, qui dépassait difficilement le Collège ou le Lycée. Selon le type de colonisation, certains pays, comme la République Démocratique du Congo, avaient à peine une dizaine d'universitaires formés à l'indépendance. C'est dans ce contexte que les autochtones étaient appelés à prendre la relève.

Les efforts de rattrapage des organismes internationaux, comme l'UNESCO, de la Coopération internationale et des gouvernements locaux donnent des résultats mitigés. Les sous-qualifications, notamment des professeurs du secondaire pour ce qui nous concerne, sont toujours au centre des préoccupations au niveau national. Et dans l'entrain-temps, des nombreux politiciens africains lèvent la voix pour souhaiter la prise en charge des besoins du milieu social dans la formation des jeunes.

Entre la formation à l'étranger des jeunes africains, qui n'a pas toujours une réalité locale, et la formation locale de ces jeunes, qui est généralement très théorique, il faut trouver ce qu'il faut pour répondre présent à l'appel de ces politiciens africains.

Est-il qu'à ce jour, l'Afrique peine à mettre en place des structures permettant de fournir les conditions de fonctionnement efficace. Le contexte fait que les hommes et les femmes qui acceptent d'assurer la continuité ne sont pas nécessairement armés pour le faire : ils (elles) n'ont pas toujours la maîtrise du contenu à enseigner et la conception efficace de l'enseignement. Comme ils (elles) sont sur terrain, la formation continue reste un des moyens efficaces permettant d'alléger leur tâche d'enseignant.

Alors, poser la question de la place de la didactique des mathématiques dans la formation continue revient à poser la question des éléments de solution aux problèmes qui se posent, **contenu à enseigner** et **conception de l'apprentissage**. Nous pensons que la didactique des mathématiques, associée à l'ethno-mathématique, a des éléments de réponse, notamment dans la préparation de la fiche de leçon, **l'analyse a priori**, et pendant le déroulement d'une leçon en classe, **la négociation didactique.** Nous essayerons d'illustrer nos propos par des exemples.

MOTS CLÉS

Formation continue - Enseignant de mathématique – Sous-qualification – Didactiques des mathématiques - Théorie des situations – Analyse a priori – Négociation didactique

SUMMARY

It is to be noted that, at the independence of African countries south of the Sahara, education generally has to continue to function in the pre-independence spirit and conception, particularly in the formation of enforcement agents "for the different institutions of the

country. Rudimentary level of education, which was difficult to overcome the College or High School. Depending on the type of colonization, some countries, such as the Democratic Republic of Congo, had barely a dozen academics trained for independence. It was in this context that Aboriginal people were called to take over.

The catching up efforts of international organizations, such as UNESCO, International Cooperation and local governments, have mixed results. The under-qualifications, especially secondary school teachers for us, are still at the center of the national concerns. And in the pastime, many African politicians raise their voices to wish to take charge of the needs of the social milieu in the training of young people.

Between the training of young Africans abroad, which does not always have a local reality, and the local training of these young people, which is generally very theoretical, it is necessary to find what it takes to answer the call of these African politicians.

Is it so far that Africa is struggling to put in place structures to provide the conditions for efficient operation. The context is that men and women who agree to ensure continuity are not necessarily equipped to do so: they do not always have the mastery of the content to teach and the effective design of teaching. As they are in the field, continuing education remains one of the effective means to lighten their teaching duties.

So to ask the question of the place of didactics of mathematics in continuing education is to ask the question of the elements of solution to the problems that arise, content to teach and design of learning. We believe that didactics of mathematics, associated with ethno-mathematics, has elements of answer, especially in the preparation of the lesson sheet, the analysis a priori, and during the course of a lesson in class, the didactic negotiation. We will try to illustrate our words with examples.

KEYWORDS

Continuing education - Mathematics teacher - Under-qualification - Didactics of mathematics - Theory of situations - A priori analysis - Didactic negotiation

INTRODUCTION

Il est à constater qu’aux indépendances des pays africains au sud du Sahara, l’enseignement a, d’une façon générale, continuer à fonctionner dans l’esprit et la conception d’avant l’indépendance, notamment dans la formation « des agents d’exécution » pour les différentes institutions du pays. De niveau de formation rudimentaire, qui dépassait difficilement le Collège ou le Lycée. Selon le type de colonisation, certains pays avaient à peine une dizaine d’universitaires formés à l’indépendance. C’est dans ce contexte que les autochtones étaient appelés à prendre la relève.

Il faut signaler les efforts de l’UNESCO dans la création de certaines institutions de formations, comme l’Institut Pédagogique National, dans les pays où le manque était vraiment criant (la RDC et les autres). Les différents gouvernements ont octroyé des bourses d’études pour l’étranger, tout en créant des conditions pour la formation de la majorité qui reste au pays. Le résultat reste mitigé. Les sous-qualifications, notamment des professeurs du secondaire, sont toujours au centre des préoccupations au niveau national. De nombreux politiciens africains lèvent la voix pour souhaiter la prise en charge des besoins du milieu social dans la formation des jeunes.

Entre la formation à l’étranger des jeunes africains, qui n’a pas toujours une réalité locale, et la formation locale, qui est généralement très théorique, il faut trouver ce qu’il faut pour répondre présent à l'appel des politiciens africains. La réalité est qu'il y a très peu d'éléments de réponse de la part des acteurs de terrain africains, chercheurs en l'occurrence. Les quelques rares projets, pour citer le projet d'harmonisation des Programmes de Mathématiques (HPM), restent inachevés faute des financements et surtout de volonté des africains de se prendre en charge.

Est-il que l'Afrique, à ce jour, peine à mettre en place des structures permettant de fournir les conditions de fonctionnement efficaces. Elle continue, pour exister, à suivre les traces « des autres ». Le contexte fait que les hommes et les femmes qui acceptent d'assurer la continuité ne sont pas nécessairement armés pour le faire : ils (elles) n'ont pas toujours la maîtrise du contenu à enseigner (la sous-qualification scientifique) et de la conception de l'enseignement efficace (sous-qualification pédagogique).

Comme ils (elles) sont sur terrain, la formation continue reste un des moyens efficaces permettant d'alléger leur tâche d'enseignant. Donc, poser la question de la place de la didactique des mathématiques dans la formation continue revient à poser « *la question de quelle mathématique* » dans la formation continue. Ce qui suppose des connaissances de ce qui se passe sur terrain : est-ce que les enseignants maîtrisent le contenu à enseigner? Ont-ils la formation pour exercer ce métier ? Est-ce que les conditions sont réunies pour un fonctionnement efficace? Où en est-il de l'efficacité de l'apprentissage ?

La formation continue a donc la mission de s'occuper du « ***contenu à enseigner*** » ***et*** de la « ***conception de l'enseignement*** » de ce contenu; c'est-à-dire d'un « ***contenu didactifié*** ». Elle doit fournir ***« un contenu aux conditions d'utilisation en classe. »***

Les travaux de la Commission Permanente des IREM pour l'Enseignement Elémentaire (COPIRELEM) en France peuvent donner des idées de ce que nous pouvons faire. Elle s'intéresse à la fois aux recherches sur l'enseignement des mathématiques et à la formation des professeurs ; participe à la diffusion des recherches en didactique des mathématiques, notamment aux formateurs de professeurs en organisant colloques et séminaires annuels de formation.

1. La place de la didactique des mathématiques dans la formation continue

Pour situer la didactique des mathématiques dans cette formation continue, nous proposons de partir du déroulement classique d'une séance de leçon où nous mettons en évidence la place de l'évaluation, pour montrer ensuite la nécessité de la didactique. L'évaluation prise ici dans le sens de diagnostic, d'aide à apprendre et de moyen de vérification que le but est atteint ou pas.

1.1. Séance classique

Dans le déroulement d'une séance de leçon classique, nous avons l'évaluation :

- A. **Avant la séquence d'apprentissage**, à *l'introduction* : nous parlons de **l'évaluation diagnostique.** Elle permet d'établir un état des acquis de l'élève, point de départ indispensable à la définition concertée avec lui de ce qu'il sait ou pas, de ce qu'il sait faire ou pas. *Ce sont généralement des questions / réponses de rappel*.
- B. **Pendant la séquence d'apprentissage** : nous parlons de **l'évaluation formative**.
- Elle permet à l'enseignant de :
- B1. **Faire le point**, un moment donné de l'apprentissage, sur le degré de maîtrise des compétences ;

- B2. **Identifier** les *lacunes*, les *erreurs* et déterminer les *élèves en difficulté* ;
- B3. **Réguler** l'action pédagogique, c'est-à-dire corriger le tir - différencier – mettre en place des activités de soutien – prévoir l'aide personnalisée.

L'évaluation formative a donc la fonction régulatrice pour accompagner la réussite des élèves.

C. **Après la séquence d'apprentissage** : nous parlons de **l'évaluation sommative**.

Elle est destinée à faire le *bilan*, la *somme des compétences* et des *connaissances* des élèves après une séquence d'enseignement ou après une période donnée (fin de trimestre ou d'année, etc.)

1.2. Observations de type didactique

Nous constatons, dans ce qui précède, que les *objectifs premiers d'une évaluation* sont :

- **Repérer** les élèves qui risquent de ne pas atteindre les objectifs définis par les programmes – **Poser** un diagnostic ;
- **Analyser** les difficultés rencontrées par ces élèves ;
- **Différencier** sa pédagogie ;
- **Mettre en place** des activités d'approfondissement, de soutien-remédiations en classe, d'aide personnalisée.

Nous constatons, malheureusement, que ce travail est presque inexistant, pour ne pas dire inexistant, dans nombre de systèmes d'enseignement secondaire africains.

Nous émettons l'hypothèse selon laquelle la didactique des mathématiques a des éléments de réponse permettant de remédier à la situation.

En effet, en reprenant, étape par étape, les différentes pratiques d'évaluation, nous pouvons établir un parallélisme entre ces dernières et les différentes étapes du déroulement d'une séance selon la théorie des situations. Cela permettra de mettre en évidence ce que la théorie des situations peut apporter comme éléments de réponse aux problèmes qui se posent :

A. **Avant la séquence d'apprentissage** : l'objectif ici est d'établir l'état des acquis des élèves.

- A1. *De façon classique*, nous procédons généralement par des **questions / réponses** où les acquis diagnostiqués relèvent de la **reproduction** des définitions, propriétés, de la mémoire.
- A2. *Selon la théorie des situations*, l'élève doit être en **situation d'action** ; il doit résoudre une situation-problème qui lui est proposée.

Les acquis sont donc vérifiés par l'action, les productions, et non par la reproduction, la mémoire. **Ce sont ces productions qui vont faire l'objet de débat à la mise en commun.**

B. **Pendant la séquence d'apprentissage**

- B1. *De façon classique*, l'évaluation formative est **remplacée par un discours de l'enseignant** sur ce qu'il faut enseigner, ponctué par des questions / réponses, qui se termine par un résumé dans les cahiers des élèves

- B2. _Selon la théorie des situations_, comme les élèves ont agi, ils ont proposé plusieurs façons de résoudre la situation-problème. L'enseignant doit maintenant faire une **mise en commun de productions d'élèves** où chacun a l'occasion de s'expliquer. Ils reçoivent, de l'enseignant et surtout des camarades de classe, une aide précieuse et personnalisée à l'apprentissage. ***C'est dans ces justifications et interactions que l'apprentissage se réalise, que l'évaluation formative, comme aide à apprendre, prend son sens, se réalise***.

Nous pouvons donc constater que la théorie des situations, à travers l'analyse a priori, offre l'occasion de débattre, qui remplace le discours de l'enseignant sur le contenu à enseigner.

C. **Après la séquence d'apprentissage**

L'évaluation sommative est la plus utilisée pour le bilan des compétences et des connaissances des élèves. Signalons seulement qu'il serait souhaitable, dans ce bilan, de prendre en compte la partie théorique, les types de situations-problèmes travaillées en classe et les situations-problèmes proches du milieu social des élèves.

2. Le travail didactique dans le processus de la formation continue

2.1. Structures institutionnelles

La formation continue, notamment d'enseignants de mathématique dans l'enseignement secondaire, ne nous semble efficace que lorsqu'il existe des structures institutionnelles qui garantissent le suivi de l'évolution de la formation. Il en existerait au moins deux : l'une dans l'établissement de formation d'enseignants (ENS, IPN, UPN, etc.) et l'autre au Ministère de l'Education Nationale, précisément à l'Inspection Générale de l'Enseignement (IGE).

La structure institutionnelle de l'ENS (ou IPN), comme par exemple l'IREM, se chargera du questionnement sur l'enseignement des mathématiques, c'est-à-dire de tout ce qui est didactique des mathématiques. Les enseignants-chercheurs de cette dernière feront un travail de groupe constitué d'enseignants de terrain et de chercheurs. C'est dans les groupes constitués qu'il aura la préparation des fiches de leçon qui seront expérimentées dans des classes. Celle de l'IGE, composée d'inspecteurs, se chargera du suivi du travail sur terrain.

Les colloques et séminaires permettront de faire le bilan et d'entrevoir les perspectives d'avenir. Vu l'état de nos moyens de communication, un site internet faciliterait le travail d'enseignants qui auraient besoin d'informations.

2.2. Fiche de préparation de leçon

Le travail didactique dans le processus de la formation continue commence par **l'analyse a priori.** Les pédagogues parlent de la « préparation d'une leçon ».

Elle part de l'expérience de l'enseignant, de travaux de recherches, de l'épistémologie et de l'histoire mathématique de la notion à enseigner pour savoir à quel moment elle apparaît en mathématique, qu'elle est une réponse à quel problème mathématique posé, comment elle a évolué dans le temps, etc. Ce questionnement devrait conduire à préciser l'objectif de l'apprentissage, à identifier ce qui a varié dans le temps (nous parlons de variables) et à mettre en place une progression d'apprentissage où ces variables sont gérées.

Une fois que le travail d'analyse a priori est fait, la situation didactique formulée, tout est consigné dans une fiche. C'est dans le déroulement que le travail didactique de l'action, négociation didactique et d'institutionnalisation se met en place.

2.3 Exemples d'analyse a priori

2.3.1 Thème de formation « Les parallélogrammes »

Nous supposons qu'il est question des élèves de Secondaire Général (Collège en France) qui ont attendu parler de parallélogramme, rectangle, carré, losange, trapèze. Comme nous demandons de parler de parallélogrammes au pluriel, il est certainement question de les recenser, de mettre en évidence les propriétés qui les caractérisent.

- a. Je commence par définir un parallélogramme : « un quadrilatère qui a des côtés opposés parallèles deux à deux. »
- b. Le parallélogramme a 4 côtés, 4 angles et 2 diagonales.
- c. Ce qui peut changer dans ces composantes :
- Côtés : la longueur, la position,
- Les angles : droits, obtus, aigus,
- Les diagonales qui se coupent en leur milieu : longueur des diagonales (même ou non), position des diagonales (perpendiculaires ou non).

Il faut maintenant savoir gérer ce qui change (variables) pour un objectif à atteindre. Comme il est question ici de les caractériser, il faut arriver à identifier le changement pertinent (variable pertinente) pour y arriver. Nous remarquerons que les variables pertinentes pour cet objectif, qui est d'établir le rapport entre les parallélogrammes, sortiront des diagonales et la position des côtés :

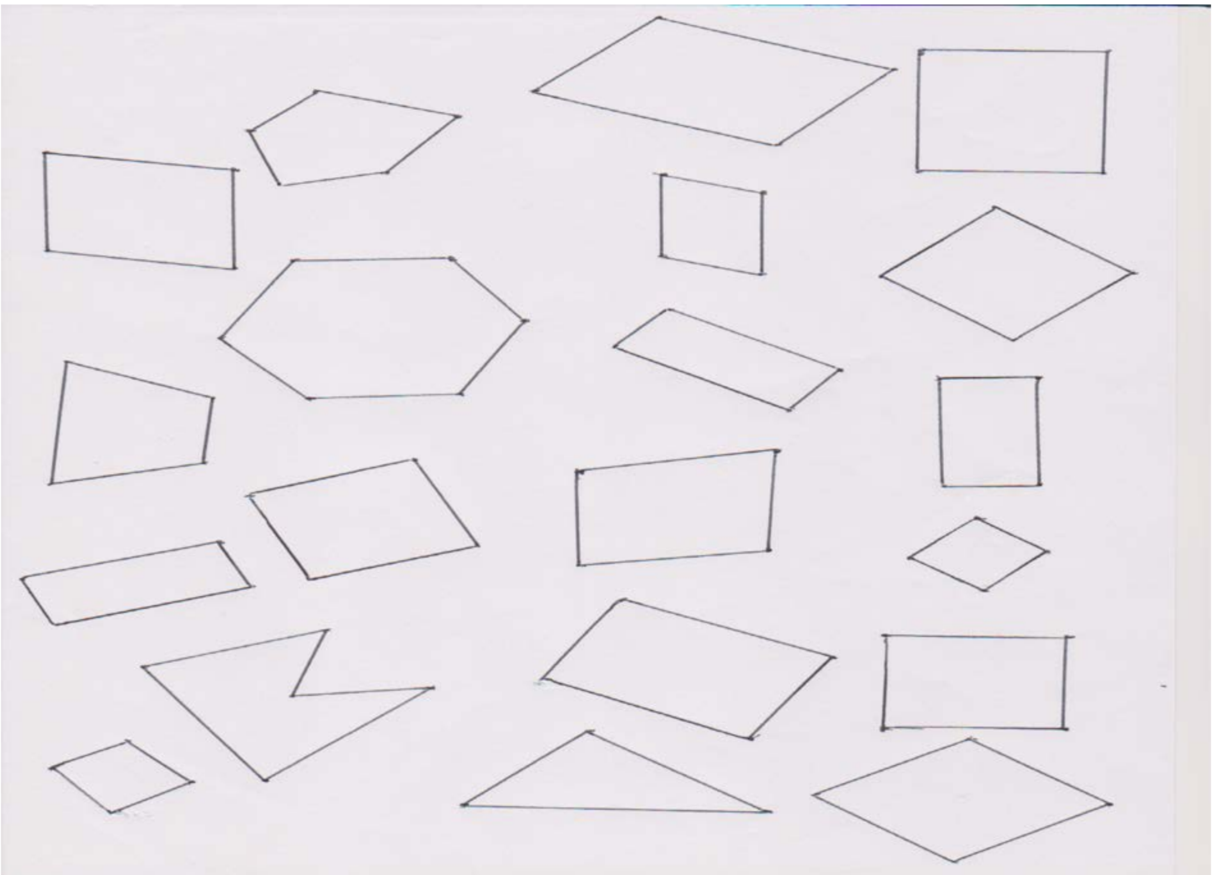
- V1 : position des diagonales - V11 : diagonales perpendiculaires - V12 : diagonales non perpendiculaires,
- V2 : longueur des diagonales – V21 : diagonales de même longueur – V22 : diagonales de longueurs différentes,
- V3 : position du parallélogramme – V31 : parallélogramme sur un côté – V32 : parallélogramme sur un sommet.

Avec ces variables, je commence ma première séance où je mets les élèves en action :

Activité : « Identification et comparaison des parallélogrammes. »

Consigne : « Nous vous demandons d'identifier les parallélogrammes parmi les figures ci-dessous et de les comparer.»

Nous remarquerons que nous avons tenu compte de ces trois variables dans la présentation de ces figures. C'est à la mise en commun des productions des élèves qu'il va y avoir un débat, d'explication et justification, de ce qui est parallélogramme ou ce qui ne l'est pas.



2.3.2 Thème de formation : « Introduction de la notion d'équation »

2.4 Constat :

Le plus souvent et cela de façon presque systématique, l'enseignant introduit la notion mathématique d'équation par la définition, « une égalité qui n'est vérifiée que pour certaines valeurs attribuées à l'inconnue », et passe directement aux méthodes de résolution qui conduisent à trouver la valeur de cette inconnue.

2.5 Formulation de l'équation :

Si nous observons de près la façon dont la notion est présentée, c'est-à-dire son expression, nous constatons qu'il y a trois composantes principales : le signe d'égalité (=) et deux polynômes, appelés membres. Nous pouvons alors dire que la désignation et la définition de la notion mathématique d'équation se réfèrent aux composantes de son expression, le signe d'égalité.

En mathématique le signe « = » (égal), placé entre deux termes symbolise la relation d'égalité, ces deux termes désignent exactement le même objet mathématique, en général nombre, ensemble, fonction, etc.

Au-delà de cette signification mathématique soulignée ci-haut, l'égalité peut avoir d'autres représentations mentales : elle peut représenter la combinaison de deux nombres pour obtenir un troisième ; il s'agit de l'égalité du type a + b = c. Elle peut aussi signifier le fractionnement d'un nombre en deux nombres différents ; il s'agit d'égalité du type a = b + c. L'égalité peut également être une relation d'équivalence qui peut avoir plusieurs dénominations pour un même nombre. Par exemple 0,4 est une autre désignation de $\frac{2}{5}$, « 3 + 4 » serait du point de vue mathématique la désignation de « 5+2 ».[13]

2.6 Notion mathématique d'équation

Mathématiquement, lorsque nous parlons d'équation, nous sous-entendons l'équivalence (réflexibilité, transitivité, symétrie), l'équipotence (cas particulier de l'équivalence ; c'est de l'équivalence quantitative) et l'égalité (cas particulier de l'équipotence). Il existe évidemment des différences fondamentales entre ces trois notions qui cependant correspondent toutes à l'équivalence.

2.7 Observations de classes :

Les observations de classes dans la ville de Kinshasa montrent bien l'existence d'une progression de l'apprentissage de la notion d'équation. En la suivant, nous pouvons mettre en évidence certains sens (significations, interprétations, lectures, etc.) attribués à la notion d'équation, qui se réfèrent tous au signe d'égalité. Nous avons :

- La relation d'équivalence, le premier sens que nous avons retrouvé dans les situations concrètes proposées en maternelle. L'accent est mis sur la relation d'équipotence entre les éléments de deux collections. Aucun code n'est utilisé.
- Au primaire, s'ajoutent, dans l'ordre de la progression, les sens de « l'opération à trou », voire l'addition à trou, de la « décomposition d'un nombre en une somme » ou « fractionnement du nombre », et du « complément d'un nombre ». Une généralisation sur les autres opérations fondamentales, soustraction – multiplication – division clôture le travail de l'école primaire sur l'équation.

C'est donc à l'école primaire que commence la formulation (ou l'écriture ou encore la présentation) de l'équation comme langage ou comme expression mathématique d'un problème posé. Cela nécessite l'apparition de certains codes : « = » (signe d'égalité) ; « …. » (signe de trou) ; « + » (signe d'addition) ; « - » (signe de soustraction) ; « $\times$ » (signe de multiplication) ; « : » (signe de division).

Les apprenants ne savent nécessairement pas formuler une phrase mathématique avec ces codes. Mais l'enseignant, qui sait formuler une phrase avec ces codes, les utilise pour leur proposer un énoncé mathématique à résoudre. C'est, nous semble-t-il, à cette étape que l'apprentissage de l'équation comme énoncé mathématique échappe aux apprenants. Visiblement, c'est à l'introduction des premiers codes qu'il faut donner le sens de langage à l'équation ; il doit donc précéder la résolution de l'équation.

- Au secondaire général (Collège), il y a le travail de consolidation de ce qui est fait à l'école primaire auquel s'ajoute celui de la généralisation de la présentation (ou formulation) mathématique d'une équation : le signe de trou, « … », qui signifie ce que nous cherchons (l'inconnue), est remplacé par une lettre (les plus utilisées sont x et y). Exemple : $2 + x = 11$.
- Le travail aux Humanités (Lycée) se limite à la définition et à la résolution de quelques formes d'équations proposées.

---

[13] **Theis**, L. (2005). Les tribulations de signe = dans la moulinette de la bonne réponse. EBD, Québec.

2.8 Proposition d'une progression d'apprentissage :

Une progression qui donnerait une vue globale du travail de l'apprentissage de la notion d'équation comprendrait trois étapes :

- **Étape 01** : traduction d'une situation-problème en énoncé mathématique.
    - L'objectif étant de définir l'équation comme un ***énoncé mathématique*** d'une situation-problème.
- **Étape 02** : différentes traductions d'un même énoncé mathématique en situation-problème.
- L'objectif étant de définir l'équation comme le ***représentant*** d'une catégorie, d'une classe de situations-problèmes.
- **Étape 03** : définition de l'équation comme ***moyen de résolution*** d'une situation-problème.

L'objectif étant de maitriser les algorithmes des calculs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BROUSSEAU, G (1998). Théories des situations didactiques. La Pensée sauvage, Grenoble.

BROUSSEAU, G. (2011). La théorie des situations didactiques en mathématiques. Education et didactique, vol. 6, n° 1| 2011 101-104

BROUSSEAU, G. (2012). Des dispositifs Piagétiens… aux situations didactiques [Texte intégral]. Education et didactique, vol. 6, n°2 | octobre 2012.

MOPONDI, B (1992). Rôle de la compréhension dans l'apprentissage ; notion de proportionnalité en $5^{ème}$ et $6^{ème}$ primaire au Zaïre. Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1

MOPONDI, B. (2015). Didactique des mathématiques. Eléments de contextualisation de l'enseignement en République Démocratique du Congo. Editions L'Harmattan, Paris.

MUGARU, B. (2012). La notion d'équation de la maternelle à la $6^{ème}$ année secondaire en République Démocratique du Congo : établissements de la capitale Kinshasa. Mémoire de licence, Université Pédagogique Nationale.

NGONO, B. (2003). Etude des pratiques des professeurs des écoles enseignant les mathématiques en ZEP. Effets éventuels de ces pratiques sur les apprentissages. Thèse de doctorat, Université Paris 7 – Denis Diderot.

POSTIC, M. (1992). Observation et Formation des enseignants. Collection Pédagogie d'aujourd'hui. Presses Universitaires de France.

THEIS, L. (2005). Les tribulations de signe = dans la moulinette de la bonne réponse. EBD, Québec.

LES COMMUNICATIONS ORALES : OUTILS DIDACTIQUES POUR LES SITUATIONS D'ENSEIGNEMENT ET DE FORMATION D'ENSEIGNANTS DE MATHÉMATIQUES

ÉTUDE DE L'EXPÉRIENCE VÉCUE LORS D'UNE ÉVALUATION CERTIFICATIVE. CAS DE L'INSPECTION PÉDAGOGIQUE CHEZ LE PROFESSEUR STAGIAIRE IVOIRIEN

Parfait ABBY-M'BOUA
École Normale Supérieure d'Abidjan

Maurice ARCHER
École Normale Supérieure d'Abidjan

RÉSUMÉ

Dans le processus de formation à l'enseignement en Côte d'Ivoire, chaque année, les étudiants inscrits en deuxième année à l'École Normale Supérieure sont invités dans les établissements de l'enseignement secondaire pour effectuer un stage professionnel. A la fin de ce stage, ils subissent une inspection pédagogique, qui est une évaluation certificative qui, d'une part, participe à leur examen de qualification professionnelle en vue de valider et de ponctuer leur passage à l'Ecole Normale Supérieure, en permettant leur titularisation ; et qui d'autre part amorce le début de leur carrière dans l'enseignement. Malheureusement, aucune étude ne s'est penchée sur ce moment important de la formation du professeur stagiaire. Cette étude a pour objectif de s'intéresser aux expériences vécues par des professeurs stagiaires durant cette évaluation. Pour cela, nous avons mené une étude auprès d'un groupe de professeurs stagiaires régulièrement inscrits et ayant terminé leur stage professionnel. Dans cet article, nous présentons les résultats obtenus à partir d'entretiens semi-directifs menés auprès de 40 professeurs stagiaires. Le dépouillement et l'analyse des données empiriques font apparaître trois types de vécus d'inspection pédagogique: l'inspection pédagogique vécue comme un moment de formation, un moment de délivrance et l'inspection pédagogique vécue comme un moment de désolation. Le contexte et le déroulement de la séance de l'inspection pédagogique interviennent comme des facteurs de variation de vécus et influencent de façon différenciée l'identité professionnelle des futurs enseignants.

MOTS CLÉS

Professeur stagiaire, inspection pédagogique, évaluation certificative, expérience vécue, stage professionnel, identité, enseignement.

ABSTRACT

In the process of teacher training in Ivory Coast, every year, students enrolled in second year at the Ecole Normale Supérieure are invited to secondary schools to do a professional internship. At the end of this internship, they undergo an educational inspection, which is a certification evaluation which, on the one hand, participates in their professional qualification exam in order to validate and punctuate their passage to the Ecole Normale Supérieure, allowing their tenure ; and who, on the other hand, initiates the beginning of their career in teaching. Unfortunately, no study has looked into this important moment in the training of the trainee teacher. This study aims to focus on the experiences of trainee teachers during this evaluation. For this, we conducted a study among a group of trainee teachers regularly enrolled and having completed their traineeship. In this article, we present the results obtained from semi-structured interviews with forty trainee teachers. The analysis and analysis of the empirical data reveal three types of pedagogical inspection experience: the pedagogical inspection lived as a moment of formation, a moment of deliverance and the

pedagogic inspection experienced as a moment of desolation. The context and the course of the pedagogical inspection session intervene as factors of variation of experiences and influence in a differentiated way the professional identity of the future teachers.

KEYWORDS

Trainee teacher, educational inspection, certification evaluation, experience, professional internship, identity, teaching.

INTRODUCTION

La thématique de l'évaluation[14], sa raison d'être ainsi que les modalités de sa mise en œuvre mettent en lumière une composante fondamentale dans les apprentissages scolaires et dans la carrière professionnelle de tous les travailleurs. Plus précisément, dans la littérature scientifique abordant le domaine des professionnels de l'éducation et de la formation, l'évaluation d'un enseignant s'inscrit à la fois dans le champ du développement professionnel et dans le champ social. Selon Perrenoud (1996), l'enseignant doit en effet « rendre des comptes », même s'il est davantage soumis à une obligation de moyens mis en œuvre qu'à une obligation de résultats. Cette double référence rend sa réalisation et sa définition complexes, car plusieurs formes d'évaluations coexistent, différant selon les objectifs poursuivis et selon les logiques qui les sous-tendent.

Dans le système éducatif ivoirien, lors de la formation à l'enseignement des professeurs du secondaire, il est inclus un contrôle de l'exercice professionnel des futurs enseignants et donc une inspection pédagogique. Il s'agit en effet d'une évaluation certificative qui, d'une part, participera à l'examen de qualification professionnelle en vue de valider et de ponctuer l'ensemble de deux années de formation en permettant la titularisation ; et qui d'autre part amorcera le début de leur carrière dans l'enseignement. En ce sens, l'inspection pédagogique des professeurs stagiaires durant leur deuxième année de formation initiale constitue un enjeu inévitable en matière d'évaluation du travail des futurs enseignants.

L'importance que revêt l'inspection pédagogique mérite que nous nous y attardions en interrogeant précisément le point de vue des principaux concernés, c'est-à-dire les professeurs stagiaires.

Cet article porte sur le vécu de l'inspection pédagogique. Nous traiterons cette inspection comme un contrôle et une validation des pratiques professionnelles des futurs enseignants. L'objectif est de saisir le déroulement des séances inspectées à travers le point de vue des professeurs stagiaires ainsi que ses conséquences en termes d'identité et de développement professionnels.

Dans un premier temps, nous développerons l'hypothèse générale qui sous-tend ce travail de recherche ainsi que le cadre explicatif proposé. En nous appuyant sur les travaux de Paquay (2004), nous caractériserons l'inspection pédagogique comme type de pratiques d'évaluation à l'aune du cadre d'analyse. Nous indiquerons pour ce faire ses objets et référents, sa fonction (les buts et les enjeux de l'évaluation), les acteurs en présence (l'auteur et le destinataire de l'évaluation), le moment (le contexte de l'évaluation) ainsi que les moyens (les outils et dispositifs, le traitement et la communication de l'évaluation). En outre, pour clarifier notre objet d'étude, cette caractérisation permettra de pointer les spécificités d'une

[14] Pour plus de détail sur cette notion, on pourra se référer à Nebout-Arkhurst (2017), dans son ouvrage « *l'évaluation des apprentissages. Evaluer, oui, mais comment?* »

inspection pédagogique dans le cadre du système éducatif ivoirien. Après avoir précisé nos choix méthodologiques, nous présenterons puis discuterons les résultats obtenus.

1. Contexte de la recherche

Les pratiques professionnelles du professeur stagiaire dans l'enseignement secondaire, nous l'avons vu, sont l'objet de l'évaluation certificative dont il est question dans cet article. La fonction de cette évaluation est de de contrôler, de vérifier, si le futur professeur est « prêt[15] » pour remplir sa mission d'enseignement, et ainsi de le « déclarer apte » à sa nouvelle pratique du métier d'enseignant. L'évaluation certificative constitue ainsi un processus de validation de compétences professionnelles.

Dans le système éducatif ivoirien, au niveau du premier et du second degré, cette évaluation est effectuée par un jury désigné par l'Ecole Normale Supérieure, constitué de trois membres distincts, dont un Inspecteur de l'Enseignement Secondaire, un professeur de l'École Normale Supérieure et un professeur[16] de l'enseignement secondaire. Ces trois membres considérés comme des spécialistes de l'enseignement sont pour la circonstance chargés d'évaluer les performances professionnelles des professeurs stagiaires. Cette évaluation fait l'objet d'un rapport, remis à l'Ecole Normale Supérieure, dont le professeur stagiaire n'est pas destinataire.

L'inspection pédagogique se déroule le plus souvent dans l'établissement d'accueil du professeur stagiaire, après la dernière visite d'évaluation formative réalisée par le professeur encadreur de l'Ecole Normale Supérieure. Enfin, concernant les modalités, le jury d'inspection pédagogique assiste, dans un premier temps, à deux séances distinctes de classe du professeur stagiaire. Dans un second temps, un entretien est proposé. Le jury d'inspection pédagogique, à ce moment-là, expose les points forts et les points faibles des deux séances de classe du professeur stagiaire.

2. Cadre théorique

La théorie sociocognitive de la causalité triadique réciproque de Bandura (1980) nous permet d'appréhender le comportement de l'enseignant comme le produit d'interactions dynamiques entre trois séries de facteurs : caractéristiques personnelles de l'enseignant, son action, le contexte. Elle sera ici mobilisée comme cadre explicatif.

Pour expliquer le comportement humain, Bandura (1980, 2003) utilise la conception de l'interaction puisée dans la théorie de l'apprentissage social. Le terme de causalité renvoie à l'idée de dépendance fonctionnelle entre différents types de facteurs. Ainsi, « les facteurs personnels internes (événements cognitifs, émotionnels et biologiques), les comportements et l'environnement opèrent tous comme des facteurs en interaction qui s'influencent réciproquement » (Bandura, 2003). Cette réciprocité n'implique cependant pas que les trois groupes de facteurs aient le même impact.

Si nous adaptons ce modèle théorique à notre objet d'étude, nous pouvons dire que le professeur stagiaire (son histoire personnelle et professionnelle) se situerait sur le pôle « caractéristiques personnelles », les séances de classe inspectées au sein desquelles s'actualisent à la fois les pratiques du professeur stagiaire et celles des membres du jury, sur le pôle « action » et enfin le contexte, à savoir l'établissement d'accueil et la discipline d'enseignement du professeur stagiaire, sur le pôle « environnement ». L'interaction mutuelle entre ces trois pôles nous permet d'appréhender les pratiques de l'enseignant stagiaire lors de

[15] Ce qualificatif varie du jury de l'examen à un autre, en absence de toute grille d'évaluation.

[16] Selon les textes qui régissent cette inspection, ce professeur doit avoir au moins le grade auquel aspire le professeur stagiaire.

la séance d'inspection pédagogique. Remarquons toutefois que ces pratiques ne sont accessibles, dans la présente étude, qu'au travers de ce qu'en disent les acteurs. Notre analyse se focalisera principalement donc sur le vécu de l'inspection pédagogique par l'enseignant stagiaire.

À partir de ce cadre théorique, nous formulons l'hypothèse de recherche suivante, il existe une diversité de vécus d'inspection pédagogique selon :

- -la séance inspectée et les pratiques d'inspection pédagogique,
- -la dimension écologique, au niveau *micro* (la classe, la discipline enseignée, etc.) et au niveau *méso* (l'établissement d'accueil, tous les formateurs terrain du professeur stagiaire),
- -l'histoire professionnelle et personnelle du professeur stagiaire.

3. Méthodologique

Cet article se propose d'analyser, dans une visée heuristique et empirique, les situations d'inspection pédagogique et leur vécu en privilégiant uniquement le point de vue des professeurs stagiaires de mathématiques. En d'autres termes, c'est au travers de leur discours que nous allons tenter de cerner comment est vécue l'inspection pédagogique. Pour ce faire, nous avons retenu une méthodologie de type qualitatif (Miles et Huberman, 2003). Notre exposé accordera d'ailleurs, une large part aux verbalisations des futurs enseignants afin que la dimension du « vécu » prenne tout son sens.

L'échantillon se compose de 40 participants de 6 établissements scolaires d'Abidjan. Ils sont tous des professeurs stagiaires en deuxième année de formation à l'Ecole Normale Supérieure. Notre choix s'est porté sur 20 en mathématiques et 20 en histoire/géographie. Pour éviter d'influencer les réponses des participants, nous avons opté pour le choix de professeurs stagiaires que nous n'avons ni encadrés, ni participés à leur titularisation. Nous avons conduit une série d'entretiens semi-directifs avec ces 40 professeurs stagiaires, juste après qu'ils aient terminé leur inspection pédagogique. Ce recueil de données s'est réalisé avant qu'ils aient leurs résultats de fin de formation. Les différentes questions de recherche visaient à recueillir une description et une analyse des séances inspectées. Ainsi, nous avons interrogé les professeurs stagiaires sur la préparation (en amont de l'inspection pédagogique), la réalisation (pendant) ainsi que sur l'entretien qui a suivi. Enfin, nous leur avons demandé de nous faire part de leur vécu, de leur ressenti à l'égard de cet examen pédagogique.

Sur le plan du traitement des données, afin de découper puis de classer notre matériel discursif du contenu à analyser, nous avons identifié des catégories extrinsèques à partir du modèle théorique de la causalité triadique réciproque (Bandura, 1980, 2003), qui constituera *in fine* le squelette de notre analyse. À partir de ces larges catégories de départ, nous avons procédé à une analyse de contenu thématique des verbatim adapté d'une compilation des démarches de Bardin (1993), de Van der Maren (1995) et de Mucchielli, (1998), qui a consisté en un relevé et un classement de différents thèmes et patterns.

Celle-ci nous a conduit à préciser et à compléter au fur et à mesure nos catégories à l'aide de variables (ex : durant la préparation des séances inspectées, le professeur stagiaire pourrait avoir reçu l'aide de son professeur conseiller ou de son professeur encadreur de l'Ecole Normale Supérieure), en suivant la chronologie et les moments-clés du déroulement de l'inspection pédagogique.

Ces différentes étapes dans l'analyse ont permis d'aboutir à un descriptif exhaustif des séances, des préparations, des conditions d'accueil et des entretiens rapportés par chaque professeur stagiaire.

4. Résultats

Une première lecture des données témoigne d'une diversité d'inspections pédagogiques vécues. En approfondissant l'analyse, des régularités ayant émergé nous ont conduit à classer des familles de discours et par voie de conséquence à les discriminer.

Notre exposé sera structuré autour des trois composantes du modèle théorique déjà cité : le déroulement de la séance inspectée (action du professeur stagiaire, action et attitude des membres du jury d'inspection pédagogique), le contexte (les conditions de préparation des séances observées), enfin, les caractéristiques personnelles et professionnelles du professeur stagiaire. Après avoir synthétisé les éléments saillants des données recueillies, nous ferons état de deux angles d'approche : ce qui varie dans les discours des professeurs stagiaires, puis ce qui, au contraire, permet de les regrouper.

4.1 Catégories et variables retenues : variations au sein d'un système tripartite

4.1.1. La séance inspectée et les pratiques d'inspection pédagogique

Des variations ont été relevées dans le discours des professeurs stagiaires notamment pour ce qui est de la réalisation en amont de l'inspection pédagogique (sa préparation). Certains professeurs stagiaires ont pu bénéficier d'un entraînement, en testant leurs différentes séances avec des élèves d'une autre classe. Cette mise en situation semble favoriser une aisance et un meilleur déroulement des séances de classe au moment de l'inspection pédagogique.

L'analyse met aussi en lumière des variations d'attitudes des membres du jury d'inspection pédagogique. Ainsi, pour certains professeurs stagiaires, l'attitude des membres du jury d'inspection pédagogique inhibe tout échange et justification des pratiques de la part des professeurs stagiaires. Par conséquent, si dans certains cas, les membres du jury d'inspection pédagogique peuvent proposer une inspection orientée vers le conseil et se montrer rassurant vis-à-vis des professeurs stagiaires, dans d'autres à l'inverse, leur approche sera davantage réprobatrice.

Ces éléments sont à corréler de façon évidente avec le vécu global de l'inspection pédagogique déclaré par les professeurs stagiaires. Le professeur stagiaire déclare en effet avoir bien vécu son inspection pédagogique lorsque le jury d'inspection pédagogique s'est montré compréhensif ou neutre. En revanche, l'attitude dépréciatrice du jury d'inspection pédagogique induit un ressenti opposé. Ainsi, sur la question du vécu de l'inspection pédagogique dans sa globalité, l'attitude du jury d'inspection pédagogique constitue un premier « baromètre ».

4.1.2 Le contexte humain et matériel

Le contexte, envisagé dans son sens le plus large, à savoir humain et matériel constitue en outre un facteur de variation de vécus de l'inspection pédagogique. Certains professeurs stagiaires ont été bien accueillis et se sont sentis appartenir à l'établissement d'accueil, d'autres sont sinon mis à l'écart tout au moins non considérés au sein de l'équipe pédagogique et éducative. Par ailleurs, pour certains, le professeur conseiller et le professeur encadreur apparaissent comme des personnes ressources et même un allié, tandis que pour d'autres, le relationnel avec ceux-ci s'avère beaucoup plus distant. Il ressort aussi que le professeur conseiller et le professeur encadreur ont pu intervenir directement dans la préparation des deux séances en délivrant des conseils et autres méthodologies de travail pour certains professeurs stagiaires, tandis que pour d'autres leur apport s'est révélé plus limité ou inexistant.

4.1.3 L’histoire personnelle et professionnelle du professeur stagiaire

Parmi les professeurs stagiaires que compte notre échantillon, certains ont bénéficié d’une expérience professionnelle en tant que professionnels[17]. Leur expérience de terrain leur a probablement permis d’avoir le recul nécessaire vis-à-vis de leurs pratiques pédagogiques et d’envisager le discours du jury d’inspection pédagogique de façon plus pragmatique qu’un professeur stagiaire découvrant le métier.

Du point de vue de l’identité professionnelle, plusieurs discours apparaissent. Si pour certains professeurs stagiaires, l’inspection pédagogique ne demeure qu’une étape dans leur formation, pour d’autres, elle constitue un cap important, le point de basculement d’une identité de professeur stagiaire à une identité d’enseignant « titulaire » ou de professionnel. Dans le cas de vécus difficiles, elle déclenche une régression identitaire.

4.2 Trois expériences de l’inspection pédagogique

L’analyse des discours des professeurs stagiaires nous a permis de mettre en exergue des variations dans les vécus de l’inspection pédagogique. Ces discours nous ont conduits à distinguer trois types de vécus de l’inspection pédagogique: l’inspection pédagogique vécue comme un moment de formation, vécue comme un moment de délivrance ou encore vécue comme un moment de désolation. L’exposé suivant s’attachera à les détailler, en conservant la structure tripartite de notre modèle théorique.

4.2.1 L’inspection pédagogique « formation »

L’analyse de discours permet de dégager un certain nombre de facteurs nous paraissant en lien avec ce type de vécu d’inspection pédagogique, facteurs repérés chez les trois professeurs stagiaires concernés.

4.2.1.1 La séance inspectée

Ce type de vécu d’inspection pédagogique concerne des professeurs stagiaires qui ont un bon ressenti à l’égard de leur prestation et un vécu positif de l’inspection pédagogique dans sa globalité : « *ça s’est très bien passé* » (Stagiaire 6). Pour l’un des trois professeurs stagiaires classés dans cette configuration, de façon nette, les conseils et remarques du jury d’inspection pédagogique vont être directement intégrés dans ses pratiques : « *Ce que j’ai apprécié, c’est d’avoir pu faire mon inspection en présence de mes « vrais » élèves, donc ça m’a permis de discuter avec les membres du jury sur la qualité de mes élèves … pour moi ce que le jury va me dire, ça va me donner des lignes de conduite* […] *et du coup c’est rassurant de pouvoir m’appuyer sur des personnes qui pour moi sont de véritables experts en enseignement* […] *je vais me servir de leurs conseils par la suite de mes enseignements,* […] *les questions de fond et de contenus enseignés, je vais essayer de les réinvestir dans la suite* » (Stagiaire 5). Dans le cas de ce professeur stagiaire, l’inspection pédagogique a rempli un rôle de formation notamment par l’idée d’un réinvestissement ultérieur des divers conseils délivrés. Ces conseils lors de l’entretien sont assimilés à des « lignes de conduite », en quelques sortes « labellisées » puisque venant de personnes qui ont une autorité légitime en enseignement.

Une autre forme du rôle formateur assumé par le jury d’inspection pédagogique a également été relevée lors de l’inspection pédagogique de trois autres professeurs stagiaires. Chez l’un, après l’avoir rassuré sur les intentions de son inspection pédagogique, qu’il voulait davantage portée sur le conseil, le jury lui a demandé, lors de l’entretien, de formuler un

[17] Ils sont issus du concours professionnels, c’est-à-dire qu’ils ont été déjà jugés aptes à enseigner et ont au moins trois années d’expérience en matière d’enseignement. Certains ont même été membre de jury.

retour réflexif à l'égard de sa prestation sur la séance : « *qu'est-ce que tu as trouvé d'intéressant dans les deux séances que tu nous as présentées ?* » (Stagiaire 4). Un autre jury a en outre questionné un second stagiaire sur la fiche de préparation qu'il a proposée : « *ils m'ont dit "si nous te redonnons l'occasion de reprendre tes deux séances, comment tu penses améliorer tes deux fiches de préparation ?"* ». Enfin un jury s'est focalisé sur une faute commise par le professeur stagiaire et prise par les élèves: « *comment pourras-tu trouver un temps pour revenir avec ta classe sur la faute que tu as mise au tableau ?* » Ces trois situations témoignent d'une invitation à adopter une posture de « praticien réflexif » (Schön, 1993 ; Gérard, 2003) sur ses pratiques et par conséquent, d'une perspective formative. Nous avons classé cette inspection pédagogique comme étant une « formation ».

4.2.1.2. Le contexte

D'un point de vue écologique, certains professeurs stagiaires ont tous mentionné une aide soutenue de la part des formateurs de terrain lors de la préparation de l'inspection pédagogique, alimentée par une bonne entente et des interactions riches tout au long du stage professionnel: « *Mon professeur conseiller et aussi mon professeur encadreur m'ont beaucoup soutenu pour mon inspection. Ce sont eux qui m'ont beaucoup aidé dans ma préparation et ça s'est très bien passé* » (Stagiaire 6) ; « *comme mon stage s'est déroulé à Abidjan, mon professeur encadreur et mon professeur conseiller se sont rendus complètement disponibles à chaque fois que j'avais besoin de l'un d'eux, pour élaborer ma situation d'enseignement et ma fiche de travaux dirigés.*» (Stagiaire 2). Ces échanges avec les deux formateurs terrain concernant les deux séances d'inspection pédagogique ont été intenses et ont de plus été très utiles à ce professeur stagiaire : « *j'ai beaucoup appris grâce à eux, parce que quand je suis venu les voir et que je leur ai proposé ce que j'allais faire le jour de l'inspection et la version finale que j'ai proposée le jour de l'inspection, il y a eu une très grosse évolution et ça je m'en resservirai et aussi grâce à mon professeur encadreur, j'ai appris à mieux structurer un document pour qu'il soit accessible à des élèves de 4ème, et qui soit clair pour moi-même* ». Cet extrait témoigne d'un travail accru en amont, en vue de préparer au mieux la séance d'inspection pédagogique. Le professeur conseiller et le professeur encadreur sont considérés ici comme des alliés, des personnes ressources pour le professeur stagiaire.

Certains professeurs stagiaires ont de plus bénéficié d'un temps d'entraînement, une sorte de mise en situation de la séance en vue de l'inspection pédagogique, une semaine avant (avec une autre classe) : « *Mes deux séquences de l'inspection, je les ai testées une semaine avant l'inspection, en présence de mes deux professeurs conseillers, qui chacun a mis à ma disposition, une de leurs classes. Il y a un qui m'a donné sa classe de 4ème et l'autre sa classe de 6ème [...] ce qui m'a permis de réajuster aussi ma voix et la durée parce que je suis de coutume un peu timide et toujours trop lent* » (Stagiaire 2) ; « *On a eu la chance de pouvoir faire une première fois la séance de leçon ; quatre jours auparavant avec un groupe d'élèves d'une autre classe* » (Stagiaire 6). À travers ces éléments de discours, nous voyons à quel point une mise en situation, un test de la séance permet à l'enseignant stagiaire d'ajuster ses pratiques d'enseignement, de s'entraîner sur autant de paramètres tels que la voix, la gestion du temps, la compréhension des élèves, etc. et à quel point, cela peut également contribuer à réussite.

Sur le plan de l'inspection pédagogique en elle-même, les entretiens post-séance se sont révélés enrichissants et rassurants pour les trois professeurs stagiaires. Pour le Stagiaire 5, l'inspection pédagogique a eu lieu avant la fin du troisième trimestre, ce qui a été perçu comme un avantage : « *Ça m'a permis de discuter avec les trois membres de jury* » ; « *c'était vraiment bien, c'était riche dans les échanges et c'était vraiment très intéressant. C'est grâce* *au président du jury que j'ai appris les différentes catégorisations des fractions* ». Il a en effet, tiré profit des conseils des membres du jury et a décidé de les réinvestir immédiatement dans la poursuite de sa carrière, les remarques concernant notamment les contenus enseignés. Par conséquent, l'entretien, au travers des échanges avec les membres du jury, lui a permis de disposer de « ressorts », de « ficelles » du métier, pour la suite de son stage en pratique autonome. Il caractérise d'ailleurs, ce face-à-face avec les membres du jury de « *formateur* ». L'aspect formation de l'inspection pédagogique pour les autres professeurs stagiaires s'est incarné au travers de la position de conseiller assumée par l'inspecteur, conférant à l'inspection pédagogique et plus particulièrement à l'entretien un aspect rassurant, réconfortant : « *Avant même que je ne commence à présenter ma première séance, lorsque les membres du jury sont rentrés dans ma classe, le président du jury s'est approché de moi et m'a tout simplement dit que le jury était là pour me donner des conseils, qu'il savait bien qu'on n'avait pas beaucoup été encadré cette année, que je suis dans une position d'apprenti-enseignant, etc. Franchement, ici, nous tous, avec ce qu'on avait appris avec nos autres collègues des autres sections qui avaient déjà fini d'être inspectés, on avait pratiquement tous peur de l'inspection.* ». Nous voyons ici que l'inspection pédagogique est aux antipodes de la représentation angoissante, perturbante voire « fantasmée » (Mosconi et Heideiger, 2003) que tout enseignant peut généralement avoir de celle-ci. Pour le Stagiaire 2, l'entretien était collectif, c'est-à-dire en présence des autres professeurs stagiaires inspectés et le professeur stagiaire a trouvé cette approche très intéressante : « *c'était très intéressant la façon dont le jury nous a regroupés tous ensemble, dans un même bureau et au même moment. Moi, j'ai vraiment trouvé ça bénéfique, parce que ça dédramatise aussi un peu l'inspection. Ce que peuvent dire les membres de jury à l'un d'entre nous, ça peut aussi bien servir pour lui, mais aussi, pour moi et même pour nous tous* » (Stagiaire 2).

Ces différents extraits montrent que les entretiens avec les jurys d'inspection pédagogique ont été basés sur des échanges à travers desquels les professeurs stagiaires ont pu exposer leur point de vue, argumenter leurs propres pratiques.

4.2.1.3. L'histoire professionnelle et personnelle des professeurs stagiaires

L'inspection pédagogique en fin de formation serait à envisager comme un moment-clé, pour les trois professeurs stagiaires. En effet, la parole des membres du jury est venue valider, conforter les pratiques permettant ainsi de renforcer leur sentiment d'efficacité professionnelle (Marcel, 2009) et d'asseoir une identité professionnelle de professeur : « *ils m'ont tous dit, vous, c'est vraiment bon, vous ne vous êtes pas trompé de métier, donc c'était pour moi, un soulagement* » (Stagiaire 6); « *j'ai considéré que c'était une reconnaissance de mes compétences que j'ai développées durant toute cette année de stage* » (Stagiaire 2). Pour le Stagiaire 6, l'inspection pédagogique s'est révélée être un temps fort, un tournant en termes d'identité, y compris dans le rapport aux autres enseignants de l'établissement. Il a en effet remarqué un grand changement de comportement des autres professeurs de son établissement vis-à-vis de lui une fois l'inspection passée. « *Certains professeurs de l'établissement sont venus me dire avec un sourire, enfin, nous sommes maintenant tous libérés, tu viens d'être baptisé et donc, tu es maintenant un de nos membres à part entière »* (Stagiaire 5).

Ces extraits permettent de comprendre que pour ces professeurs stagiaires, l'inspection correspondrait ici à une sorte de rite initiatique professionnel donnant accès à la communauté qu'est le corps enseignant. Enfin, notons que trois professeurs stagiaires ont une expérience professionnelle de professeur qui leur a probablement permis, grâce à leur recul, d'envisager l'inspection pédagogique sous un angle de formation.

4.2.2 L'inspection pédagogique « délivrance »

4.2.2.1 La séance inspectée

Cette configuration concerne également des professeurs stagiaires qui ont un vécu positif de l'inspection pédagogique: « *l'inspection pédagogique s'est très bien passée, il n'y a pas vraiment eu de souci* » (Stagiaire 8) ; « *une fois qu'on est dans le cours, tout se passe bien* » (Stagiaire 1). Ils déclarent avoir eu un bon vécu de la séance et un bon sentiment à l'égard de leur prestation.

Au travers des discours des trois stagiaires concernés, nous relevons une certaine neutralité des membres du jury dont le compte-rendu, au cours de l'entretien, consiste à pointer les éléments positifs et les éléments négatifs. L'inspection pédagogique prend alors la forme d'une évaluation normée et prescriptive : « *ils m'ont dit qu'il fallait vraiment que j'insiste sur certaines notions clés. Par exemple ici, lors de mon compte rendu de devoir surveiller sur la mesure principale de l'angle et sur l'encadrement du sinus d'un angle*» (Stagiaire 8) ; « *ils m'ont dit que pour un jeune professeur stagiaire, qui débute dans la carrière d'enseignant, j'étais très rigoureux et exigeant dans les démonstrations des propriétés faites pendant la séance de leçon*» (Stagiaire 1). Le jury ne se veut, semble-t-il, volontairement pas « rassurant » comme dans le cas de figure précédent ; la neutralité domine, il est ici juge, évaluateur : « *je me faisais inspecter une heure le matin et une heure l'après-midi, entre midi et deux je n'avais aucun signe des membres de mon jury, c'est à dire je ne savais pas si la première séance, ça s'était plutôt bien passé ou plutôt moyen, peut être plutôt mal* […] *quand, on a commencé les critiques, pas un petit sourire de leur part, moi ça m'a un petit peu préoccupé* » (Stagiaire 1). « *Ils ne donnaient aucune appréciation à ce que je disais lorsque je répondais à une question, donc je ne savais pas si ce que je disais était bon ou pas* » (Stagiaire 8).

Pour les trois professeurs stagiaires, nous observons une certaine concordance entre l'évaluation du jury et l'autoévaluation du professeur stagiaire : « *je savais que c'était trop long, je le savais dès le départ* […] *je m'étais dit, vu que c'était une histoire de gestion de temps,* […] *je pensais que l'un des membres du jury allait plus m'en tenir rigueur et en fait, pas trop, ils m'ont même dit "c'était peut-être un petit peu ambitieux comme nombre d'exercices à faire dans une séance de TD (Travaux dirigés) en 55 min"* » (Stagiaire 4) ; « *tout était pertinent, il n'y a pas de problème, j'ai acquiescé tout ce qu'ils ont dit, tout était juste* » (Stagiaire 8).

Dans les trois cas, l'entretien s'est déroulé sous le mode de l'échange : « *Le jury m'a donné vraiment l'occasion de pouvoir donner des justifications sur certaines choses* » (Stagiaire 4). Le professeur stagiaire verbalise, justifie tandis que les membres du jury de l'inspection pédagogique interrogent, conseillent et suggèrent.

4.2.2.2 Le contexte

Les différents points susmentionnés sont à mettre en lien avec des facteurs contextuels tels qu'une bonne intégration au sein de l'établissement de stage notamment pour deux professeurs stagiaires : « *Au début du stage, nous avions été accueillis et acceptés comme de vrais titulaires* » (Stagiaire 8). Ce qui n'est en revanche pas le cas pour le Stagiaire 4 qui n'est pas parvenu à trouver sa place au sein de l'équipe pédagogique, souffrant probablement d'une image injustement négative du statut de stagiaire : « *On n'a pas encore de vrais rapports d'égal à égal* ». (Stagiaire 4).

Pour ce qui est de la préparation en amont de l'inspection, quelques points divergent.

Seul un professeur stagiaire a pu profiter d'un entraînement en testant la séance avec une autre classe. Il a aussi pu bénéficier d'une aide de la part de son professeur conseiller et de son professeur encadreur de l'École Normale Supérieure, tant sur le plan du contenu pédagogique de la séance que sur le plan organisationnel : « *Dans tout ce qui était de la mise en œuvre, à côté de la préparation des élèves, mon professeur conseiller est venu dire mes élèves de bien réviser les dernières leçons, de bien savoir utiliser les instruments de géométrie pour tracer deux droites parallèles, de bien répondre aux questions, de ne pas avoir peur, de bien écouter les questions, avant de répondre […] il les a «briefés» pour qu'ils arrivent un peu tôt, avant heure, qu'ils aient bien tous leurs différents cahiers, leurs livres et surtout tous leurs instruments de géométrie. Donc il m'a bien aidé pour mon inspection* ». En revanche, pour le Stagiaire 4, les deux professeurs conseillers n'ont pas été une réelle ressource : « *pour mes deux cours d'inspection, je les ai cherchés dans l'établissement pour m'apporter leur aide […]. C'est seulement le mercredi après-midi que l'un des deux a véritablement eu le temps. Il les a regardés, en détail. Sachant que notre inspection était fixée pour le vendredi matin, […] on a eu peut-être à changer sur le format des exercices. Il m'a dit de respecter le format de l'approche par compétences (APC) et il a vu deux trois petits trucs, mais ce n'était plus le moment de tout changer* ». Notons que les rapports entretenus avec le professeur conseiller sur l'ensemble des stages ont été peu favorables aux échanges : « *On ne peut pas vraiment dire que lui et moi, nous deux, on communiquait énormément, car il n'avait vraiment pas le temps de se consacrer à moi. Il était toujours parti, car il était vacataire dans établissement privé* » (Stagiaire 4).

4.2.2.3 L'histoire professionnelle et personnelle des stagiaires

L'impact de l'inspection pédagogique sur l'identité professionnelle est ici moins manifeste, à l'exception d'un seul professeur stagiaire pour qui l'avis du jury d'inspection pédagogique a été prépondérant pour l'aider à se sentir désormais enseignant. Pour les autres, nous remarquons que si à l'issue du stage de pratique autonome, ils se sentent de plus en plus enseignants : « *De plus en plus parce que ça s'est bien passé à l'inspection, là les deux inspections se sont bien passées donc on bascule de plus en plus vers un vrai enseignant titulaire* » (Stagiaire 8), il semble néanmoins que la perspective de la rentrée « officielle », en tant qu'enseignant véritablement responsable de classes, soit aussi décisive : « *je me sens encore un peu, un petit stagiaire, je pense. Mais, même à la rentrée prochaine, je pense qu'il y aura toujours euh… […] mais le fait de pouvoir assumer ses cours tout seul, de ne plus avoir quelqu'un, je vais forcément me sentir enseignant et plus stagiaire, ça sera fini* » (Stagiaire 4) ; « *là, je serai encore stagiaire quand même jusqu'au bout […] au mois de septembre, ça sera différent je pense* » (Stagiaire 8). Ainsi, l'inspection pédagogique joue un rôle important pour conforter l'enseignant stagiaire dans ses pratiques, en revanche, il semble qu'il faille attendre la fin de l'année de formation pour se départir complètement de « l'étiquette » stagiaire.

4.2.3 L'inspection pédagogique « désolation »

4.2.3.1. La séance inspectée

Cette configuration concerne des professeurs stagiaires qui ont un vécu de l'inspection pédagogique globalement négatif : « *Mon inspection* […] *ça, je ne sais pas comment je peux le dire, ça était vraiment une grosse catastrophe, la grande déception du début à la fin* […] *je me suis vraiment fait massacrer par les trois membres du jury* […], *je n'ai eu aucun point positif de leur part* » (Stagiaire 3); « *l'entretien avec les membres du jury ne s'est pas du tout bien passé …* » (Stagiaire 7); « *pas du tout constructif… en sortant de l'entretien, j'étais vraiment très déçu* » (Stagiaire 4). Le vocable « déception » est très présent dans le discours des trois professeurs stagiaires, notamment parce qu'ils n'ont pas obtenu les conseils attendus du jury: « *j'étais très déçu parce qu'en plus cet inspecteur, là, c'était mon professeur, quand* *j'étais anciennement élève au lycée de Divo,* […] *et il nous avait paru très humain à l'époque. Donc, quand je l'ai vu, à mon inspection, je me suis dit, je vais avoir des conseils sur mes pratiques. Mais, dans les échanges,* […] *ça n'a pas du tout été ça* » (Stagiaire 7); « *ça a été la déception totale du début à la fin et surtout qu'on l'avait vu avant, il nous avait bien expliqué que c'était une visite plus conseil qu'autre chose,* […] *mais ça ne s'est vraiment pas passé comme il l'avait prédit* » (Stagiaire 3).

Cette configuration de vécu d'inspection pédagogique se caractérise également par un hiatus entre le ressenti du déroulement de la séance et l'évaluation dont l'inspecteur fait part : « *Moi, je suis sorti de mes deux séances d'examen, pas du tout satisfait, mais un peu content de ce que j'avais fait quand même* […] *je ne doutais pas en sortant de la séance donc ça a été un choc, je ne m'y attendais pas* » (Stagiaire 3).

Pour le second professeur stagiaire : « *la séance de classe s'est bien déroulée* »; « *j'ai trouvé ça bien* » à l'inverse, lorsqu'il relate son inspection pédagogique, son appréciation est sans ambiguïté : « *j'ai raté toute mon inspection. J'ai complètement oublié de leur remettre le cahier de texte* » ; « *Tout ce que je disais sur les angles orientés n'a pas plu à aucun des trois membres du jury* » (Stagiaire 7).

Pour le Stagiaire 3, ce vécu difficile de l'inspection pédagogique s'accompagne d'un sentiment d'injustice notamment par rapport à la prestation de son collègue Stagiaire 8 : « *je pense qu'on a été dans les mêmes situations, on a eu les mêmes conseils de notre professeur conseiller, et on a fait à peu près les mêmes choses. On choisit les mêmes types d'équations pour la séance de travaux dirigés et pour le cours en 4ème, on était tous les deux sur la catégorisation vectorielle d'un parallélogramme* ». Manifestement, le professeur stagiaire ne dispose pas de clés suffisamment explicites pour comprendre l'échec de cette inspection pédagogique même si, durant l'entretien, les membres du jury ont exposé les difficultés relevées dans les séances.

Dans le cas du Stagiaire 8, le sentiment d'injustice se détecte en filigrane : « les membres du jury, ils ont été très exigeants avec moi, car les questions de mathématiques sur la topologie qui m'ont été posées n'étaient pas de mon niveau. Ils m'ont demandé de donner la définition topologique de la notion de limite. Il y a un qui m'a posé une question sur adhérence et sur point isolé. Moi, je suis en CAPPL, je n'ai pas besoin de toutes ces notions de topologie pour enseigner au lycée ». Nous pouvons nous interroger en effet sur les raisons de ces exigences alors que les séances inspectées ont concerné des classes de seconde et de première. Ici, l'inspection est proche du contrôle de connaissances en mathématiques: à savoir une confrontation des attentes préalables de l'inspecteur et de ce qu'il observe effectivement de la pratique de l'enseignant.

Pour ce professeur stagiaire aussi, l'incompréhension face à l'échec de son inspection domine, d'autant plus qu'il avait soumis sa préparation de séance à plusieurs référents : « *j'avais montré ma fiche de Travaux Dirigés à tous les enseignants du lycée, et aussi, je suis même allé jusqu'à l'ENS pour montrer ça à mon professeur encadreur, ils m'ont tous dit que ce que j'ai fait comme préparation, c'était très bien. Le choix des exercices respectait le format APC. Donc j'avais été validé par e mes deux formateurs* » (Stagiaire 8).

Les occasions de se justifier ou d'argumenter leurs choix pédagogiques et leurs pratiques au cours de la séance ont été, pour les deux stagiaires, réduites à néant : « *quand j'essayais de répondre avec l'argumentaire que j'avais à leur donner, ils continuaient sur leurs mêmes points de vue* » (Stagiaire 3) ; « *je n'ai même pas pu avoir le temps de parler. En fait, quand j'essayais de parler, ils me coupaient immédiatement tous la parole* » ; « *j'étais* *d'accord avec certaines choses qu'ils me disaient, mais c'était la façon de les dire et le fait de ne pas me laisser me défendre, ça c'était très dur pour moi* » (Stagiaire 7).

4.2.3.2. Le contexte

Ce type de vécu d'inspection pédagogique va trouver en amont un certain nombre de facteurs que nous qualifierions de « non facilitants », liés essentiellement au contexte de stage. Tout d'abord, une intégration difficile et problématique au sein de l'établissement où l'ambiance peut être qualifiée de peu agréable : « *on ne se sent pas intégrés* » (Stagiaire 3).

En amont de la séance inspectée, le Stagiaire 3 n'a pas trop pu compter sur l'aide de son professeur conseiller avec qui il entretient des rapports relativement distants : « *il ne s'intéresse pas plus que ça à ce qu'on fait* » a-t-il mentionné, comme s'il semblait lui reprocher son manque de disponibilité. Ainsi, le professeur stagiaire déclare avoir préparé seul ses séances d'inspection : « *j'ai préparé tout seul mes deux séances d'inspection, ma séance de leçon et ma séance de travaux dirigés. Le PC n'a rien fait. Moi j'aurais été seul dans un autre établissement, j'aurais fait encore la même chose, il ne m'a vraiment rien apporté dans ma formation de stagiaire*». (Stagiaire 3). À l'inverse, le Stagiaire 7 parle d'une bonne entente avec son professeur conseiller, mais il évoque une aide centrée « *surtout sur la forme des documents* » et ajoute qu'il a bénéficié de l'aide de son professeur conseiller du second cycle en dénombrement : « *mon professeur conseiller de second cycle, en dénombrement, c'était uniquement plus sur le fond. Il m'a dit de bien faire attention entre les situations où on utilise l'arrangement et celles de combinaisons* ». Remarquons d'ailleurs que le professeur conseiller du second cycle est aussi intervenu pour le Stagiaire 3 dans un second temps (pour les deux inspections) afin de valider en quelques sortes sa préparation de séance. Enfin, les professeurs stagiaires n'ont pas eu l'occasion de répéter leur séance avant l'inspection, à l'exception du Stagiaire 7 pour la deuxième.

4.2.3.3. L'histoire professionnelle et personnelle des professeurs stagiaires

L'analyse fait état de plusieurs points communs entre ces deux professeurs stagiaires. Ils avaient, nous l'avons vu, les mêmes attentes vis-à-vis de l'inspection pédagogique et pensaient recueillir des conseils de la part des membres du jury pour progresser dans leur pratique de professeur. Notons en outre, qu'ils reprenaient tous deux leur année de stage pratique, dont l'un était issu du concours professionnel. Enfin, nous pouvons déceler de par leur première expérience d'inspection difficile, une régression en termes identitaire. Pour le Stagiaire 3 en particulier, le redoublement qui avait été prononcé l'année d'avant entaillait une identité professionnelle qui n'évoluait pas au cours du stage pédagogique. Pour le Stagiaire 7, qui a été inspecté cette deuxième fois, le point de vue se distingue légèrement. Cette deuxième année d'inspection pédagogique a été effectivement plus rassurante que la première qui l'avait rendu sceptique quant à sa capacité même à exercer le métier : « *Je suis vraiment très content d'avoir été ré inspecté cette année encore par le même président de jury […] parce que l'année dernière, il m'avait beaucoup déstabilisé avec les questions sur le produit scalaire, en tant que forme bilinéaire symétrique […], là je sais que j'ai passé une très bonne inspection. Les questions posées étaient en rapport avec l'enseignement secondaire. Donc, ça a été vraiment important pour moi* » (Stagiaire 7). Ainsi, la deuxième année d'inspection a été déterminante en termes d'identité professionnelle, notamment parce qu'il a été considéré comme un « collègue » par le président de jury.

5. Synthèse et discussion

Les résultats, nous l'avons vu, font ressortir une pluralité d'expériences de l'inspection pédagogique, que nous avons classées selon trois configurations distinctes : inspections vécues comme un moment de formation, comme un moment de délivrance ou encore vécues comme une désolation.

Ainsi, l'inspection est vécue différemment selon plusieurs critères : les pratiques et l'attitude des membres du jury, les conditions de préparation à l'inspection, le contexte d'accueil dans l'établissement, les relations entretenues avec le professeur conseiller et le professeur encadreur, leur degré d'implication dans la préparation de la séance inspectée et enfin, les caractéristiques personnelles du professeur stagiaire, notamment son expérience professionnelle. Nous pouvons avancer concernant l'inspection pédagogique « formation » que ces critères se sont avérés « facilitants » au bon déroulement de la séance inspectée, tandis que pour l'inspection pédagogique « désolation », ils ont été plutôt « non-facilitants ».

Il apparaît en outre que l'ensemble de ces critères influence de façon différenciée l'identité professionnelle des professeurs stagiaires interrogés. Pour les professeurs stagiaires relevant du type d'inspection vécue comme un moment de formation, l'inspection pédagogique, en renforçant leur sentiment d'efficacité professionnelle, a contribué à leur faire assumer un statut d'enseignant à part entière, une fois la période d'inspection passée. Pour d'autres, l'inspection pédagogique n'intervient pas de façon directe et simultanée dans ce changement d'identité. Si elle contribue à valider les pratiques des professeurs stagiaires en quête d'une « reconnaissance » professionnelle voire à les rassurer, cette inspection pédagogique opère plus de façon diachronique. Les professeurs stagiaires déclarent en effet, se sentir vraiment enseignants qu'au moment où ils assumeront totalement la responsabilité d'une classe à la rentrée scolaire prochaine, lors de leur première année d'exercice. Enfin, pour d'autres, l'inspection pédagogique s'est révélée déstabilisante, au point de remettre en question et de réduire une identité professionnelle enseignante certes balbutiante, à une identité de personnel encore en formation.

Ainsi, les vécus sont divergents en fonction de nombreux critères. Nous pouvons donc inférer que cet état de fait a des conséquences en termes de développement professionnel en début de carrière. L'inspection pédagogique, loin d'être une simple étape dans un processus de formation à l'enseignement, intervient comme un catalyseur sur le développement professionnel du futur enseignant, la construction des savoirs d'une part et l'identité d'autre part. En effet, l'inspection pédagogique a été l'occasion pour certains professeurs stagiaires de réinvestir des conseils du métier construits dans l'échange avec les membres du jury d'inspection, pour d'autres en revanche, cette expérience a quelque peu inhibé leurs pratiques *a posteriori*.

Le paragraphe précédent montre que nous pouvons conforter notre hypothèse. Toutefois, la dimension écologique a été partiellement étudiée, seul le niveau méso (l'établissement d'accueil, les relations socioprofessionnelles avec le professeur conseiller) a pu être approfondi. Peu ou prou évoqué par les professeurs stagiaires interrogés, l'impact de la variable groupe-classe est difficile à appréhender dans le cadre précis d'une inspection pédagogique, dans la mesure où généralement elle a lieu sur une séance de cours. Il en va de même pour la variable discipline enseignée, sur laquelle les sujets interrogés ne peuvent se prononcer.

Par conséquent, s'il s'avère pertinent de circonscrire une étude sur le vécu de l'inspection pédagogique au discours des intéressés ; rendre compte plus largement de pratiques d'inspection pédagogique nécessite de s'orienter vers une méthodologie combinant situations observées et discours des deux types d'acteurs en présence. La confrontation « pratiques d'inspection » et « pratiques enseignantes » permettrait de prolonger la réflexion sur les interactions mutuelles entre les trois ensembles de facteurs étudiés et ainsi de saisir avec plus d'acuité les raisons de variations de situations d'inspection.

CONCLUSION

Étudier les expériences d'inspection pédagogique relatées par les professeurs stagiaires de notre échantillon nous a donné un aspect de leurs représentations, de leur vécu. Cependant, cette pluralité de vécus peut faire écho à une multitude de pratiques d'inspection pédagogique et *de facto* interroge leur uniformisation. L'objectif assigné à cette pratique d'évaluation lors de la période de fin de stage est bien de valider toute la formation et de déclarer un enseignant en apprentissage « apte » à aller enseigner. Or, nous avons constaté que le discours des professeurs stagiaires fait état de pratiques polymorphes fortement dépendantes elles aussi de divers éléments de contexte. Les différents vécus d'inspection pédagogique mis ici en exergue constitueraient-ils des indices de distorsions évaluatives ? Il semblerait en effet, qu'au-delà de la singularité de l'action, les pratiques, les façons de mener l'inspection pédagogique ainsi que les exigences envers les professeurs stagiaires divergent d'un jury d'inspection à l'autre, d'une discipline à une autre et même d'une séance d'inspection à l'autre. Même s'il semble aller de soi que chaque individu, de part sa singularité, vive et ressente différemment diverses situations données, ceci pose davantage la question dans le cas particulier de l'inspection pédagogique (évaluation certificative officielle du corps enseignant), censée être *a minima* standardisée, harmonisée pour garantir validité et objectivité.

Par conséquent, si la réponse à la question « pourquoi évaluer? » les futurs enseignants paraît évidente dans la mesure où la titularisation et l'amorce de la carrière en sont les enjeux professionnels, notre étude montre que la question du « comment évaluer ? » reste à creuser afin de faciliter une entrée dans ce métier.

RÉFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABIDJAN : Collection repères didactiques.

BANDURA, A. (1980). L'apprentissage social. Bruxelles : Mardaga.

BANDURA, A. (2003). Auto-Efficacité. Le Sentiment d'Efficacité Personnelle. Bruxelles : De Boeck.

BARDIN, L. (1993). L'analyse de contenu. Paris : PUF.

GERARD, FM. (2003). L'évaluation de l'efficacité d'une formation. Gestion 2000, 20(3), 13-33.

MARCEL, J.-F. (2009). Le Sentiment d'Efficacité Professionnelle, un indicateur pour connaître le développement professionnel des « nouveaux » professeurs de l'enseignement agricole français, *Questions Vives,* 5(11), 161-176.

MILES, M.B. et HUBERMAN, M. (2003). Analyse des données qualitatives. Bruxelles : De Boeck.

MUCCHIELLI, R. (1998). L'analyse de contenu des documents et des communications. Paris : ESF.

NANTEL, Y. (2013). L'évaluation des apprentissages : un acte professionnel important et exigent. Education Canada.

NEBOUT-ARKHURST, P. (2017). L'évaluation des apprentissages. Evaluer, oui mais comment ?

PAQUAY, L. (2004). (Ed.). L'évaluation des enseignants *: tension et enjeux.* Paris : l'Harmattan.

PERRENOUD, P. (1996). L'évaluation des enseignants : entre une impossible obligation de résultats et une stérile obligation de procédure. *L'Éducateur*, 10, 24-30.

SCHÖN, D. (1993). *Le praticien réflexif. À la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel*. Montréal : Logi.

VAN DER MAREN, J. M. (1995). *Méthode de recherche pour l'éducation*. Montréal : Presses de l'Université de Montréal.

ÉTAT DES LIEUX SUR LES TRAVAUX PRATIQUES DANS L'ENSEIGNEMENT-APPRENTISSAGE EN SCIENCES EXPÉRIMENTALES AU BÉNIN : ÉTUDE DE CAS DANS LA COMMUNE DE DANGBO

Maurice ADJAHO
Université d'Abomey-Calavi

Eugène Sègbégnon OKE
Université d'AbomeyCalavi

Gabriel BOKO
Université d'Abomey-Calavi

RÉSUMÉ

La qualité de l'enseignement et de l'apprentissage en sciences expérimentales fait appel entre autres à la qualité des enseignants (leur qualification), à la qualité des contenus d'enseignement, à l'existence suffisante de salles de cours, à la taille des groupes pédagogiques, aux ratios élèves / enseignants, à la qualité du matériel d'apprentissage et d'enseignement ainsi qu'à la prise en compte effective des aspects pratiques dans l'enseignement-apprentissage. Ces deux derniers aspects nous ont intéressés dans cette étude et nous avons développé une méthodologie mixte pour la mener. La recherche a nécessité la collecte de données auprès de 138 apprenants, 55 enseignants de SPCT et de SVT, trois censeurs et un laborantin. Le traitement des données recueillies nous a permis de constater entre autres que, malgré l'existence de laboratoire de sciences, 78,26% des apprenants et 84,00% des enseignants ont déclaré n'avoir jamais fait des travaux pratiques en SPCT contre respectivement 86,95% des apprenants et 63,33% des enseignants en SVT. Nous avons travaillé sur un échantillon limité, cependant les insuffisances constatées et confirmées par les déclarations des enseignants et des apprenants dans les pratiques de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences expérimentales méritent une attention particulière auprès des décideurs de nos systèmes éducatifs.

MOTS CLÉS

Sciences, enseignement, apprentissage, travaux pratiques, collège.

ABSTRACT

The teaching quality and of the training in applied sciences calls inter alia on the quality of the teachers (their qualification), the quality of the contents of teaching, the sufficient existence classrooms, the size of the groups teaching, the ratios pupils/teaching, the quality of the equipment of training and teaching, the effective taking into account of the practical aspects in the teaching-training. These last two aspects interested us in this study and we developed a mixed methodology to carry it out. Research required the data collection from 138 learning, 55 teachers of SPCT and ground and LIFE SCIENCES, three critics and one laboratory assistant. The data processing collected enabled us to note amongst other things that, in spite of the existence of laboratory from sciences, 78.26% of learning and 84,00% from the teachers stated never not to have made practical works in SPCT against respectively 86.95% of learning and 63.33% of the teachers in LIFE SCIENCES and ground. We worked on a limited sample, however the insufficiencies noted and confirmed by the declarations of

the teachers and learning in the practices from teaching and the training from the applied sciences deserve a special attention near the decision makers of our education systems.

KEYWORDS

Sciences, teaching, learning, practical works, college.

1. Problématique

Depuis que la Déclaration universelle des droits de l'homme a été proclamée le 10 décembre 1948, le droit à l'éducation a été réaffirmé à maintes reprises. Depuis ce temps, beaucoup de résolutions sont restées muettes au sujet de la dimension qualitative de l'apprentissage (Colclough, 2004). Les deux déclarations les plus récentes de conférences des Nations Unies sur l'éducation, à savoir la Déclaration mondiale sur l'éducation pour tous (1990) et le Cadre d'action de Dakar (2000), considèrent la qualité comme une condition première de la réalisation de l'éducation pour tous (Colclough, 2004). Le Cadre d'action de Dakar soutient particulièrement que l'exigence de qualité est « au cœur de l'éducation». Bien que l'échéance de 2015 soit passée, les questions de la qualité dans l'éducation restent d'actualité. La qualité dans l'éducation fait appel entre autres à la qualité des enseignants (leur qualification), la qualité des contenus d'enseignement, l'existence suffisante de salles de cours, la taille des groupes pédagogiques, les ratios élèves/enseignants, la qualité du matériel d'apprentissage et d'enseignement, la prise en compte effective des aspects pratiques dans l'enseignement-apprentissage des sciences. Ce sont ces deux derniers indicateurs qui retiennent notre attention dans la présente étude. C'est ainsi que nous nous sommes intéressés aux infrastructures disponibles et aux réalités en matière de travaux pratiques dans l'enseignement des Sciences Physique, Chimique et Technologie (SPCT) puis des Sciences de la Vie et de la Terre (SVT) dans les Collèges d'Enseignement Général (CEG). De nos jours, le monde est en perpétuelles mutations sur le plan scientifique et technologique. La capacité à maîtriser, à transmettre et à appliquer la science et la technologie est indispensable dans le processus de modernisation et de développement des systèmes économiques. Les pays en développement, plus précisément au sud du Sahara en Afrique, mettent en œuvre des programmes destinés à soutenir le développement de l'éducation scientifique dans les ordres d'enseignement secondaire et supérieur. Mais malgré ces programmes, des efforts restent à faire. Il est nécessaire que la recherche scientifique accompagne ces efforts pour éclairer les décisions de planification et de gestion du système éducatif dans chaque pays. Dans la recherche en éducation, les études sur l'enseignement des Sciences de la vie et de la terre (SVT) et des Sciences Physique, Chimique et la Technologie (SPCT) peuvent être conduites sous des angles divers. Pour notre part, nous tentons de l'aborder sous l'angle de l'évaluation dans le volet de la question de la prise en compte des travaux pratiques dans l'enseignement de ces disciplines. Les travaux pratiques s'avèrent donc nécessaires dans la concrétisation du savoir dans l'enseignement/apprentissage des disciplines expérimentales. C'est pourquoi Gnasounou (2005) trouve que les travaux pratiques contribuent à la construction des savoirs. Les travaux pratiques sont également des activités de motivation et de stimulation des apprenants qui facilitent l'apprentissage et consolident la construction des savoirs (Zoglobossou, 2006). En effet, le collège d'enseignement général est une des institutions sociales chargées de l'instruction et de l'éducation scientifique et technologique. Il est chargé de transmettre des connaissances scientifique et technologique pour permettre aux jeunes de s'adapter à résoudre les problèmes auxquels ils seront confrontés en société et de s'insérer de manière adéquate. L'accomplissement de cette mission nécessite un minimum de ressources (ressources humaines qualifiées et ressources pédagogiques ou matériels scolaires adaptés, etc.) devant faciliter l'enseignement, l'apprentissage et la consolidation des savoirs par les apprenants.

Ces conditions sont reconnues dans les textes officiels au Bénin, car la Loi n° 2003-17 du 11 novembre 2003 portant Orientation de l'Education Nationale en République du Bénin rectifiée par la Loi n° 2005-33 du 06 octobre 2005, dispose en son article 29 que :

> « Les enseignements secondaire, technique et professionnel visent à approfondir chez l'élève le savoir, le savoir-faire et le savoir-être, notamment les compétences pratiques, les attitudes et aptitudes aux innovations ainsi que les éléments de connaissance en rapport avec les techniques et les professions.» (Loi n° 2005-33 du 06 octobre 2005, art. 29).

La mise en œuvre de ces dispositions de la loi n°2003-17 nécessite la disponibilité de matériels adéquats et suffisants dans les établissements concernés, tel que précisé dans le Décret N°2007-279 du 16 juin 2007 fixant les conditions générales de création, d'extension, de scission et de fonctionnement des établissements privés des enseignements maternel, primaire et secondaire général en son article 16 :

> « (…) les installations comportent obligatoirement des laboratoires ou salles aménagées et équipées pour les travaux dirigées et les travaux pratiques pour l'enseignement secondaire général, (…) ».

La Commune de Dangbo[18] compte neuf CEG publics dont seulement trois disposent d'un laboratoire de sciences. Notre préoccupation de recherche est de nous rendre compte et de décrire les conditions actuelles de mise en œuvre de l'enseignement scientifique des SVT et SPCT dans ces trois collèges de la commune de Dangbo. Pour y répondre, nous avons formulé les questions de recherche suivantes :

- Dans quelle mesure les travaux pratiques sont-ils pris en compte dans l'enseignement/apprentissage des sciences dans les CEG de la Commune de Dangbo?
- Quelles sont les insuffisances dans l'enseignement-apprentissage des sciences expérimentales (SVT et SPCT) dans les collèges de la commune de Dangbo ?

2. Méthodologie de la recherche

Dans le but de répondre à ces différentes questions de recherche, nous avons adopté une approche méthodologique mixte, associant les méthodes qualitatives et quantitatives pour la collecte des données. Grâce aux instruments tels que le questionnaire d'enquête et l'entretien, la recherche a conduit à recueillir, auprès des apprenants, enseignants et personnels administratifs, des données permettant de faire l'état des lieux des travaux pratiques dans les Collèges d'Enseignement Général de la Commune de Dangbo.

Les effectifs des élèves des promotions de la 6ème, de la 3ème et des terminales enquêtés au CEG_1 de Dangbo, au CEG de Djigbé et au CEG de Zounguè sont définis dans le tableau I.

[18] Située au Sud Est du Bénin.

Tableau IX
Effectif global des élèves de la population mère

(Année scolaire 2015-2016)

CEG	Nombre de groupes pédagogiques			Effectif des élèves								
				$6^{\text{ème}}$			$3^{\text{ème}}$			T^{le}		
	ème	**ème**	**le**									
CEG1 Dangbo	3	1	0	*37*	*24*	*61*	*96*	*87*	*83*	*23*	*97*	*20*
CEG Djigbé	8	8	4	*18*	*86*	*04*	*19*	*68*	*87*	*53*	*1*	*94*
CEG Zounguè	1	4	2	*0*	*4*	*4*	*13*	*6*	*79*	*3*	*5*	*8*
TOT AL	**2**	**3**	**6**	***85***	***44***	***29***	***28***	***21***	***249***	***39***	***63***	***02***

Source *:* Censorat des CEG concernés, novembre 2016.

La population mère de cette recherche comporte au total soixante et un (61) groupes pédagogiques avec un effectif total de 2780 pour les promotions $6^{\text{ème}}$, $3^{\text{ème}}$ et terminales des trois CEG concernés. (Cf. tableau I ci-dessus).

Nous avons également consigné dans le tableau II ci-après les effectifs des enseignants des SVT et des SPCT intervenant dans les promotions $6^{\text{ème}}$, $3^{\text{ème}}$ et terminales.

Tableau X
Effectif global des enseignants des SVT et des SPCT de la population mère (Année scolaire 2015-2016)

CEG	Enseignants de SVT			Enseignants des SPCT		
	M	***F***	***T***	***M***	***F***	***T***
CEG_1 Dangbo	*31*	*03*	*34*	*32*	*01*	*33*
CEG Djigbé	*18*	*00*	*18*	*13*	*00*	*13*
CEG Zounguè	*07*	*00*	*07*	*04*	*00*	*04*
TOTAL	**56**	**3**	**59**	**49**	1	**50**

Légende : M : Masculin, F : Féminin, T : Total
Source : Censorat des CEG concernés, novembre 2016

Compte tenu des contraintes liées au temps et aux finances, nous avons effectué un échantillonnage.

2.1. Échantillonnage

Les techniques de choix raisonné et d'échantillonnage par quota sont utilisées pour retenir un effectif donné au sein de la population mère présentée ci-dessus (Cf. tableaux I et II).

2.1.1 Échantillonnage au niveau de la population des élèves

Selon le tableau I présentant la situation générale de la population des élèves, nous avons au total 22 groupes pédagogiques de $6^{ème}$, 23 groupes pédagogiques de $3^{ème}$ et 16 groupes pédagogiques de terminale pour un effectif total de 2780 élèves dans les trois CEG confondus.

Pour des raisons de ressources limitées et de contraintes de temps, nous sommes amenés à effectuer un échantillonnage par quota que nous fixons arbitrairement au tiers de l'ensemble des groupes pédagogiques par CEG et par promotion retenue. Après tout ceci, nous avons retenu un taux de 5% d'élèves de la population totale pour participer à notre enquête.

Par exemple, au CEG_1 de Dangbo, nous avons au total 13 groupes pédagogiques de $6^{ème}$ avec comme effectif 261 élèves. Le tiers du nombre de groupes pédagogique correspond à quatre groupes pédagogiques. Le taux de 5% des 261 élèves correspond à 13 élèves. Ces 13 élèves sont choisis dans les quatre groupes pédagogiques de notre échantillon avec comme répartition 3; 3; 3 et 4 dans la classe de plus grand effectif.

Le résultat de ce processus est présenté dans le tableau III. Signalons que le choix des élèves est fait aussi de façon aléatoire.

Le tableau III suivant présente le résultat de l'échantillon obtenu au niveau des élèves.

Tableau XI
Répartition des élèves dans l'échantillon

CEG	Nombre de groupes pédagogiques			Effectif des élèves								
	ème	*ème*	*le*	*6ème*			*3ème*			*Tle*		
CEG1 de Dangbo	*4*	*4*	*3*	*7*	*6*	***3***	*0*	*4*	***4***	*6*	*0*	***6***
CEG Djigbé	*3*	*3*	*1*	*1*	*9*	***0***	*1*	*8*	***9***	*8*	*2*	***0***
CEG Zounguè	*1*	*1*	*1*	*1*	*2*	***3***	*6*	*3*	***9***	*3*	*1*	***4***
TOTAL				**9**	**7**	**6**	**7**	**5**	**2**	**7**	**3**	**0**

Source : Adjaho M., novembre 2016.

2.1.2 Échantillonnage au niveau de la population des enseignants

Selon le tableau II présentant la situation générale de la population des enseignants, nous avons au total 109 enseignants des SVT et des SPCT pour les promotions retenues dans les CEG concernés. Pour des raisons de ressources limitées et de contraintes de temps, nous sommes amenés à effectuer un échantillonnage par quota que nous fixons arbitrairement à la moitié de la population totale des enseignants des CEG concernés par la présente recherche. Ainsi, quel que soit le CEG et la discipline (SVT ou SPCT), la moitié des enseignants présents dans la population mère est considérée. Pour obtenir l'échantillon, les enseignants retenus ont dû être tirés au hasard. Le tableau IV récapitule la population des enseignants enquêtés.

Tableau XII
Répartition des enseignants dans l'échantillon

CEG	Effectifs des enseignants de SVT			Effectifs des enseignants des SPCT		
	M	**F**	**T**	**M**	**F**	**T**
CEG1 Dangbo	*16*	*01*	*17*	*16*	*01*	***17***
CEG Djigbé	*09*	*00*	*09*	*06*	*00*	***06***
CEG Zounguè	*04*	*00*	*04*	*02*	*00*	***02***
TOTAL	**29**	**01**	**30**	**24**	**01**	**25**

Source : Adjaho M., novembre 2016.

En plus des élèves et des enseignants, le laborantin du CEG1 de Dangbo et les censeurs ou un de leurs adjoints sont aussi questionnés. La synthèse de l'échantillon ainsi retenu pour la recherche se présente dans le tableau V.

Tableau XIII
Récapitulatif de l'échantillon

CEG	Nombre de groupes pédagogiques	Effectif des élèves	Effectif des enseignants			Effectif des censeurs ou leurs adjoints	Effectif des laborantins
			SVT	SPCT			
CEG1 Dangbo	*11*	*73*	*17*	*17*	*34*	*01*	*01*
CEG Djigbé	*07*	*49*	*09*	*06*	*15*	*01*	-
CEG Zounguè	*03*	*16*	*04*	*02*	*06*	*01*	–
TOTAL	**21**	**138**	**30**	**25**	**55**	**03**	**01**

Source : Adjaho M., novembre 2016.

2.2 Techniques et instruments de collecte de données

En vue d'avoir des données fiables, nous avons élaboré les instruments de collecte suivants, compte tenu des techniques et des cibles que nous avons retenues. Le tableau suivant en présente la synthèse.

Tableau XIV
Techniques, cibles et instruments de collectes de données

Techniques	Cibles	Instruments
Enquête par questionnaire	Elèves	Questionnaire à l'intention des élèves de $6^{ème}$, $3^{ème}$ et de terminale
	Enseignants	Questionnaire à l'intention des enseignants (SVT et SPCT)
Entretien	Censeurs	Grille d'entretien à l'intention des censeurs ou leurs adjoints
	Laborantins	Grille d'entretien à l'intention des laborantins
Observation directe	Bâtiments servant de laboratoire, Cadre de travail des laborantins.	Grille d'observation du bâtiment servant de laboratoire de SPCT, Grille d'observation du bâtiment servant de laboratoire de SVT, Appareil photo.

Source : Adjaho M., novembre 2016.

Les instruments que nous avons utilisés ont été confectionnés en tenant compte de la population et des types de données à collecter.

3. Résultats et analyses

3.1 Résultats sur l'enquête par questionnaire : Fréquence des travaux pratiques en laboratoire

La question sur la fréquence des travaux en laboratoire au cours de l'année scolaire 2016-2017 a été posée aux élèves. Les réponses données selon les classes des apprenants sont présentées dans les tableaux suivants.

- ***Les apprenants de la classe de $6^{ème}$***

Tableau VII
Fréquentation des laboratoires en SPCT et en SVT

DISCIPLINES	SPCT		SVT	
PERIODICITE	Nombre	Occurrence (%)	Nombre	Occurrence (%)
Jamais	*23*	*63,9*	*29*	*80,6*
Une fois	*13*	*36,1*	*07*	*19,4*
TOTAL	**36**	**100**	**36**	**100**

Selon les données du tableau VII, 63,9 % des apprenants de la classe de 6ème enquêtés ont déclaré n'avoir jamais travaillé en laboratoire cette année scolaire 2016-2017 en SPCT, contre 80,6 % de ces apprenants dans la discipline des Sciences de la vie et de la Terre (SVT).

Les apprenants de la classe de 3ème se sont également prononcés sur la même question.

- ***Les apprenants de la classe de 3ème***

Les réponses des apprenants sont consignées dans le tableau ci-après.

Tableau VIII
Déclarations des apprenants de 3ème

DISCIPLINES	SPCT		SVT	
PERIODICITE	Nombre	Occurrence (%)	Nombre	Occurrence (%)
Jamais	*52*	*83,9*	*55*	*88,7*
Une fois	*10*	*16,1*	*7*	*11,3*
TOTAL	**62**	**100**	**62**	**100**

Selon les données tableau VIII, 83,9 % des apprenants de 3ème enquêtés ont déclaré n'avoir pas été en laboratoire pour des travaux pratiques en SPCT au cours de l'année scolaire 2016-2017. La situation paraît plus prononcée dans la discipline SVT, où 88,7 % des apprenants déclarent n'avoir pas fait des travaux pratiques en laboratoire.

La minorité d'apprenants (11,3%) ayant déclaré avoir été une fois en laboratoire pour la discipline SVT au cours de l'année scolaire, précise que les leçons ou situations d'apprentissage pour lesquelles ils y sont rendus sont :

- la SA N°1 : « les échanges de matières et d'énergie entre l'organisme et le milieu extérieur » ;

- la SA N° 2 « La commande nerveuse et les réactions comportementales de l'homme ».

Si au premier cycle (6ème et 3ème) la plupart des apprenants enquêtés ne se sont pas rendus en laboratoire au cours de l'année scolaire 2016-2017, qu'en est-il de leurs aînés en classe de terminale au second cycle ?

➢ ***Les apprenants de la classe de terminale***

Les réponses apportées par les apprenants de la classe de terminale quant à leur fréquentation des laboratoires disponibles sont récapitulées dans le tableau IX qui suit.

Tableau IX
Déclarations des apprenants de Terminale

DISCIPLINES	**SPCT**		**SVT**	
PERIODICITE	**Nombre**	**Occurrence (%)**	**Nombre**	**Occurrence (%)**
Jamais	*33*	*82,5*	*36*	*90*
Une fois	*07*	*17,5*	*04*	*10*
TOTAL	**40**	**100**	**40**	**100**

Selon les déclarations des apprenants enquêtés en terminale, 82,5% d'entre eux ne sont pas allés en laboratoire dans le cadre des travaux pratiques en SPCT. En SVT, ils sont 90,0% à faire la même déclaration.

De l'analyse des différentes déclarations faites par les apprenants du premier (6ème et 3ème) et du second cycle (terminale) des trois collèges parcourus, il ressort que les travaux pratiques en laboratoire ne se font presque pas pour les disciplines telles que SPCT et SVT. Cette constatation incite à connaître les avis de ces apprenants quant au déroulement des enseignements dans ces deux disciplines.

3.2. Résultats sur l'enquête par entretien

L'enquête par entretien concerne les censeurs et le laborantin.

Nous avons mené une analyse thématique de contenu qui concerne trois thématiques.

- Existence de locaux servant de laboratoire de sciences
    - Aux dires des censeurs enquêtés et du laborantin du CEG1 Dangbo, chacun des trois collèges dispose d'un local servant de laboratoire en même temps pour les deux disciplines.
- Existence de matériel de laboratoire

    - Selon le censeur du CEG1 Dangbo et du laborantin, le local dispose de certains outils de laboratoire en nombre insuffisant.
    - Pour les Censeurs du CEG Djigbé et du CEG Zounguè, le local ne dispose d'aucun matériel de laboratoire.
- Conditions actuelles de travail lors des travaux pratiques
    - Aux dires des censeurs des trois CEG et du laborantin du CEG1 Dangbo, il y a manque de matériel de laboratoire pour les travaux pratiques.

4. Synthèse et perspectives

Dans cette recherche, nous avons cherché à appréhender les conditions de mise en œuvre de l'enseignement en sciences expérimentales. Autrement dit, il nous a intéressé de répondre aux questions posées à l'entame de cette recherche. Pour nous rendre compte de la réalité sur les travaux pratiques dans les Collèges d'Enseignement Général, nous nous sommes rendus dans trois établissements d'enseignement secondaire de la Commune de Dangbo.

Les investigations menées auprès des enquêtés au cours de notre recherche, ont révélé que l'enseignement-apprentissage des sciences expérimentales (SPCT et SVT) connaît plusieurs insuffisances.

Au niveau des apprenants, les données recueillies indiquent que 63,9 % de ceux enquêtés en classe de 6ème, 83,9 % pour la classe de 3ème et 82,5 % enquêtés en terminale n'ont jamais travaillé en laboratoire cette année scolaire 2016-2017 en SPCT. La situation est la même en SVT. De l'analyse des différentes déclarations faites par les apprenants du premier cycle (6ème et 3ème) et du second cycle (terminale) des trois collèges parcourus, il ressort que les travaux pratiques en laboratoire ne se font presque pas pour les disciplines telles que SPCT et SVT.

Chez les enseignants, 21 enseignants de SPCT (sur les 25 enseignants enquêtés) et 19 enseignants de SVT (sur les 30 enseignants enquêtés) ont déclaré n'avoir pas travaillé au laboratoire cette année scolaire 2016-2017. Il ressort de ces résultats que la majorité des enseignants enquêtés ne prennent pas en compte les travaux pratiques au laboratoire dans leur pratique quotidienne.

Quant aux censeurs ou leurs adjoints, le point relatif de la grille d'entretien à leur intention qui concerne l'existence de matériel de laboratoire a permis de savoir qu'au CEG 1 Dangbo, il y a l'existence du local servant de laboratoire de sciences, mais selon le censeur, ce local ne dispose pas de matériel de laboratoire en nombre suffisant. Par contre, selon les censeurs du CEG Djigbé et du CEG Zounguè, le local ne dispose d'aucun matériel de laboratoire.

Au troisième point de l'entretien avec le laborantin du CEG 1 Dangbo, ce dernier a déclaré qu'il y manque de matériels de laboratoire.

Il ressort des informations des censeurs et du laborantin que le matériel de laboratoire est insuffisant, voire inexistant.

Ainsi, dans les CEG 1 Dangbo, CEG Djigbé et CEG Zounguè parcourus au cours de cette recherche, la situation semble être la même, bien qu'il subsiste quelques disparités. En effet, ces trois établissements publics de la Commune de Dangbo disposent chacun d'un local servant de laboratoire de sciences. Les investigations menées au cours de la présente recherche ont montré que l'état des bâtiments et du matériel (là où il en existe) ne répond pas aux besoins en matière des travaux pratiques lors de l'enseignement des cours de Sciences Physiques, Chimiques et Technologie et des Sciences de la Vie et de la Terre. Les pratiques des enseignants de SVT et SPCT de ces trois établissements ne semblent pas en adéquation avec les prescriptions qui recommandent des travaux pratiques lors des enseignements de sciences. Les manipulations ou les pratiques au laboratoire concourent au développement des aptitudes, des habiletés et des compétences des apprenants qui, se faisant, apprennent à forger en forgeant. Les travaux pratiques permettent à l'élève d'être actif et de se confronter à l'expérience. La concrétisation des enseignements théoriques lors des situations d'enseignement-apprentissage est importante dans la formation des apprenants. Nous avons constaté dans ces CEG objets de notre recherche, l'absence ou l'insuffisance du matériel permettant les activités de manipulation et d'expérimentation en sciences expérimentales. Cet état de chose pourrait avoir un impact sur les apprentissages qu'acquièrent les élèves, futurs citoyens devant prendre un rôle actif dans la marche vers le développement et la modernité.

À la suite de ces différents résultats présentés et au regard des analyses qui en découlent, il semble nécessaire de faire quelques suggestions à l'endroit des acteurs en contexte béninois et plus généralement en contextes africains compte tenu des éventuelles similitudes. Nous suggérons de faire suivre chaque séquence d'apprentissage de travaux pratiques en tenant compte du matériel disponible dans l'environnement immédiat.

Le nombre limité de Collège d'Enseignement Général (CEG) considérés dans cette recherche et l'effectif réduit des enquêtés sont des facteurs qui limitent la généralisation des résultats. Les démarches et outils utilisés dans ce travail peuvent être réutilisés pour une extension de la recherche, c'est-à-dire une évaluation plus large à l'échelle départementale, voire nationale. Ceci permettrait par exemple de faire un état des lieux de l'enseignement/apprentissage de ces disciplines scientifiques et de la manière dont elles sont concrétisées avec ou sans les travaux pratiques afin de proposer des réformes touchant aux contenus d'enseignement-apprentissage en sciences expérimentales, la politique d'acquisition de matériels et d'équipement des CEG et la politique de formation des enseignants de façon plus adéquate.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AYÇAGUER-RICHOUX, H. (2000). *Rôles des expériences quantitatives dans l'enseignement de la physique au lycée*. Thèse de Doctorat de l'université paris 7, spécialité: didactique des disciplines Option: Sciences et Techniques Physiques et Chimiques, Paris.

BRACCO, C. (2010). Histoire et Enseignement de la Physique *: Lumière, Planètes*, Relativité et Quanta. Physique [physics]. Ecole normale supérieure de Cachan - ENS Cachan, <tel-00529686> récupéré à l'adresse https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00529686 le 15 octobre 2016 à 17 heures 23 minutes.

COLCLOUGH, C. (dir.) (2004). Rapport mondial de suivi sur l'EPT 2005, UNSECO.

GIORDAN, A. et GIRAULT, Y. (1994). Les aspects qualitatifs de l'enseignement des sciences dans les pays francophones. Paris : Institut international de planification de l'éducation.

GOHAU, G. (1977). Difficultés d'une pédagogie de la découverte dans l'enseignement des sciences. Lycée"Jeanson de Sailly" Paris.

LEGENDRE, M. F. (1994). Problématique de l'apprentissage et de l'enseignement de la question Dans Revue des sciences de l'éducation, vol.20, n°4, p.657-677. Récupéré à l'adresse : http://id.erudit.org/iderudit/031761ar le 26 avril 2016 à 8 heures 2 minutes.

LEGENDRE M. F. (2008). La notion de compétence au cœur des réformes curriculaires : Effet de mode ou moteur de changements en profondeur ?. Dans Compétences et contenus : les curriculums en questions. Bruxelles : De Boeck, p. 27-50 Loi n° 2003-17 du 11 novembre 2003 portant *Orientation de l'Education Nationale en République du Bénin rectifiée par la loi n°2005-33 du 06 octobre 2005.*

OKE, E. (2010). Evaluation d'un enseignement de la cinématique en Terminale D, Revue Africaine de Didactique des Sciences et Mathématiques (RADISMA). n°5. ISSN 1990-3219.

OKE, E. (2014). Evaluation d'un enseignement de Physique en Terminale. Allemagne : Editions Universitaires Européennes, ISBN : 978-3-8417-3

PIAGET, J. (1970- 1972). Problèmes généraux de la recherche interdisciplinaire et mécanismes communs. Etude publiée par l'UNESCO. Dans Epistémologie des sciences de l'homme. Paris : Gallimard

RAYNAL, F. et RIEUNIER, A. (2009). Dictionnaire des concepts clés. Apprentissages, formation et psychologie cognitive. Collection pédagogies. Paris : ESF éditeur.

VERGNAUD, G. (1996) Au fond de l'action, la conceptualisation, Dans Barbier, J.-M. (dir.). Savoirs théoriques et savoirs d'action, Paris : PUF, 275-292

VYGOTSKY, L. S. (2011). Le problème de l'apprentissage et du développement intellectuel à l'âge scolaire. Dans une théorie du développement et de l'éducation.

ENSEIGNEMENT-APPRENTISSAGE DE LA LOI D'OHM EN CLASSE DE QUATRIÈME : ÉTUDE EXPLORATOIRE AU BÉNIN

Magloire Dognon AHODÈGNON ZÉPHYRIN
Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

Eugène Sègbégnon OKÉ
Faculté des Sciences et Techniques (FAST) et Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

Koba Charles MAGBONDÉ
Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

RÉSUMÉ

La loi d'Ohm fait l'objet d'enseignement/apprentissage dès la classe de quatrième au Bénin (DIP, 2007). C'est l'une des premières lois en physique écrite et représentée mathématiquement. Malgré sa formulation simple, son enseignement dans les classes semble être source de difficultés

À la lumière de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) de Chevallard (1992), nous avons analysé l'organisation praxéologique et didactique de l'enseignement apprentissage de la vérification de loi d'Ohm en classe de quatrième au Bénin.

Nos observations font ressortir le vide des Programmes officiels d'études sur les techniques et éléments de technologies de la vérification de la loi d'Ohm et une grande variabilité dans la mise en œuvre de la vérification de cette loi. Elles ont également mis en évidence chez un enseignant une séance de classe à structure ternaire complexe mettant en jeu une imbrication des différents moments de réalisation de la vérification de la loi d'Ohm, un *topos* alternativement faible et fort en fonction des phases de réalisation de la séance.

MOTS CLÉS

Organisation praxéologique, Organisation didactique, loi d'Ohm, TAD

INTRODUCTION

Les mathématiques et la physique entretiennent des relations séculaires de complémentarités. Il est fréquent que des difficultés d'ordre mathématiques entravent l'enseignement/apprentissage de la physique qui s'appuie sur les mathématiques (comme outils, langage, etc.). La loi d'Ohm est l'une de ces thématiques dont l'enseignement ne semble pas échapper à ces difficultés. Elle est utilisée pour caractériser le comportement des conducteurs ohmiques, définir la grandeur électrique appelée résistance électrique d'un conducteur ohmique et définir son unité. Apparemment simple de formulation (U= R.I) la loi d'Ohm présente des aspects historiques forts, des controverses épistémologiques et soulève des questions métrologiques comme l'ont montré Malafosse et Dusseau (2001).

L'étude de la loi d'Ohm fait partie des programmes d'études scolaires au Bénin (DIP, 2007). En classe de 4ème, les instructions officielles demandent d'amener les apprenants à procéder à sa vérification pour les conducteurs ohmiques. Cette étude requiert une modélisation mathématique mettant en jeu une relation fonctionnelle U = f(I) = R.I de type linéaire de données (mesure de tension U et d'intensité I) issues d'une étude expérimentale. Cette modélisation qui fait passer de l'électrocinétique à l'algèbre linéaire apparait difficile du fait de l'implication de deux matières : mathématiques et physique.

Notre étude vise à analyser l'enseignement et l'apprentissage de la loi d'Ohm en classe de $4^{\text{ème}}$ au Bénin dans le cadre d'une situation didactique ordinaire pour explorer ce qui est effectivement enseigné au regard de ce qui est à enseigner et explorer ce que les élèves en apprennent.

La Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) à travers les notions d'organisation praxéologique et didactique nous a servi de cadre pour conduire notre étude.

Après avoir présenté brièvement quelques éléments de cette approche théorique nous passerons en revue quelques travaux antérieurs portant sur la loi d'Ohm puis la méthodologie que nous avons utilisée. Nous présenterons enfin les résultats que nous avons obtenus et que nous discutons.

1 Cadre théorique et problématique

1.1. Cadre théorique

Relativement à un thème Q tel que la loi d'Ohm, la TAD étudie deux types d'objets : l'organisation scientifique, c'est-à-dire la réalité scientifique (mathématique, physique, biologique, etc.) qui peut se construire dans une classe où nous étudions le thème Q et l'organisation didactique, la manière dont peut se construire cette réalité scientifique, c'est-à-dire la manière dont peut s'y réaliser l'étude du thème Q.

Le positionnement épistémologique de la TAD attribue au savoir un caractère anthropologique et situe toute activité scientifique dans l'ensemble des activités humaines institutionnelles *:*

> « Le point crucial à cet égard, dont nous découvrirons peu à peu toutes les implications, est que la TAD situe l'activité scientifique, et donc l'activité d'étude en mathématiques et en sciences, dans l'ensemble des activités humaines et des institutions sociales » (Chevallard, 1998, p.1).

La loi d'Ohm figure dans les programmes d'études du Bénin, aussi bien au collège qu'au lycée et à l'université. Pour prendre sa place parmi les objets d'enseignement/apprentissage en classe de quatrième par exemple, la loi d'Ohm fait objet d'une transposition didactique. La mise en œuvre de son enseignement est prescrite par les programmes et instructions officielles. C'est dire que la vérification de la loi d'Ohm, comme tout savoir scientifique, est attachée à une institution (au moins) qui lui donne une signification spécifique et lui impose un certain nombre de conditions et de contraintes.

L'outil principal de l'approche anthropologique du didactique est la notion d'organisation praxéologique. Le terme de praxéologie a été introduit par Chevallard (1999) dans le cadre de la théorie anthropologique du didactique. Dans cette théorie, il décrit une praxéologie comme étant un quadruplet (type de tâches, technique, technologie, théorie). Des définitions proposées par Chevallard dans ses écrits, celle-ci nous apparait assez précise *:*

> « En toute institution, l'activité des personnes occupant une position donnée se décline en différents types de tâches T, accomplis au moyen d'une certaine manière de faire, ou technique, τ, Le couple [T, τ] constitue, par définition, un savoir-faire. Mais un tel savoir-faire ne saurait vivre à l'état isolé : il appelle un environnement technologico-théorique [Θ, Θ], ou savoir (au sens restreint), formé d'une technologie Θ, « discours » rationnel (logos) censé justifier et rendre

> intelligible la technique (tekhnê), et à son tour justifié et éclairé par une théorie Θ, généralement évanouissant. Le système de ces quatre composantes, noté [T/τ/Θ/Θ], constitue alors une organisation praxéologique ou praxéologie, dénomination qui a le mérite de rappeler la structure bifide d'une telle organisation, avec sa partie pratico-technique [T/τ] (savoir-faire), de l'ordre de la praxis, et sa partie technologico-théorique [Θ/Θ] (savoir), de l'ordre du logos » (Chevallard, 1999)

Ainsi donc toute activité humaine, pratique sociale et l'activité scientifique en particulier, peut s'analyser ou se modéliser en des complexes selon quatre composantes : (type de) tâches, techniques, technologie et théorie et d'après Chevallard (2007) une praxéologie est l'union plus ou moins réussie, adéquate, pertinente de ces quatre éléments.

La praxéologie ou l'organisation praxéologique repose sur des postulats :

Premier postulat : toute pratique se laisse analyser, de différents points de vue et de différentes façons, en un système de tâches relativement bien circonscrites. Tout pourtant n'est pas tâche : il existe en toute institution de l'activité non analysée en types de tâches, et dont la mention au moyen de verbes d'action d'acception très large (par exemple « calculer », « démontrer », « vérifier », etc.) laisse le contenu mal défini. Nous parlons alors de genre de tâches. Le deuxième postulat pose que l'accomplissement de toute tâche résulte de la mise en œuvre d'une technique. Il faut entendre le terme de technique en un sens très large, comme une « manière de faire » particulière, une manière de réaliser la tâche, et non selon l'acception courante, un procédé structuré et méthodique, voire algorithmique qui n'est qu'un cas très particulier de technique. Il s'agit d'un savoir-faire : C'est un bloc [Type de tâches/technique] ou bloc technico-pratique. Dans le troisième postulat, nous supposons que, pour pouvoir exister dans une institution, une technique doit apparaître comme un tant soit peu compréhensible, lisible et justifiée. Cette contrainte écologique implique alors l'existence d'un discours descriptif et justificatif des tâches et techniques que nous appelons la technologie de la technique. Une technologie peut avoir pour fonction de justifier rationnellement la technique, d'expliquer, la rendre intelligible, éclairer la technique et de produire la technique. Le postulat annoncé implique en outre que toute technologie a besoin à son tour d'une justification, que nous appelons la théorie de la technique, et qui en constitue le fondement ultime. C'est souvent le bloc technologico-théorique qui est vu comme un savoir.

Au sens de Chevallard (2005), « Le matériau mathématique élaboré est alors mis en forme – par la classe, sous la direction du professeur dans une synthèse qui en précise les différents composants et les « institutionnalise » d'une manière presque définitive. » (Chevallard, 2005)

Ainsi donc dans les manuels de physique ou dans le cours des professeurs, le savoir disponible se présente sous la forme de savoir enseigné dans le processus de la transposition didactique. L'analyse praxéologique de l'enseignement de la loi d'Ohm que nous proposons de faire est la praxéologie institutionnalisée relative à la loi d'Ohm et sa vérification concerne l'union plus ou moins pertinente du type de tâche « vérifier la loi d'Ohm », de la technique déployée pour vérifier la loi d'Ohm, de la technologie et de la théorie qui prédestinent à cette technique, telles que le professeur l'a institutionnalisé dans son manuel ou dans son cours.

1.2 Problématique

Une série de trois grandes études françaises (Malafosse et al., 2000a ; Malafosse et al., 2000b ; Malafosse et al., 2001) se sont intéressées à l'acquisition de la loi d'Ohm au collège en interrogeant les conditions dans lesquelles des concepts élaborés en didactique des mathématiques sont transposables à la didactique de la physique dans le contexte français où les programmes officiels de mathématiques préconisent le sens physique que confèrent les notions mathématiques abordées. Ces recherches correspondent respectivement à chaque étape de la progression de classe conduisant à l'établissement de la loi d'Ohm. La méthodologie retenue par ces recherches est celle de l'*ingénierie didactique* d'Artigue (1988). Elles ont mis en évidence des difficultés de conceptualisation de la loi d'Ohm par les élèves, lesquelles sont liés au changement d'*espace de réalité,* de *cadre de rationalité* et de *registre* entre mathématique et physique.

Liegeois et Mullet (2002) ont étudié la façon dont les élèves des classes de fin de collège et de début de lycée sont capables de conceptualiser la notion de résistance au regard de ses relations avec les concepts de tension et d'intensité du courant. Ces chercheurs ont utilisé une méthodologie qui consiste à fournir aux participants une série de données numériques de tension et d'intensité avec la consigne de prédire les valeurs correspondantes de la résistance. Les résultats tendaient à montrer que, pour la majorité des élèves, la résistance est une fonction directe de deux concepts : tension et intensité ; comme pourrait être le concept de puissance. Il semble que pour les sujets de cette étude, la résistance d'un conducteur ohmique varie lorsque la tension et l'intensité varient.

D'autres études comme celles menées par Periago et Bohigas (2005) se sont intéressées aux conceptions des étudiants à propos de la tension électrique, de l'intensité du courant et de la loi d'Ohm. Par un questionnaire, les auteurs ont examiné les représentations d'étudiants en deuxième année de cycle d'ingénierie industrielle et chimique sur les aspects conceptuels de la théorie de circuits précisément sur ce qui renvoie au concept de base de tension, d'intensité et de la loi d'Ohm. Loin de fournir d'informations significatives sur les conceptions des étudiants sur la relation entre tension et intensité, la recherche a été très utile dans la conception et la rédaction de cours, basées sur l'approche constructiviste du processus d'enseignement et d'apprentissage.

Ces recherches ont le mérite de mettre en lumière certaines difficultés de conceptualisation de l'étude de la loi d'Ohm chez les élèves, difficultés mises à jour en termes de comportement qu'ils peuvent avoir dans le cadre de prélèvement d'émergence (Lerouge, 1992) sur des données numériques, de questionnaires ou d'une ingénierie didactique.

Cependant, ces études ne se sont pas intéressées au travail de l'enseignant chargé de la mise en œuvre de l'enseignement-apprentissage de la loi d'Ohm en situation réelle de classe. C'est ce que nous proposons de faire en cherchant à analyser l'enseignement/apprentissage de la loi d'Ohm en quatrième à travers les questions suivantes: Qu'est-ce qui caractérise la réalité physique qui peut se construire lors des séances d'enseignement/apprentissage de la loi d'Ohm en classe de quatrième au Bénin ? Quelles sont les situations didactiques mises en place par le professeur lors d'une séance d'enseignement de l'établissement de la loi d'Ohm en classe de quatrième ? La première question interroge la praxéologie scientifique relative à la loi d'Ohm et à son établissement en classe de quatrième au Bénin. Quant à la seconde, elle offre l'occasion d'analyser la manière dont peut se réaliser l'étude de la loi d'Ohm dans cette classe.

2. Méthodologie

2.1 Le recueil des données

Pour caractériser l'organisation physique de l'enseignement/apprentissage de la loi d'Ohm en classe de quatrième au Bénin nous avons recueilli différents types de données. Ils concernent d'une part les éléments relatifs à l'objet « loi d'Ohm » dans l'institution chargée de l'enseignement des sciences physiques au secondaire du Bénin (que nous notons ESSPB). Ce que nous examinons ici est la praxéologie relative à l'objet « loi d'Ohm » dans l'institution en classe de quatrième. Notre corpus est donc composé d'extraits du programme d'études et du guide du programme d'études de la quatrième. D'autre part, nous examinons les praxéologies institutionnalisées dans les manuels de physique et dans les cours de professeurs relatives à la loi d'Ohm. Pour cela nous avons recueilli un extrait du manuel de sciences physiques de la collection Durandeau 3ème (Hachette Eduction), un extrait du manuel de Sciences physiques 3ème de la collection *Armand Colin (Bordas)* et d'un extrait de manuel de sciences physiques 3ème de la collection Istria, (Casteilla). Le choix de ces manuels est motivé par le fait qu'ils sont autorisés par les Programmes Officiels (DIP, 2007, p.16). Les données recueillies concernent également deux enseignants P1 et P2 de Sciences physiques, l'un au Collège privé Sainte Marie Stella de Agla à Cotonou, l'autre au complexe scolaire privé de Cœur d'Or dans la commune d'Abomey-Calavi à propos de leurs praxéologies institutionnalisée lors d'une séance ordinaire en classe de quatrième sur le thème de la vérification de la loi d'Ohm.

Pour décrire et analyser l'organisation de l'étude de la loi d'Ohm en classe, nous nous sommes intéressés à l'organisation didactique mise en place par un troisième enseignant P3 en termes de *moment.* Le corpus est constitué par les trames du cours de P3 filmé en situation ordinaire de classe en décembre 2017 au Collège d'Enseignement Général de Gobaba dans la commune de Savalou lors d'une séance de vérification de la loi d'Ohm avec une trentaine d'élèves.

2.2. La méthode d'analyse des données Pour décrire et analyser ce que prescrit l'institution scolaire à propos de la loi d'Ohm et de sa vérification dans les extraits du programme d'étude et du guide des programmes en cohérence avec le modèle d'analyse choisi, nous avons défini les indicateurs suivants : la présence de *type de tâches* « vérifier la loi d'Ohm », la présence de ou des *techniques* préconisées pour vérifier la loi d'Ohm, la ou les *technologies* sur la/les quelle/s repose/nt la ou les *techniques* et les *éléments théoriques* de la discipline physique qui justifient la/les *technologie/s***.**

Pour *décrire* et *analyser* la réalité physique de la vérification de la loi d'Ohm dans le cours des professeurs, nous avons, dans un premier temps, comparé les trois extraits de *manuels de physique* pour ce qu'ils sont le lieu où se dévoilent les *savoirs enseignés* dans les classes. Par ailleurs, et en complément des extraits de *manuels*, nous avons comparé les cours des enseignants P1 et P2 lors de la phase d'institutionnalisation à propos de la loi d'Ohm et de la vérification de la loi d'Ohm.

Les données que nous avons retenues sont relatives à la façon dont chaque professeur met en jeu l'organisation scientifique (physique) de la vérification de la loi d'Ohm dans sa classe particulièrement lors des phases d'institutionnalisation. Pour le professeur P1, nous nous sommes intéressés à son discours lors du déroulement de son cours. Quant à P2, nous avons retenu et photographié les traces écrites institutionnalisées du travail de classe relatives à la vérification de la loi d'Ohm.

À chacun de ces deux niveaux de comparaison nous avons examiné pour l'objet « loi d'Ohm » (que nous notons LOHM) et le type de tâche « vérifier la loi d'Ohm », les composantes praxéologiques en vue de mettre en relief les facteurs différenciant les extraits de manuels et les extraits de cours des deux professeurs.

Quant à l'analyse de la pratique effective de P3, nous avons caractérisé la manière dont il met en place l'organisation physique de l'étude de la loi d'Ohm en classe en termes de *moments* de l'étude. Nous examinons la manière dont chaque *moment* se réalise, la fonction de chacun d'eux, la pertinence et la perfectibilité de ces phases tout en mettant en évidence le *topos* de l'élève et du professeur.

3. Les résultats de l'étude

3.1 Praxéologie relative à la loi d'Ohm

Rapport institutionnel de l'institution ESSPB à l'objet « loi d'ohm »-Classe de 4ème R(ESSPB, LOHM) :

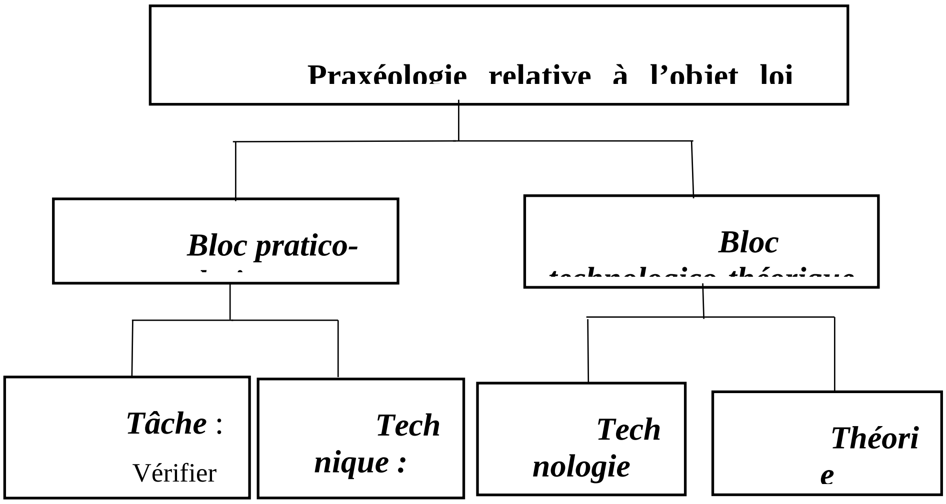


Schéma 1 R (ESSPB, LOHM) dans le modèle de Chevallard (1999)

L'analyse du curriculum prescrit relatif à la loi d'Ohm et à sa vérification en classe de quatrième nous montre que même s'il y a la présence du *type de tâche* « vérifier la loi d'Ohm », aucun élément de technique implicite et explicite n'est mis en évidence. Les éléments technologiques et théoriques propres aux sciences physiques sont également inexistants.

Résultat de la comparaison de *manuels et des cours des professeurs* à propos des praxéologies institutionnalisées relativement à la loi d'Ohm et à la vérification de la loi d'Ohm :

Tableau 1
Analyse de la praxéologie proposée par chaque manuel
(Hachette; Bordas; Casteilla)

	Praxéologie	Manuels		
		Hachette Education	Larousse-Bordas	Casteilla
Comment vérifier la loi d'Ohm	***Techniques***	***1ère étape*** : Mesurer à l'ohmmètre la résistance d'un conducteur ohmique. ***2ème étape :*** Réaliser le montage d'étude du conducteur ohmique. ***3ème étape :*** Mesure une série de valeurs du couple (I ; U) pour ce conducteur ohmique puis les consigner dans un tableau. ***4ème étape :*** Tracer la caractéristique intensité-tension de ce conducteur ohmique. ***5ème étape :*** Remarquer que cette caractéristique est une droite passant par l'origine des coordonnées. ***6ème étape :*** Conclure une relation de proportionnalité entre U et I. ***7ème étape :*** Calculer le coefficient directeur de la droite U/I et remarquer qu'il n'est autre chose que la valeur de la résistance R mesurée à la 1ère étape.	***1ère étape :*** réaliser le montage d'étude d'un ***dipôle*** ***2ème étape :*** mesurer une série de valeurs du couple (I ; U) pour ce ***dipôle*** puis les consigner dans un tableau. ***3ème étape :*** placer dans un plan les différents points de coordonnées (I ;U) ***4ème étape :*** obtenir la caractéristique intensité-tension de ce dipôle par le tracé de la ***droite moyenne,*** ***5ème étape :*** exploiter la nature de la courbe obtenue pour déduire que tension et intensité sont des grandeurs proportionnelles. ***6ème étape :*** conclure que le *dipôle* étudié est un conducteur ohmique ***7ème étape :*** vérifier que la résistance du conducteur ohmique a la même valeur que le coefficient de proportionnalité de la tension par rapport à l'intensité.	***1ère étape :*** réaliser le montage d'étude d'un ***résistor*** ***2ème étape :*** mesurer une série de valeurs du couple (I ; U) pour ce ***résistor*** puis les consigner dans un tableau. ***3ème étape :*** tracé de la caractéristique intensité-tension du résistor par une démarche bien explicitée. ***4ème étape:*** montrer que la caractéristique est la représentation graphique d'une *fonction linéaire* dont l'équation U=R.I est la loi d'Ohm.

	Technologies	- Technologie des composants électriques et électroniques (appareillage et schématisation), - Repérage du plan, - Ajustement linéaire, - Notion de résistance, - Notion de coefficient directeur, - Notion de proportionnalité, - Énoncé de la loi d'Ohm : la tension U est égale au produit de la résistance R par l'intensité I du courant électrique, - Formule mathématique traduisant la loi d'Ohm avec le choix adéquat des unités	- Technologie des composants électriques et électroniques (appareillage et schématisation), - Repérage du plan, - Notion de droite moyenne, - Notion de proportionnalité, - Notion de coefficient directeur, - Énoncé de la loi d'Ohm : la tension U est proportionnelle à l'intensité I du courant électrique, - Formule mathématique qui traduit la loi d'Ohm avec le choix adéquat des unités	- Technologie des composants électriques et électroniques (appareillage et schématisation), - Repérage du plan, - Notion de fonction linéaire, - Notion de dipôle linéaire, - Notion de coefficient directeur, - Énoncé de la loi d'Ohm : la caractéristique intensité-tension d'un résistor est une fonction linéaire d'équation U=R.I - Formule mathématique qui traduit la loi d'Ohm avec le choix adéquat des unités
	Théories	les ***théories*** l'électrocinétique, l'algèbre linéaire, le calcul numérique, la théorie quantique de *l'effet Hall,* la théorie de l'analyse dimensionnelle	les ***théories*** l'électrocinétique, de l'algèbre linéaire, le calcul numérique, la théorie quantique de *l'effet Hall,* la théorie de l'analyse dimensionnelle.	les ***théories*** l'électrocinétique, le l'algèbre linéaire, la théorie quantique de *l'effet Hall,* la théorie de l'analyse dimensionnelle.

Tableau 2
Analyse de la praxéologie proposée par le cours des professeurs (P1 et P2)

Comment vérifier la loi d' Ohm	Éléments de	Cours des professeurs	
		Cours du professeur P1	Cours du professeur P2
	Techniques	***1ère étape*** : Réaliser le montage d'étude du conducteur ohmique. ***2ème étape :*** Mesurer une série de valeurs du couple (I ; U) pour ce conducteur ohmique puis les consigner dans un tableau. ***3ème étape :*** Calculer les rapports U/I et remarquer qu'ils sont égaux à la valeur lue de la résistance du conducteur ohmique. ***4ème étape :*** Conclure d'une relation de proportionnalité entre tension et intensité.	***1ère étape*** : Mesurer à l'ohmmètre la résistance d'un conducteur ohmique. ***2ème étape :*** Réaliser le montage d'étude du conducteur ohmique. ***3ème étape :*** Mesurer une série de valeurs du couple (I ; U) pour ce conducteur ohmique puis les consigner dans un tableau. ***4ème étape :*** Tracer la caractéristique intensité-tension de ce conducteur ohmique. ***5ème étape :*** Remarquer cette caractéristique est une droite passant par l'origine des coordonnées. ***6ème étape :*** Calculer le coefficient directeur de la droite U/I et remarquer qu'il n'est autre chose que la valeur de la résistance R mesurée à la 1ère étape. ***7ème étape :*** Déduire la relation $R=\frac{U}{I}$ traduisant la loi d'Ohm.
	Technologies	- Technologie des composants électriques et électroniques (appareillage et schématisation). - Notion de proportionnalité. - Notion de résistance. **- Énoncé de la loi d'Ohm : la tension aux bornes d'un conducteur ohmique est toujours proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse.** - Formule mathématique traduisant la loi d'Ohm avec le choix adéquat des unités.	- Technologie des composants électriques et électroniques (appareillage et schématisation). - Repérage du plan. - **Notion de droite moyenne**. - Notion de coefficient directeur. **- Énoncé de la loi d'Ohm : la tension U est proportionnelle à l'intensité I du courant électrique.** - Formule mathématique qui traduit la loi d'Ohm.
	Théories possibles	Les théories de l'électrocinétique et de calcul numérique, la théorie quantique de *l'effet Hall et de l'analyse dimensionnelle.*	Les ***théories*** l'électrocinétique, de l'algèbre linéaire, la théorie quantique de *l'effet Hall.*

L'analyse praxéologique des trois extraits de *manuels et des deux extraits de cours des professeurs* a montré une grande variabilité au niveau de la praxéologie de la vérification de la loi d'Ohm. Nous mettons en évidence deux types de catégories d'organisation scientifique avec des technologies différentes :

- Soit l'organisation scientifique de la vérification de la loi d'Ohm se fonde sur des stratégies de mise en évidence d'une relation de proportionnalité entre tension et intensité dans le cadre d'une étude graphique qui nécessite de vérifier que le coefficient directeur de la caractéristique du conducteur ohmique étudié faisant office de coefficient de proportionnalité est égal à la valeur lue de la résistance du conducteur ohmique.

- Soit l'organisation scientifique est basée sur la mise en évidence de proportionnalité entre tension et intensité dans le cadre purement numérique d'exploitation des données de mesures des grandeurs électriques.

3.2. Pratique effective de l'enseignant en séance ordinaire de classe

L'analyse de la séance de P_3 montre qu'elle s'est déroulée suivant une structure ternaire qui commence par une activité expérimentale d'étude et de recherche, s'est poursuivie par une phase collective d'élaboration et d'institutionnalisation de connaissances et s'est terminée par une phase d'exercices corrigés en classe. Mais l'analyse en termes de *moments* didactiques montre que ceux-ci sont imbriqués avec des fonctions ou objectifs très divers qui peuvent changer très rapidement. Ces fonctions ne semblent pas comprises par les élèves. C'est ainsi que nous avons repéré des gestes professionnels d'institutionnalisation à divers endroits de la séance. Les phases d'institutionnalisation sont difficilement construites autour des réponses des apprenants et parfois elles s'achèvent par des résultats parachutées ou fournies directement par l'enseignant alors qu'aucunes données ne permettaient de conclure de tels résultats.

Quant au *topos* des élèves, il ne semble pas s'exprimer pendant les phases d'expérimentation et d'exploitation des résultats des mesures effectuées et se réduit à la résolution de problèmes ou d'exercices dont les consignes sont déjà traitées par l'enseignant.

4. Discussion

Les différences observées au niveau de la praxéologie de la vérification de la loi d'Ohm signifient que la simple détermination de l'intensité I du courant, de la tension U aux bornes d'un conducteur ohmique ne garantit pas l'induction de la relation mathématique qui les lie, comme l'ont montré des travaux antérieurs (Malafosse et al., 2000a ; 2000b ; 2001). Elles ne garantissent pas non plus la compréhension de l'interdépendance de tension et de l'intensité du courant pour un conducteur ohmique en accord avec Liegeois et Mullet, (2002) et Periago et Bohigas (2005). Ces résultats peuvent traduire également, en écho aux travaux de Bachelard (1938) qu'il ne suffit pas de *dire* le savoir scientifique, de l'annoncer (comme dans les programmes officiels ou dans les manuels et cours) ou le proclamer pour qu'il soit acquis.

CONCLUSION

Notre recherche s'est intéressée à caractériser l'organisation scientifique et la manière dont se réalise celle-ci lorsque, dans une classe, nous étudions la loi d'Ohm et sa vérification. Nous avons alors décrit et analysé les programmes officiels des sciences physiques pour noter le non-dit de ceux-ci sur les techniques de vérification de la loi d'Ohm. Dans le cours des professeurs nous avons mis en évidence une variabilité importante dans la mise en œuvre de l'établissement de la loi d'Ohm et des difficultés de sa mise en œuvre en classe.

Du fait de ces résultats, il est à craindre la grande disparité des savoirs enseignés dans nos collèges. Du moins, en ce qui concerne la loi d'Ohm, les enseignants ne peuvent être sensibilisés aux mêmes techniques de vérification de cette dernière loi. Le corollaire pourrait être des enseignements avec des degrés de cohérence problématique à la grande défaveur des apprenants.

Il serait d'un certain intérêt que l'institution scolaire conçoive et vulgarise des curriculums qui intègrent les dimensions techniques et technologiques relatifs aux savoirs à enseigner dans les classes afin que l'enseignant tire le meilleur profit dans la mise en œuvre de ces savoirs en classe.

Le mutisme de l'institution sur la mise en œuvre de la loi d'Ohm en quatrième, la grande variabilité observée au niveau de la praxéologie de la vérification de cette loi tant du point de vue des composantes que du point de vue de leur cohérence et les difficultés qu'éprouvent élèves et enseignants lors de son enseignement et de son apprentissage soulèvent une question fondamentale, celle relative au rapport personnel du professeur au savoir en jeu. En effet, c'est le professeur qui, étant sujet de l'institution, conçoit les programmes d'étude. C'est encore lui qui met en œuvre ces programmes en classe. Il serait profitable d'investiguer les connaissances des enseignants de sciences physiques à propos de loi d'Ohm.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARTIGUE, M. (1988). Ingénierie didactique. Recherches en Didactique des Mathématiques, vol.9, n°3, pp.281-308.

CHEVALLARD, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique: Perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques 12/1*, La Pensée Sauvage.

CHEVALLARD, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques: l'approche anthropologique. *Actes de l'université d'été, 1998*, 91-118, IREM de Clermont-Ferrand

CHEVALLARD, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques 19(2)*, pp. 221-265.

CHEVALLARD, Y. (2005). Didactique et formation des enseignants. B. David (Éd.). Impulsions 4, 215-231. Lyon : INRP

CHEVALLARD, Y. (2007). Passé et présent de la Théorie Anthropologique du Didactique, *Actes du 1er Congrès International sur la TAD* « Société, École et Mathématiques : Apports de la TAD », *Baeza, Espagne*, 27 au 30 octobre 2005.

DIP, (2007). Programme d'études, sciences physique, chimiques et technologie. Classe de 4ème version révisée. MESFTP. Bénin.

DIP, (2007). Guide du programme d'études, physique – chimie – technologie. Classe de 4ème version révisée. MESFTP. Bénin.

LIEGEOIS, L. & Mullet. E (2002). High school students' understanding of resistance in simple series electric circuits. *International Journal of Science Education, volume 24, issue 4,* pp. 551- 564

MALAFOSSE, D., LEROUGE A. & DUSSEAU, J.-M. (2000). Étude en inter-didactique des mathématiques et de la physique de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : espace de réalité. *Didaskalia*, n° 16, pp. 81-106.

MALAFOSSE, D., LEROUGE A. & DUSSEAU, J.-M. (2000). Étude en inter-didactique des mathématiques et de la physique de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : changement de cadre de rationalité. *Didaskalia*, n° 18, pp. 61-98.

MALAFOSSE, D., LEROUGE A. & DUSSEAU, J.-M. (2001). Changement de registres sémiotiques en didactique de la physique : exemple de la loi d'Ohm au collège. *Skholê*, numéro hors série, pp. 11-17.

MALAFOSSE, D., DUSSEAU, J.-M. (2001). Vous avez dit : « U = R.I » ? *Bulletin de l'union des physiciens. Volume 95.* pp.685-705

PERIAGO, C. & BOHIGAS, X. (2005). A study of second-year engineering students' alternative conceptions about electric potential, current intensity and Ohm's law. *European Journal of Engineering Education, volume 30, issue 1*, pp. 70-94

CONCEPTIONS ET REPRÉSENTATIONS : QUELLE ÉPISTÉMOLOGIE POUR L'ENSEIGNANT DES SCIENCES EXPÉRIMENTALES?

Nicole Aimée AMBOMO
Université de Yaoundé 1. Fac. SCED.

Bouni AYINA
Université de Yaoundé 1, DPT. SCED. ENS

Luc Calvin OWONO OWONO
Université de Yaoundé 1, DPT. PHY. ENS Yaoundé

RÉSUMÉ

Le problème de restructuration des conceptions alternatives ou erronées des élèves est important dans l'enseignement des sciences physiques ou sciences dites expérimentales, où l'empirisme et l'abstraction s'entrelacent. L'étude de ces conceptions et les tentatives de remédiations sont par conséquent au cœur des préoccupations des recherches en didactique. Après l'identification des conceptions, quelles stratégies l'enseignant des sciences expérimentales doit utiliser pour la remédiation? C'est la principale question à laquelle nous avons tenté d'apporter des réponses. Nous montrons que c'est en termes d'obstacles qu'il faut penser cette restructuration ; l'obstacle didactique étant celui-là qui nous intéresse le plus parce qu'il est lié aux situations d'enseignement impliquant le tryptique savoir-élève-enseignant. Le franchissement de cet obstacle nécessite la mise en place d'une situation de rupture basée sur le conflit sociocognitif.

MOTS CLÉS

Conceptions; conflit sociocognitif; enseignement/apprentissage; obstacle didactique; remédiation.

INTRODUCTION GÉNÉRALE ET PROBLÉMATIQUE

L'étude des représentations des élèves en didactique correspond à une recherche relativement récente. Elle a connu un développement considérable en Europe en 1977, lors d'une confrontation au colloque psychologie et éducation scientifique (Vergnaud, 1978) Les représentations sont alors perçues uniquement comme des facteurs dont il faut tenir compte pour éviter le placage des connaissances. De 1980 à 1985, les travaux se sont développés avec une intensité considérable dans les pays anglo-saxons et scandinaves. Des critiques y étaient proposées soit par problème en ce qui concerne la méthodologie (Giordan, Martinand, Astolfi, & Rumelhard, 1983 ; Andrée Tiberghien, 1985), la problématique (Giordan et al., 1983) soit par contenu à l'exemple de la chaleur, la lumière, l'électricité, la mécanique, la respiration (A Tiberghien, Sere, Barboux, & Chomat, 1983)

Ces critiques montrent une évolution considérable des idées sur les représentations des élèves : il s'agissait d'abord de faire un inventaire d'informations sur les idées des élèves. Maintenant, il est question de voir les représentations non plus en tant que produit, mais comme processus. En d'autres termes, les considérer comme *« Des sortes de structures mentales mises en œuvre face à des situations problème* » (Giordan & De Vecchi, 1987).

En d'autres termes deux orientations de travail se présentent d'après Giordan et De vecchi :

La première de type « fondamentale », qui cherche à préciser quelles sont les représentations préalables des élèves par rapport à un domaine de savoir enseigné (Gilbert & Watts, 1983), cherche également à se pencher sur l'évolution de ces représentations (A Tiberghien et al., 1983) et l'existence possible des obstacles à l'apprentissage (Givry, 2003).

La deuxième orientation est de type « appliquée » en ce sens qu'elle se veut directement applicable en classe et cherche à mettre en relation les représentations et les trames conceptuelles (J. Astolfi, 1984). Aussi, elle cherche à montrer comment les conceptions des apprenants peuvent être réellement prises en comptes (De vecchi, 1984).

(Giordan & Martinand, 1988) listaient déjà des centaines de publications sur les conceptions des apprenants à propos de la biologie. (Duit, 2009) en a établi un catalogue de plus de 7600 références en 2002 et l'a complété en 2009 sous le titre : *Students' and teachers'conceptions and science education, full version.* Le titre de ce catalogue montre que l'analyse des conceptions, longtemps limitée à celles des élèves, s'intéresse de plus en plus à celles des enseignants (Blaser, 2007 ; Koliopoulos & Ravanis, 1998). Cependant le concept « d'obstacles » est largement absent de ces différents travaux, les voies de remédiation ne sont non plus envisagées. Or, l'étude des conceptions et des obstacles dans les apprentissages conduit la didactique des sciences à s'intéresser aux dispositifs d'aide aux changements conceptuels. Nous sommes donc tentés de se poser la question de savoir : après l'identification des conceptions des apprenants, quelles stratégies utiliser pour la remédiation? Quand nous savons que l'objectif de l'analyse des conceptions n'est pas de les juger comme étant fausses, mais d'identifier quels obstacles sont à l'origine de ces conceptions, afin de définir ensuite des objectifs-obstacles qui correspondent en réalité aux transformations intellectuelles qui résultent du franchissement d'obstacles.

La psychologie génétique affirme que l'enfant tente d'expliquer le monde qui l'entoure selon ses schèmes mentaux. Pour cela, il s'appuie sur les modèles explicatifs dont il dispose. Cependant, ces modèles sont très souvent inadaptés et induisent l'enfant en erreur. C'est la raison pour laquelle il s'avère nécessaire de cerner ces conceptions qui font écran en empêchant toute construction d'un nouveau savoir.

1. Les conceptions comme obstacles à l'apprentissage

Le terme de « représentation » reste assez difficile à définir d'où l'utilisation de nombreux concepts le désignant tels que : idées initiales, prérequis, pupils paradigms, modèles spontanés, certitudes prématurés, pré- concepts, raisonnements spontanés, discours premier, déjà-là, erreurs positives, pré-représentations, etc. (Giordan et al., 1983)

Nous voulons préciser que le terme de représentation utilisé par certains didacticiens est un peu ambigu parce qu'il est connoté différemment selon les écoles qui l'utilisent. C'est en 1990 que A. Giordan suggère de remplacer le terme de représentation par celui de conception, pour éviter les confusions inhérentes à l'utilisation d'un même concept par deux champs de savoir différents (ici la didactique et la psychologie sociale) (Giordan & De Vecchi, 1987). Le terme « conceptions » est surtout utilisé par les didacticiens de la deuxième génération. D'après les didacticiens de la deuxième génération, les conceptions que développent les élèves à propos du monde et des phénomènes naturels ou sociaux, procèdent de ce que Bachelard appelle « le sens commun ». Avant d'aborder un enseignement, les élèves ont déjà des idées directement ou indirectement sur les savoirs enseignés. C'est à travers celles-ci qu'ils essaient de comprendre les propos de l'enseignant ou qu'ils interprètent les situations proposées ou les documents fournis. Alors, ces idées appelées « conceptions » entrent inévitablement en conflit avec la connaissance scientifique que l'école doit faire acquérir. De là vient l'intérêt manifesté par les didactiques des disciplines au problème des conceptions initiales des élèves. Leur connaissance permet à l'enseignant d'adapter l'enseignement ou du moins de proposer une pédagogie beaucoup plus efficace.

Selon Moscovici (1961), une conception :

- C'est un modèle explicatif organisé, simple, cohérent, parfois erroné mais souvent logique qui nous permet d'interpréter ou d'expliquer le monde qui nous entoure,
- C'est une structure cognitive sous-jacente qui peut ou que nous pouvons faire émerger,
- Elle est toujours en rapport avec le niveau de connaissance et l'histoire de l'apprenant,
- Elle dépend du niveau socio-culturel dans lequel elle est émise,
- Elle peut évoluer si le besoin s'en fait sentir par l'apprenant ou au contraire résister.

Selon Giordan et De Vecchi (1987), les conceptions sont :

> un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, explicatives utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations problèmes et traduisant une structure mentale sous-jacente responsable de ces manifestations contextuelles.

En d'autres termes, une conception est l'ensemble des connaissances qu'une personne à un moment donné, dans une situation donnée, semble mobiliser pour résoudre une tache.

1.1. Caractéristiques des conceptions

À la suite de cette présentation sommaire de la notion de conception, essayons d'en reprendre les différentes caractéristiques selon certains auteurs :

- Très grande variabilité des conceptions possibles, ce qui est déroutant pour l'observateur et qui peut être source d'incompréhension,
- Coexistence possible de différentes conceptions, ou systèmes explicatifs, n'entrant pas pour autant en conflit, parce que pensées comme relevant de différents domaines de validité,
- Ignorance du sujet quant au modèle sous-jacent de ses conceptions, ce qui a pour effet de masquer les incohérences entre différents systèmes (Joshua & Dupin, 1999). Develay fait remarquer que cette dimension cachée des conceptions ouvre sur des lectures psychanalytiques (Develay, 1992),
- Caractère évolutif, plastique, fonctionnant par intégration successive d'éléments nouveaux,
- Très grande résistance de l'appareil explicatif. Les observateurs, comme les acteurs, font tous le constat que les séquences d'enseignement ne viennent pas à bout des représentations. Ainsi Astolfi fait apparaître une dualité propre aux conceptions à partir de la référence scolaire : si le problème est canonique, c'est-à-dire reconnu à l'intérieur du contrat didactique, alors les connaissances scolaires sont mobilisées. Mais si, par contre, il n'est pas reconnu, c'est-à-dire s'il se situe hors de la référence scolaire, alors ce sont bien les conceptions qui sont utilisées (J.-P. Astolfi & Peterfalvi, 1997).

Cette résistance des conceptions est due à différents facteurs liés aux caractéristiques que nous venons de lister. Les conceptions témoignent tout d'abord d'une excellente capacité d'adaptation. Des études ont permis de mettre en évidence leur récurrence (Rogalski & Samurçay, 1986) . Elles sont également capables de cohabiter avec d'autres modèles sans souci de cohérence, ce qui leur permet de faire coexister sans risque de conflit des systèmes logiques et étanches, fortement structurés (**Exemple : le soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest ; la terre tourne autour du soleil**). Ensuite, elles font régulièrement état de leur pertinence, même si celle-ci s'avère partielle, pour une classe de problèmes donnés à l'exemple de la généralisation à tout corps solide ou liquide du résultat établi en chimie « **La masse de 1 ml d'eau est de 1 g** ». Dans la plupart des cas, ces problèmes relèvent du quotidien, et se situent hors du contrat didactique. Ils sont en liaison directe avec le vécu et font partie de l'identité de l'apprenant. Toute nouveauté génère de l'angoisse, tout changement est perçu comme une menace. Qui plus est, l'élève est plus enclin à préférer des explications concrètes et pratiques à des explications abstraites et complexes (Gérard, 1992 ; Johsua & Dupin, 1999). Les conceptions, par leur plasticité, répondent ainsi à de nombreuses situations et suffisent généralement au sujet pour ses besoins quotidiens. Ils lui assurent une certaine tranquillité cognitive et le maintien de l'image de soi, mais génèrent un conservatisme qui fait obstacle à l'acquisition de la plupart des connaissances scolaires.

La notion de conception étant à présent examinée, comment la didactique s'empare-elle des problèmes qu'elle soulève, et que propose-t-elle pour surmonter ceux-ci ?

Bachelard (1938), à ce sujet, considère que c'est en terme d'obstacle qu'il faut penser l'apprentissage « …*On connait contre une connaissance antérieure en détruisant les connaissances mal faites, en surmontant ce qui dans l'esprit même fait obstacle*… »

Il nous revient donc de comprendre la profondeur de la notion d'obstacle.

1.2. Qu'est-ce qu'un obstacle?

Le concept d'obstacle constitue le prolongement naturel de celui de conception. Ainsi les conceptions des élèves, en résistant aux nouvelles représentations scolaires que constituent pour eux la plupart des contenus d'enseignement, fonctionnent comme des obstacles à la construction des savoirs. Les obstacles sont par conséquent définis comme « des structures et des modes de pensée qui font résistance dans l'enseignement et dans l'apprentissage » (Reuter et al. 2007).

Avant d'analyser les productions des élèves, il est nécessaire de connaitre les origines possibles des erreurs vues comme obstacles. Guy Brousseau, didacticien des mathématiques, propose de distinguer différents types d'obstacles, liés à leur nature (Brousseau, 2003). Sont ainsi différenciés les obstacles ontogénétiques dus à des déficiences neurophysiologiques, les obstacles didactiques qui sont causés par des choix inappropriés du système didactique, et enfin les obstacles épistémologiques, lesquels sont inhérents à la structure et à l'histoire du savoir lui-même.

• **L'obstacle épistémologique** :

Les didactiques des disciplines ont investi le concept d'obstacle épistémologique de Gaston Bachelard, pour lequel les obstacles représentent autant de causes d'inertie, de dérives ou d'erreur dans la démarche de construction des sciences (Bachelard, 2004). Transposé de sa dimension philosophique dans l'histoire des sciences, ce concept est appliqué à l'étude de la genèse du savoir chez le sujet cognitif dans une approche psycho-cognitive. En didactique, le concept d'obstacle permet en outre de re-questionner le statut de l'erreur, en l'écartant de celui de « faute ».

• **L'obstacle psychogénétique ou ontologique** :

Cette idée d'obstacle se retrouve également chez Piaget qui le voyait du point de vue épistémologie génétique : pour Piaget l'obstacle est dû aux limitations psychologiques. Certaines erreurs sont les faits des limites du développement intellectuel de l'enfant à un moment donné. Ainsi, selon le stade auquel il appartient, il existera un certain type d'erreurs. Piaget démontre notamment que la conservation des quantités numériques n'est pas acquise avant l'âge de sept ans.

• **L'obstacle didactique** :

Ce sont les obstacles les plus nombreux et qui sont liés aux situations d'enseignement dans lesquelles sont plongés l'élève et l'enseignant.

Brousseau (1989) parle de l'obstacle didactique, si les choix pédagogiques de l'enseignant ou du système éducatif sont erronés, ces derniers vont fonctionner comme obstacle à l'apprentissage des nouvelles connaissances et induire l'élève en erreur. « Un obstacle didactique est une représentation de la tâche, induite par un apprentissage antérieur, étant la cause d'erreurs systématiques et faisant obstacle à l'apprentissage actuel ». « Il y a obstacle lorsque les conceptions nouvelles à former contredisent les conceptions antérieures bien assises de l'apprenant » (Bednarz & Garnier, 1989).

Il en existe trois types :

Les obstacles dus à la transposition didactique

La transposition didactique caractérise le passage du « savoir savant » en « savoir à enseigner ». Cette démarche contraint parfois l'enseignant à simplifier les connaissances en évitant de les dénaturer. Cette simplification peut entrainer parfois certaines erreurs dues aux connaissances incomplètes ou erronées.

Exemple : La difficulté à déterminer le nombre de charges échangées dans la réaction :

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

Due au fait que le concept de réaction chimique ne soit pas suffisamment construit par l'apprenant.

Les obstacles liés à la technologie pédagogique de l'enseignant

Les incompréhensions de l'élève peuvent être liées aux techniques et aux procédés employés par l'enseignant dans le langage, le contrat didactique, etc.

Exemple : La confusion des registres dans la lecture d'une réaction chimique peut induire les élèves en erreur. Les réactifs et les produits d'une réaction, au lieu d'être pris comme des quantités de matière, soient pris comme des molécules.

Les obstacles liés à l'insuffisante maitrise des outils méthodologiques de l'élève et aux connaissances initiales.

Le manque de savoirs méthodologiques induit beaucoup d'erreurs. L'élève ne cherche pas à bien comprendre la consigne, il se limite aux indicateurs de surface d'un problème et ceci entraine un mauvais choix des outils pour résoudre le problème.

Exemple : En sciences physique, les enfants confondent souvent le poids et la masse. En effet, dans le langage courant, nous assimilons le poids à la quantité de matière au lieu de l'identifier à une force d'attraction. Cette distinction ne se fera pas sans heurt, car il faudra aller contre les idées reçues.

L'idée d'obstacle s'avère donc féconde dans la mesure où l'obstacle peut fournir un levier à l'apprentissage dans l'idée d'un dépassement ou même d'une rupture d'avec les anciennes conceptions. Ainsi le concept d' « objectif obstacle », mis au point par Martinand (1986) permet de déterminer les objectifs de la séquence à partir des obstacles identifiés et qu'il est possible de surmonter. Du coup, la situation didactique est toute entière construite autour de cette idée d'obstacle, laquelle devient « un moteur pour la construction des connaissances » (Reuter et al. 2007).

2. Transformer les conceptions initiales

Une place de choix doit donc être accordée aux conceptions des élèves. Nous ne pouvons aujourd'hui remettre en cause la nécessité de les prendre en compte. Mais, comment les utiliser efficacement afin de les transformer et les faire évoluer. Des études ont identifiées certaines conceptions et proposées des méthodes de remédiation (Bednarz & Garnier, 1989 ; Garnett & Treagust, 1992 ; Honorez, Remy, Cahay, Monfort, & Ve Therer, 2000 ; Raharijaona & Andrianarimanana, 2013 ; A Tiberghien, 1983). Tous ces modes de traitement, suppose que l'obstacle a été identifié, mais il faut signaler que dans la plupart des cas, l'enseignant ne se rend pas compte de l'existence de ces obstacles qui bloquent ses élèves et empêchent l'acquisition du savoir scientifique. À ce propos, Bachelard (1938) disait « J'ai souvent été frappé du fait que les professeurs ne comprennent pas que leurs élèves ne comprennent pas... »

2.1 Comment faire émerger les conceptions initiales ?

a- Les différentes méthodes

Il existe différentes méthodes pour un enseignant de connaitre les conceptions de ses élèves : le dessin (pour les plus jeunes), le schéma, le questionnaire écrit ou oral, la confrontation individuelle ou collective et l'expression libre.

b- Les limites dans le recueil des conceptions initiales

Il peut exister des limites dans le recueil des conceptions, à l'exemple des problèmes d'interprétation et de l'affectif. Il est important de dire aux élèves qu'ils sont en train de construire un outil de travail et que leur production ne sera pas jugée. Aussi, le problème d'interprétation des données par l'enseignant peut être posé et vice versa car l'élève ne comprend pas toujours ce que lui dit l'enseignant.

2.2 Déstabiliser les conceptions

a- Mise en place d'une situation de rupture (situation-problème) et confrontations

Une situation-problème est une situation d'enseignement qui permet aux élèves d'acquérir une connaissance nouvelle. Elle s'appuie sur une conception socioconstructiviste de l'apprentissage.

Lorsque nous mettons en place une situation problème, cela suppose que nous ayons au préalable repéré une ou plusieurs conceptions erronées chez les élèves liées à la connaissance que nous souhaitons enseigner.

Les élèves doivent pouvoir s'engager dans la résolution du problème en mobilisant leurs conceptions erronées pour qu'à la fin, ils puissent se rendre compte de leur insuffisance. Mais comment remettre en cause leurs conceptions les plus profondes ?

Selon Piaget, les enfants ont tendance à imaginer que tout le monde pense comme eux et que leur point de vue est le meilleur. Il parle de décentration de l'enfant c'est-à-dire le sortir de son égocentrisme, accepter que son point de vue ne soit plus absolu, situer sa production comme étant une des modalités possibles, car l'écoute et les échanges mutuelles sont d'importants moyens d'apprentissage. Ce processus est rendu possible par le travail mettant en jeu le conflit sociocognitif qui est un important levier du développement intellectuel.

Nous pourrions dire qu'en confrontant les conceptions des élèves, en essayant de les critiquer tout en remettant en cause celles qui sont fausses, nous ne pouvons aboutir qu'à une véritable construction du savoir. L'entretien peut néanmoins avoir l'inconvénient suivant lequel une idée séduisante peut être reprise par plusieurs élèves même si elle est fausse.

Après les confrontations, d'autres critères peuvent venir s'ajouter comme l'expérimentation ou le recours à la recherche documentaire.

b- Le recours à la documentation

Nous pouvons penser que la ressource documentaire seule peut paraitre peu motivante pour les élèves. Mais elle peut prendre une toute autre dimension lorsqu'elle est mise au service d'un véritable questionnement, qu'elle constitue un moyen de trouver la vérité, de répondre aux questions que nous nous sommes nous-mêmes posées.

CONCLUSION

La question des stratégies de remédiation par rapport aux conceptions alternatives des élèves est toujours au cœur d'une véritable problématique. Le recueil et l'analyse de ces conceptions permet de déterminer les obstacles à l'apprentissage et de proposer des activités permettant de les transformer. Cette restructuration des conceptions nécessite donc une prise en considération de ce qui pose problème : les obstacles. Car comme le préconisait Bachelard (1938) : « On connait contre une connaissance antérieure, en détruisant des connaissances mal faites, en surmontant ce qui, dans l'esprit même fait obstacle ». Cette contribution d'un point de vue essentiellement théorique sera suivie d'une démarche pratique à travers un thème précis qui sera présenté dans un article ultérieur.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASTOLFI, J. (1984). L'analyse des représentations des élèves en sciences expérimentales. *Revue Française de Pédagogie*, *68*(1), 15–25. https://doi.org/10.3406/rfp.1984.1563

ASTOLFI, J.-P., & Peterfalvi, B. (1997). Stratégies de travail des obstacles: dispositifs et ressorts. *Aster, 1997, 25" Enseignants et Élèves Face Aux Obstacles."*

BACHELARD, G. (1938). La formation de l'esprit scientifique. *Esprit Scientifique.(Vrin. París).*

BEDNARZ, N., & GARNIER, C. (1989). L'utilisation du conflit socio-cognitif dans une pédagogie contribuant à l'élaboration des processus d'anticipation et décentration. *Construction Des Savoirs: Obstacles et Conflits*, 334–349.

BLASER, C. (2007). Fonction épistémique de l'écrit: pratiques et conceptions d'enseignants de sciences et d'histoire du secondaire. Université Laval Québec, Canada.

BROUSSEAU, G. (1989). Les obstacles épistémologiques et la didactique des mathématiques. CIRADE Les éditions Agence d'Arc inc.

DE VECCHI, G. (1984). Étude des représentations à l'école primaire. Thèse troisième cycle. Paris: Université paris 7.

DEVELAY, M. (1992). De l'apprentissage à l'enseignement: pour une épistémologie scolaire.

DUIT, R. (2009). Bibliography STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education. *Kiel, Germany: University of Kiel*.

GARNETT, P. J. et Treagust, D. F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching*, *29*(10), 1079–1099.

GÉRARD, D. E. V. (1992). Aider les élèves à apprendre. *Pédagogie Pour Demain, Hachette, Education, Paris*.

GILBERT, J. K. et WATTS, D. M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education.

GIORDAN, A., & De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.*

GIORDAN, A., & Martinand, J.-L. (1988). Etat des recherches sur les conceptions des apprenants à propos de la biologie. In *Annales de didactique des sciences* (Vol. 2, pp. 13–68).

GIORDAN, A., Martinand, J. L., Astolfi, J. P., & Rumelhard, G. (1983). L'élève et/ou les connaissances scientifiques. *Bern: P. Lang*.

GIVRY, D. (2003). Le concept de masse en physique : quelques pistes à propos des conceptions et des obstacles. *Didaskalia (Paris)*, *22*, 41–67. https://doi.org/10.4267/2042/23920

HONOREZ, M., REMY, F., CAHAY, R., MONFORT, B., et VE THERER, J. (2000). L'application en classe du modele allosterique d'apprentissage de Giordan: une contrıbutıon a l'acquısıtıon des competences termınales en chımıe et en physıque. *İnternet Adresi: Http://www. Ldes. Unige. Ch/publi/vulg/art_sur_mod. Allos. Htm, Erişim Tarihi*, *1*, 2007.

JOHSUA, S., et DUPIN, J.-J. (1999). Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques., *2ème éditi*.

KOLIOPOULOS, D. et RAVANIS, K. (1998). L'enseignement de l'énergie au collège vu par les enseignants. Grille d'analyse de leurs conceptions. *Aster, 1998, 26" L'enseignement Scientifique vu Par Les Enseignants."*

MOSCOVICI, S. (1961). La psychanalyse, son image et son public: étude sur la représentation sociale de la psychanalyse. Presses universitaires de France.

RAHARIJAONA, P. et ANDRIANARIMANANA, J.-C. O. (2013). Elaboration d ' une ressource numérique pour ma modélisation et la conception de l ' oxydoréduction, (April), 84–105.

ROGALSKI, J. et SAMURÇAY, R. (1986). Les problèmes cognitifs rencontrés par des elèves de l'enseignement secondaire dans l'apprentissage de l'informatique. *European Journal of Psychology of Education*, *1*(2), 97–110. https://doi.org/10.1007/BF03172572

TIBERGHIEN, A. (1983). Revue critique sur les recherches visant à élucider le sens des notions de circuits électriques pour les élèves de 8 à 20 ans. *Actes de L'atelier International D'été: Recherche En Didactique de La Physique. Lalonde Les Maures*, 91–107.

TIBERGHIEN, A. (1985). Quelques éléments sur l'evolution de la recherche en didactique de la physique. *Revue Française de Pédagogie*, 71–86.

TIBERGHIEN, A., Sere, M. G., Barboux, M., & Chomat, A. (1983). 'Etude des Representations Prealables de Quelques Notions de Physique et Leur Evolution. *Rapport de Recherche, LIRESPT, University of Paris VII, Paris*.

STRUCTURATION DES CONTENUS DANS LES PROGRAMMES DE CHIMIE DU CYCLE SECONDAIRE CAMEROUNAIS DE 1960 À 2013. QUELS IMPACTS SUR LES PRATIQUES ENSEIGNANTES?

Jérémie AWOMO ATEBA
Université de Yaoundé 1. Fac. SCED.

Ayina BOUNI
Université de Yaoundé 1, DPT. SCED. ENS Yaoundé

RÉSUMÉ

Notre recherche étudie l'impact sur les pratiques enseignantes de la structuration des contenus dans les programmes de chimie du cycle secondaire camerounais. Nous déterminons, au moyen d'entretiens, la perception par les auteurs des programmes, de l'influence des indicateurs structuraux majeurs des programmes prescrits sur leur mise en pratique par les enseignants en situation de classe. Il ressort de cette étude que les indicateurs structuraux majeurs des programmes de chimie que sont la constitution des programmes, l'organisation des contenus dans les programmes et la temporalité de la programmation didactique des enseignements, ne favorisent pas la réalisation des tâches d'enseignement selon une stratégie de construction des connaissances, mais plutôt selon une stratégie de transmission des savoirs théoriques décontextualisés. Les programmes basés sur une telle structuration laisseraient une marge de manœuvre très restreinte aux enseignants, ce qui faciliterait moins l'émergence des nouvelles méthodes d'enseignement.

MOTS CLÉS

Chimie, pratiques enseignantes, curriculum, structuration des contenus.

ABSTRACT

This article sets out a study of the impact of the structuring of contents in Cameroonian secondary school chemistry programs on teaching practices. Through interviews, we determine the perception by program authors of the influence of major structural indicators of prescribed programs on practices. It appears from this study that the major structural indicators of chemistry syllabus such as curriculum building, content organization, and time programming of teaching do not promote the completion of teaching tasks according to a knowledge-building strategy, but according to a strategy of transmission of decontextualized theoretical knowledge. Curricula based on such structuring cannot allow the emergence of new teaching methods.

KEYWORDS

Chemistry, teaching practices, curriculum, structuring of contents.

1. Position du problème

1.1 Contexte institutionnel

Depuis les années 1970, l'institution scolaire cherche à maximiser l'acquisition des connaissances en mettant l'accent moins sur le savoir que sur sa transmission, avec l'idée plus ou moins clairement exprimée qu'apprendre à apprendre est l'acte éducatif majeur (Saltet & Giordan, 2007). En faisant de l'élève l'acteur central de sa propre instruction, l'école doit lui fournir les moyens de construire lui-même son propre savoir. Cette référence à la vision pédagogique actuelle est indispensable pour comprendre l'évolution des programmes scolaires qui, certes, tentent de se conformer à l'évolution des disciplines et de la société, mais influencent largement les pratiques pédagogiques des enseignants. La présente recherche étudie l'impact de la structuration des contenus des programmes sur les pratiques pédagogiques des enseignants car, nous admettons avec Lewy (1992, p. 9) que : « *ce que les élèves sont censés apprendre à l'école a une influence déterminante sur ce qu'ils apprennent effectivement* ».

Sur le plan institutionnel, l'État arrête les objectifs et les orientations générales des programmes nationaux d'enseignement et de formation. Il veille également à l'adaptation permanente du système éducatif aux réalités économiques et socioculturelles nationales ainsi qu'à l'environnement international. En effet, l'enseignement de la chimie a connu depuis les années 60 quatre réformes curriculaires. Tous ces différents programmes visent des objectifs similaires donc les principaux sont : aider les élèves à acquérir des savoirs et savoir-faire en chimie; donner aux élèves les notions de base en chimie ; préparer les élèves à l'enseignement scientifique ultérieur ; montrer directement aux élèves les phénomènes de la chimie par la pratique expérimentale. L'atteinte de ces objectifs passe certainement par la manière dont les enseignants les interprètent; d'où la question « Quel est l'impact sur les pratiques enseignantes de la structuration des contenus dans les programmes de chimie du cycle secondaire camerounais? ».

1.2 Problématique

Un regard porté sur les résultats des examens officiels de l'enseignement secondaire général, organisés par l'Office du Baccalauréat du Cameroun et particulièrement ceux des séries scientifiques permet de constater avec Tsafak (2000) que les taux de réussites atteignent rarement 58% comme au baccalauréat en 2006 et sont constants autour de 52% pour le baccalauréat et 38% pour le probatoire depuis plusieurs années. Ces résultats laissent entrevoir que le modèle d'enseignement adopté ne favorise pas l'atteinte des objectifs fixés par les programmes officiels. De nombreux travaux contemporains dans le champ de l'éducation s'inscrivant dans le mouvement mondial de réformes, d'ajustements et d'adaptations des systèmes éducatifs, font référence au concept de curriculum. Certains de ces travaux s'inscrivent dans le cadre de la (re)construction d'une théorie curriculaire (Jonnaert, 2015 ; Martinez, 2012), d'autres s'intéressent aux conséquences de la prise en compte du public et des processus d'apprentissage sur la construction et la formulation des programmes (Alvarado, 2010 ; Chen & Wei, 2015). Néanmoins, la plupart de ces travaux révèlent que la révolution méthodologique annoncée par les nouveaux programmes a difficilement lieu. Dans la réalité des pratiques, il est assez commun de rencontrer un certain nombre de « *résistances* » (Béacco, 1990, p. 12). Il semble donc indispensable, dans cette perspective, d'examiner l'évolution historique de la construction des programmes de chimie du secondaire au Cameroun. Le présent article étudie les incidences des contraintes externes à l'enseignant (Perrenoud, 1998) et plus précisément la structure des programmes de chimie du secondaire, sur les pratiques pédagogiques des enseignants car *« un curriculum joue le rôle de passeur des politiques éducatives vers l'action pédagogique* » (Jonnaert, 2015, p. 9). Il s'agit plus précisément d'interroger la clairvoyance des concepteurs des programmes de chimie vis-à-vis des effets généraux des composantes fondamentales des programmes officiels sur les pratiques d'enseignement. Le choix d'une telle étude repose sur plusieurs motifs. Parmi ceux-ci, relevons d'abord une absence d'études antérieures portant sur les rapports entre curriculums et pratiques au Cameroun. En plus, le curriculum constitue l'essence de l'enseignement et de l'apprentissage dans le système éducatif camerounais.

Reprenant Chevallard, Bronckart & Plazaola Giger (1998, p. 38) affirment que :

> les déterminations socio-politiques générales n'exercent leurs effets sur les systèmes d'enseignement et sur les systèmes didactiques que par le truchement de la noosphère, formation sociale en permanence à l'œuvre dans les coulisses de l'enseignement (salles des maîtres, commissions officielles ou officieuses, éditeurs, concepteurs de manuels) et qui procède concrètement à l'apprêt didactique des nouveaux savoirs à enseigner.

Sur cette base, peuvent être analysés non seulement les motifs des transformations périodiques des savoirs à enseigner, mais aussi peuvent être identifiées les contraintes conditionnant l'apprêt didactique de ces contenus ; contraintes qui, selon Chevallard (1991), opèrent dans une opacité quasi-totale, et que les agents des systèmes didactiques, et plus largement de la noosphère, n'ont généralement pas conscience de leurs conséquences. Afin de minimiser les effets pervers qu'entrainerait la transposition des nouveaux programmes de chimie, il semble fondamental de porter une réflexion sur la question suivante : « Dans quelle mesure la prise de conscience, par les concepteurs des programmes, de l'impact des contraintes conditionnant l'apprêt didactique, peut-elle contribuer au perfectionnement des pratiques d'enseignement? ».

2. Cadre théorique

2.1 Curriculum prescrit et pratiques enseignantes au cœur des apprentissages

La recherche vise à saisir l'implication du curriculum prescrit dans les pratiques non pertinentes observées chez les enseignants de chimie du secondaire au Cameroun. L'étude ne vise pas une analyse des pratiques enseignantes au sens de Sensevy & Mercier (2007), en termes d' « action didactique », c'est-à-dire ce que les individus font dans des lieux ou des institutions où nous enseignons et où nous apprenons, en considérant que cette action est réalisée conjointement par le professeur et ses élèves. Les pratiques enseignantes sont perçues au sens de Altet (2002, p. 86) en termes de : « *pratiques d'enseignement à proprement parler : celles-ci sont tous les actes, observables ou non tant dans la planification de l'action que lors de l'action en présence des élèves et lors de l'évaluation à postériori de cette action* ». Conscients que les pratiques enseignantes résultent d'interactions entre enseignants et les textes de programmes scolaires, nous situons notre étude dans le cadre d'une reconfiguration de l'enseignement scientifique du point de vue de la transposition didactique (Chevallard, 1991). Ce concept, introduit par Verret est défini par (Chevallard, 1991, p. 39) en ces termes : « *un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir à enseigner subit dès lors un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte à prendre place parmi les objets d'enseignement. Le « travail » qui d'un objet de savoir à enseigner fait un objet d'enseignement ».*

La problématique de la transposition didactique exige nécessairement une analyse des phénomènes se situant en amont et en aval du système didactique. En amont, se pose la question du statut des savoirs-origines (sélection des savoirs) ; en aval, se pose la question de la nature des rapports du système didactique à son environnement social, rapports qui permettent notamment de comprendre les motifs des transformations que subissent périodiquement les savoirs enseignés et qui conditionnent en conséquence tout processus de transposition (Bronckart & Plazaola Giger, 1998). La transformation des savoirs obéit à un certain nombre d'exigences formulées par Verret et admises par Chevallard parmi lesquelles la programmabilité de l'acquisition du savoir qui est une organisation du savoir en séquences raisonnées permettant une acquisition progressive. Bronckart & Plazaola Giger (1998) remettent au jour l'idée des contraintes qui pèsent sur cette exigence de la transposition, à savoir la temporalité spécifique et la nécessaire programmation de la démarche d'enseignement. Par rapport à ces contraintes, Chevallard ajoute qu'elles se manifestent plus précisément dans les « textes du savoir » qu'élaborent les agents de la noosphère. L'analyse du processus de programmation didactique permettrait de déconstruire l'illusion de la neutralité qui affecte le savoir à enseigner vis-à-vis sa mise en pratique par l'enseignant. Selon (Reuter, Cohen-Azria, Daunay, Delcambre, & Lahanier-Reuter, 2013, p. 185), « *la programmation didactique concerne la programmation des contenus selon chaque discipline et aux différentes étapes de la scolarité : c'est ce que l'on appelle le programme* ». Le programme au Cameroun ayant une valeur de texte réglementaire (imposé par l'instance politique), l'enseignant détermine lui aussi une programmation didactique (progression, séquence). Bronckart & Plazaola Giger (1998) évoque que ces deux types de programmations didactiques peuvent dès lors entrer en conflit. L'analyse des contenus à enseigner pourrait de ce fait renseigner sur les marges de manœuvre laissées aux enseignants et qui leurs permettent de répondre à la prescription. Cette analyse pourrait donc informer sur les postures enseignantes.

2.2 Quelques repères de l'évolution historique du temps curriculaire au Cameroun

Selon Martin (1971), l'histoire de la scolarisation au Cameroun n'est pas dissociable de celle de la colonisation puisque c'est la seconde qui a introduit la première. Ce sont les missionnaires qui ont introduit l'école au Cameroun, dans la région côtière, et cela dès 1844. La plupart des enseignants européens venaient de Wurtemberg[19] et appliquaient le programme de l'enseignement élémentaire d'Allemagne bien que légèrement adapté au Cameroun. En 1914, quand s'ouvrent les hostilités de la Première Guerre mondiale, l'enseignement public est considérablement moins développé que l'enseignement privé confessionnel. Après la défaite allemande, le Cameroun est placé sous mandat de la Société des Nation (SDN) qui confie son administration à la France et à la Grande Bretagne[20]. Les Français prennent possession de l'administration du Cameroun en mars 1916. Le général Aymerich, par la circulaire du 29 août 1916, fixe les programmes scolaires et fait de la langue française la matière principale. La période allant de 1945 à l'indépendance en 1960 est la période pendant laquelle l'enseignement de masse s'est développé au Cameroun, en réponse aux recommandations de la conférence de Brazzaville de février 1944 selon lesquelles (Martin, 1971, p. 312) : « *l'enseignement des africains doit, d'une part, atteindre et pénétrer les masses et leur apprendre à mieux vivre, d'une part, aboutir à une sélection sûre et rapide des élites* ». Sous prétexte d'égalité, les programmes d'enseignement appliqués au Cameroun furent identiques à ceux de la métropole. À partir des années 1961, toutes les conférences sur l'enseignement en Afrique avaient sans aucun doute un même objectif : l'adaptation des programmes. Ainsi, la réforme des programmes de 1963 prônait l'uniformisation des programmes enseignés au Cameroun Occidental et Oriental. Les disciplines concernées étaient l'histoire, l'instruction civique et morale, le français, l'anglais et la philosophie. Les sciences physiques et particulièrement la chimie n'étaient enseignées qu'au second cycle du secondaire et les enseignements étaient dispensés par le personnel d'assistance technique étrangère. La chimie apparaît donc comme une discipline nouvelle dans son adaptation aux programmes camerounais.

[19] Les seigneurs de Wurtemberg sont attestés dès la fin du XIe s. et mentionnés comme comtes du Remstal, à l'est de Stuttgart, depuis 1139. Le Wurtemberg fut un comté jusqu'en 1495, puis un duché. En 1805, Napoléon en fit un royaume.

[20] La partie occidentale du Cameroun est administrée par la Grande Bretagne, tandis que la partie orientale est administrée par la France

Une première réponse à la question des fondements sur lesquels repose l'enseignement des sciences physiques au Cameroun est donnée dans le programme camerounais défini par la circulaire n°77/D/59/SG/IGP/IPNPC du 7 octobre 1982 qui mentionne que : « *l'enseignement des sciences physiques a pour but moins l'acquisition par nos élèves des nombreuses connaissances que le développement de leurs facultés, la formation de leur esprit et leur initiation à la méthode propre à ces sciences…* ».

Dans ce programme, la physique et la chimie formaient une même discipline, ceci parce que même à l'École Normale Supérieure, il existait un seul département des sciences physiques jusqu'en 1986, date de la scission du département des sciences physiques en un département de physique et un département de chimie. Dans les épreuves des examens officiels, la physique comptait sur 14 points et la chimie comptait sur 6 points. Les épreuves comportaient deux exercices de physique (un exercice de questions de cours sur six points et un problème sur huit points) et un exercice exclusif des questions de cours de chimie sur six points. La séparation amorcée à l'École Normale Supérieure en 1986 s'est poursuivie au secondaire dans les années 1990 à 1994 donnant lieu à deux disciplines : la physique et la chimie. Le programme définit par l'arrêté n°24/D/80/MINEDUC/IGP/ESG du 22 juin 1994 se veut plus explicite en ce qui concerne la chimie en mentionnant dans son préambule que : « *le programme vise à donner à l'élève les notions de base de la chimie, et la maîtrise des termes corrects du vocabulaire utilisé en chimie* ». Dans ce programme, qui ne concerne que le second cycle du secondaire, la chimie se présente comme une discipline instituée. Par la suite, le 11 septembre 2000, l'arrêté n°337/D/80/MINEDUC/SG/IGP/ESG portant définition des programmes de Chimie-Physique et Technologie pour le premier cycle de l'enseignement secondaire général est signé. Les classes concernées sont la classe de quatrième (élèves de 14-15 ans) et la classe de troisième (élèves de 15-16 ans).

3. Matériels et méthodes

3.1 Cadre d'étude

Il s'agit d'une recherche exploratoire. Elle a procédé, dans un premier temps, par une analyse des contenus documentaires (Richard, 2006) des différents programmes officiels énumérés au paragraphe 2.2. Le but de la recherche étant d'examiner la perception, par les concepteurs des programmes, des conséquences des contraintes de la programmation didactique sur la mise en pratique des programmes. L'étude descriptive des programmes a porté sur la structuration globale des contenus adoptée par les programmes et sur le temps imparti à l'enseignement de la chimie. Elle a permis d'identifier les indicateurs structuraux susceptibles de s'ériger en contraintes pesant sur l'enseignant. Les indicateurs structuraux majeurs retenus dans la phase d'analyse sont : la constitution des programmes de chimie (qui réalise le fait que la chimie se retrouve seule ou alors juxtaposée à la physique et/ou à la technologie), l'organisation des contenus dans les programmes (les programmes sont scindés ou non en thèmes, en chapitres) et la programmation temporelle des enseignements dans les programmes (qui prend en compte les horaires alloués à l'enseignement de la chimie dans les programmes, mais aussi la durée de validité d'un programme).

La recherche a procédé, dans un deuxième temps, par une étude de cas menée auprès des inspecteurs pédagogiques nationaux ayant pris part aux différentes réformes des programmes officiels soumis à l'étude et qui sont encore en service. Les inspecteurs nommés après les années 2004 ont déclaré ne pas pouvoir satisfaire notre sollicitation, car, pensent-ils, ils ne maîtrisent pas les motifs qui ont sous-tendu les différentes réformes curriculaires ayant produit les programmes concernés par notre étude. Nous n'avons pas non plus questionné les inspecteurs pédagogiques retraités car non seulement ils sont introuvables, mais aussi ils ne sont plus en service. Par conséquent, ils ignorent les pratiques ayant cours dans les salles de classes. Nous avons donc trouvé au total trois inspecteurs pédagogiques nationaux qui remplissaient toutes les conditions de notre étude.

3.2 Cadre d'analyse

Le cadre d'analyse porte sur les méthodes d'enseignement telles que décrites par Sylla & De Vos (2006, p. 380). En effet, plusieurs classifications des méthodes d'enseignement peuvent s'effectuer selon divers critères. Sylla & De Vos (2006, p. 380) retiennent trois grandes catégories : la méthode centrée sur l'action de l'enseignant, la méthode centrée sur l'activité des élèves, la méthode centrée sur le contenu.

3.2.1 La méthode centrée sur l'action de l'enseignant.

Elle consiste à valoriser le pôle enseignant et corrélativement à minimiser la relation que l'élève pourrait entretenir directement avec le savoir. Cette méthode communément pratiquée par les enseignants prend différentes dénominations. Elle est appelée « méthode magistrale » car l'enseignant prépare une intervention, puis la déroule en utilisant des techniques spécifiques. Elle est souvent appelée « dogmatique », car c'est l'enseignant qui détermine le contenu de l'enseignement. Ce dernier apparaît ainsi aux élèves comme un « dogme », une vérité, qui ne peut être remis en question. Elle est aussi appelée « traditionnelle », non seulement parce qu'elle est ancienne, mais aussi parce qu'elle correspond à un mode de transmission du savoir qui respecte et utilise la distinction entre le maître et le disciple, celui qui sait et celui qui ignore, et donne ainsi à l'enseignement l'apparence d'une initiation (Sylla & De Vos, 2006).

3.2.2 La méthode centrée sur l'activité des élèves

Selon cette méthode, les apprenants ne se définissent plus exclusivement par leur dépendance par rapport à l'enseignant. L'enseignant se définit par la relation qu'il entretient avec le savoir et avec les élèves. Toutefois, les apprenants se définissent également par les relations qu'ils entretiennent avec le savoir et par celles qu'ils entretiennent entre eux. La méthode centrée sur l'activité des élèves est dite « méthode active », car ce qu'ils apprennent résulte pour une grande partie de l'activité qu'ils déploient eux-mêmes. Différente, et parfois opposée aux pratiques traditionnelles, elle reste nouvelle aujourd'hui encore, car bien qu'ancienne, elle demeure peu utilisée et demande encore à être découverte pour la majorité des enseignants (Sylla & De Vos, 2006). Elle est de même appelée « méthode de redécouverte » ou « méthode appropriative ».

3.2.3 La méthode centrée sur le contenu

Dans ce cas, l'enseignement est considéré comme une affaire trop sérieuse pour être abandonné à l'intuition du professeur ou à l'initiative des élèves. Il s'agit de « *supprimer l'effet du hasard dans la programmation éducative* » (Sylla & De Vos, 2006, p. 382). Reprenant Pelpel (2005), Sylla & De Vos (2006) soulignent que les aspects aléatoires peuvent avoir trois causes, et qui sont d'ailleurs susceptibles de s'additionner : le contenu de l'enseignement, qui est mal structuré ou incompréhensible pour les élèves ; l'enseignant qui peut être incompétent, incohérent ou parasiter la relation de l'élève au savoir ; l'élève lui-même, dont les comportements sont imprévisibles et qui n'est pas assez sollicité au cours de l'apprentissage.

3.3 Recueil des données

Le recueil s'est fait à l'aide des entretiens à questions ouvertes (Dépelteau, 2010) administrés aux inspecteurs pédagogiques nationaux constituant la population accessible, car non seulement ils coordonnent la politique curriculaire nationale, mais aussi ils élaborent les programmes et participent à la vérification de la mise en pratique de ces derniers par les enseignants. Le questionnaire d'entretien comporte neuf items construits autour de trois thèmes dont le premier (items 1, 2 et 3) nous renseigne sur la perception par les enseignants, des finalités curriculaires de la discipline ; le deuxième thème (items 4 et 5) nous renseigne sur l'influence de la structuration des contenus dans les programmes ; et le troisième thème (items 6, 7, 8 et 9) porte sur la temporalité de la programmation (durée de validité d'un programme, nombre d'heures par chapitre, quota horaire hebdomadaire).

3.4 Analyse des données

Les résultats sont analysés suivant l'analyse des données des méthodes qualitatives et précisément l'analyse de contenu. Les entretiens ont été transcrits dans leur intégralité. Ils constituent un corpus dont le découpage en unités de signification (phrases ou extraits de phrases) est fondé sur le sens des propos recueillis et non sur leur forme (Richard, 2006). Ces unités de signification ont été classées en catégories thématiques qui dépendent des indicateurs structuraux majeurs retenus de l'analyse des programmes. L'analyse des influences des programmes sur les pratiques enseignantes a nécessité la mise en œuvre d'une double approche (Kermen & Meheut, 2008), qui consiste à catégoriser les propos des inspecteurs pédagogiques nationaux en référence aux questions que nos analyses préalables des programmes nous ont permis de dégager. Selon Kermen & Meheut (2008), une telle approche comporte un caractère inductif, en ce sens que les catégories ne sont pas définies de manière rigide préalablement à l'analyse, mais certaines sont précisées progressivement dans des allers-retours entre données et catégories a priori issues des analyses préalables.

3.5 Résultats

3.5.1 Présentation et Analyse des résultats

Les résultats des entretiens sont analysés suivant les trois principaux thèmes retenus lors de la phase de description des programmes à savoir : la constitution des programmes de chimie, l'organisation des contenus dans les programmes et la temporalité de la programmation didactique.

3.5.1.1 La constitution du curriculum prescrit de chimie

Elle examine le fait que la chimie soit présentée dans les programmes soit comme un module de la discipline sciences physiques, soit comme une discipline juxtaposée à la physique et à la technologie et parfois comme une discipline indépendante ou autonome. Nous recherchons l'influence de ces différentes constitutions des programmes sur la perception de la chimie et de ses finalités par les enseignants du secondaire camerounais.

L'analyse des propos des inspecteurs pédagogiques nationaux (IPN), en tant que concepteurs des programmes, montre que l'identité de la chimie comme discipline se trouve dissimulée dans les programmes des sciences physiques ou dans les programmes de Physique-Chimie-Technologie (PCT). Cependant, l'intention des concepteurs desdits programmes est clairement présentée ici par IPN 1 : « *mais la chimie existe belle et bien comme entité à part entière là. La chimie est vraiment une discipline à part entière et normalement les enseignants devraient pouvoir avoir une perception claire de cette discipline, c'est l'objectif que nous visons ».*

Ainsi dans les programmes de sciences physiques en vigueur jusqu'aux années 1990, la chimie était un module très faiblement représenté et n'intervenait aux examens officiels que sur 6 points contre 14 points pour la physique. L'exercice de chimie ne portait que sur les questions de cours, ce qui connote un effort de mémorisation et restitution des contenus de la chimie par les apprenants et par ricochet un enseignement de type transmissif de la part de l'enseignant. De ce fait, les enseignants des sciences physiques devraient plus mettre l'accent sur le module physique comme le souligne IPN 2 :

> c'est en 1984 quand j'exerçais comme enseignant de sciences physiques que j'ai constaté qu'un exercice quantitatif de chimie a été introduit à l'épreuve du baccalauréat scientifique, et la chimie est passée de 6 points à 8 points. Je me rappelle que cela a été un scandale pour mes élèves car tout au long de l'année scolaire, je ne les entrainais pas à traiter les exercices quantitatifs en chimie.

Il ressort également que les programmes prescrivent que l'enseignement des disciplines « sciences physiques » et des « PCT » soit dispensé par un même enseignant. Étant donné que les enseignants sont formés soit pour enseigner la physique ou pour enseigner la chimie, il serait donc probable qu'un module soit privilégié au détriment de l'autre en fonction de la formation initiale de l'enseignant. C'est le cas par exemple du programme de PCT où il faut poser les bases de chaque discipline en classe de quatrième comme le mentionne IPN 3 :

> […] beaucoup d'enseignants se disent que ce travail aurait dû être fait dans les classes inférieures, c'est-à-dire que dès la classe de quatrième […] où nous amorçons déjà l'étude de cette partie chimie, c'est à ce niveau même que nous apprenons déjà à l'enfant des rudiments de la chimie donc l'enseignant devrait déjà commencer à montrer aux enfants où est-ce qu'on va ? Nous partons de quoi? On transforme quoi pour avoir quoi?

Quand cet enseignement est dispensé par un enseignant ayant une formation initiale en physique, il est probable que les rudiments de la chimie ne soient pas bien acquis par les apprenants. Il serait donc souhaitable de bien organiser l'enseignement de la chimie, non seulement à travers les différents niveaux du cursus, mais aussi au sein du programme d'un même niveau.

3.5.1.2 L'organisation du curriculum prescrit de chimie

L'organisation du curriculum prescrit prend en compte le niveau supposé adéquat pour distinguer la chimie comme une discipline autonome, la fragmentation du programme ou non en thèmes et la disposition des contenus en chapitres.

Concernant le niveau du cursus scolaire à partir duquel il faut distinguer la chimie comme une discipline autonome, IPN1 et IPN3 soutiennent que la chimie doit se distinguer comme une discipline instituée à partir du moment où nous l'abordons, soit spécifiquement à partir de la classe de sixième pour IPN1 et la classe de quatrième pour IPN3. IPN2 ne semble pas d'avis avec le fait de séparer la chimie de la physique au secondaire :

> je ne sais pas s'il est mieux de séparer ces deux disciplines au secondaire. Les adeptes des disciplines veulent imposer leur manière de raisonner, les gens enseignent leur façon de penser aux élèves. Je pense que c'est le fait de l'enseignement supérieur qui influence sur le secondaire.

Concernant le découpage du programme en thèmes, il ressort que la structuration des programmes en thèmes ne permet pas aux enseignants de faire des liens entre les différents thèmes et, par conséquent, consiste à voiler la structure globale de la chimie : « *[…] c'est pour ça qu'on trouve ces petits quarks parce que vous ne pouvez pas penser terminer tout un thème et passer à un autre thème sans dire aux enfants quels sont les liens entre ces thèmes* » IPN3.

Pour le découpage du programme en chapitres, nous retenons que certains concepteurs ne perçoivent pas la division des programmes en chapitres comme facteur d'alourdissement des programmes, mais plutôt comme un moyen de faciliter le déroulement d'un thème en situation d'apprentissage. Tel est le sens de ces affirmations de IPN1 : « *dans la globalité on peut avoir une idée du thème qu'on veut présenter, mais pour faciliter l'accès, la compréhension de ce thème-là, on le décompose en chapitres où l'apprentissage des concepts s'échelonne et où l'ordre des difficultés va grandissant* ».

D'autres concepteurs, en revanche, pensent que la division d'un programme ou d'un thème en chapitres consiste à alourdir le programme. Ils invoquent à cet effet le quota horaire[21] alloué à l'enseignement de la chimie au secondaire qui paraît insuffisant par rapport au nombre de chapitres[22]. A ce sujet, IPN3 affirme que : « *cette division en chapitres alourdit les programmes parce que déjà, le quota horaire qui est accordé dans les classes ne permet vraiment pas aux enseignants de pouvoir faire ressortir tous les savoir-faire formalisés. Donc ils ne s'appuient, rien que sur la transmission de la théorie* ».

Toutefois, les concepteurs semblent s'accorder sur le fait que la division en chapitres ne relève pas de leur volonté, mais de la reproduction de ce qui s'est toujours fait. Ainsi, IPN1 affirme que « *un thème, au départ, est constitué d'un ensemble de chapitres ou de leçons qu'il faut aborder pour que le thème soit perçu tel qu'on le souhaiterait* ». L'expression « au départ » ici renvoie à la façon dont les anciens programmes et les programmes d'autres pays africains sont structurés. Pour réitérer cette vision, IPN3 affirme que : « *les programmes que nous utilisons à l'heure actuelle qui adoptent la pédagogie par les objectifs, l'une des méthodes faites dans le monde c'est le découpage des programmes par chapitres* ».

D'où la nécessité d'expliciter l'influence du découpage des programmes par thèmes et par chapitres sur les pratiques enseignantes.

3.5.1.3 La temporalité de la programmation didactique

Sont abordés ici la période de validité d'un programme de chimie ; le quota horaire hebdomadaire de l'enseignement de la chimie et le nombre d'heures attribuées à chaque chapitre.

Concernant la période de validité des programmes officiels, il ressort que la longue période de validité des programmes de chimie dans le système éducatif camerounais pourrait considérablement influencer les pratiques des enseignants de chimie. En effet, IPN1 mentionne que : « *on adapte les programmes à l'évolution des concepts scientifiques qui eux-mêmes s'adaptent à l'évolution du matériel scientifique qu'on utilise. Donc plus le matériel est performant, plus il y a de nouveaux concepts qui apparaissent et les programmes suivent l'évolution de ces concepts-là* ».

Les programmes devraient donc suivre l'évolution des concepts et, par conséquent, devraient être réformés en fonction de l'évolution de ces derniers. Mais ce n'est pas ce qui est observé dans le cas du Cameroun. IPN1 justifie néanmoins la longue période de validité observée par les propos suivants :

> mais pour un intérêt à la fois économique et pédagogique, on ne peut pas se mettre à changer des programmes tous les deux ou trois ans, non ! Puisque ça concerne ici les enseignants qui seraient tentés de préparer le cours une fois et trainer le même cours pendant des années et des années. Un enseignant responsable ne se

[21] Le quota horaire hebdomadaire alloué à l'enseignement de la chimie dans le programme de 1982 est de 1H 30 min pour les classes de seconde C, et de 1H pour les classes de premières et terminales scientifiques. Il est de 2H pour les classes de seconde, première et terminale scientifique dans le programme de 1994 qui est d'usage jusqu'à ce jour.

[22] Le nombre de chapitres dans tous ces programmes est généralement supérieur à 10.

> contente pas de ce qu’on lui a donné là au niveau du programme pour étayer son cours étant donné que nous avons l’internet qui fonctionne, il y a des éléments nouveaux qui apparaissent à l’intérieur.

En plus des enseignants qui seraient tentés de préparer une leçon et de la trainer pendant des années parce que le programme est ancien, IPN3 évoque également l’absence d’introduction de certains concepts nouveaux dans les programmes, faute de la longévité de ces derniers :

> mais je pense, nous sommes dans un processus, nous sommes en train de changer les programmes donc bientôt, il y aura une nouvelle formulation avec l’introduction des parties qui sont très importantes qu’on devrait introduire dans les programmes pour pallier à cette longue période qui n’a pas permis de parler de ces options-là.

L’introduction des parties importantes dans les programmes, annoncée ici, entrainerait-elle une révision des horaires d’enseignement ? Concernant le quota horaire alloué à l’enseignement de la chimie, nous retenons que les enseignants ne perçoivent pas clairement les objectifs des concepteurs des programmes. Ainsi, le nombre d’heures accordées à un chapitre renseigne sur la manière dont le chapitre doit être abordé. Selon IPN1,

> le nombre d’heure doit permettre à l’enseignant de savoir combien de temps il doit passer dans une leçon ; et même si ça paraît court, s’il voit le nombre d’heure il sera obligé d’entrer dans les détails pour savoir pourquoi est-ce que ce chapitre qui apparemment est cout, et on m’a donné un nombre d’heure aussi important !

Nous notons également que le nombre d’heures allouées à un chapitre peut aussi déterminer le type d’approche à adopter par l’enseignant. Ainsi, IPN1 déclare que :

> c’est l’enseignant qui module ça, c’est lui qui doit pouvoir moduler. Il y a cette approche qui prévoit que, lorsqu’on présente un cours si on se dit que l’élève est un tonneau vide dans lequel on vient mettre les savoirs, c’est une approche ; mais si on considère l’élève comme un apprenant qu’on guide pour qu’il acquiert des connaissances, c’est une autre approche, c’est une approche qui est là-dedans …

Par ailleurs, il apparaît que le quota horaire hebdomadaire de l’enseignement de la chimie tient compte de ce que la physique et la chimie sont censées être dispensées par un même enseignant. Ainsi, des ajustements sont prévus au sein du programme, devant permettre à l’enseignant de rattraper le niveau de progression recommandé, soit en accordant un peu plus d’heures à la chimie dans le cas où il est en avance avec le programme de physique, soit en accordant un peu plus d’heures à la physique dans le cas contraire. A ce sujet, IPN3 affirme que :

> généralement, nos matières dans certains lycées sont enseignées par le même enseignant ; dans d’autres lycées c’est enseigné par deux enseignants. Ça fait donc que quand c’est le même enseignant, il peut pallier en donnant beaucoup plus d’heures à la physique et moins d’heures à la chimie.

À ce même sujet, IPN1 précise que :

> […] notamment pour la chimie en terminale, c’est parce qu’au départ, les sciences physiques, c’était cinq heures en terminale C par exemple. Et quand il a fallu séparer on ne pouvait pas prendre deux heures et demie chimie, deux heures et demie physique. On s’est dit que la chimie telle qu’elle a été présentée paraissait plus accessible que la physique, c’est pour ça qu’il y a un peu plus d’heures en physique, mais on prévoit qu’en général comme c’est le même enseignant qui fait

> la chimie et la physique, suivant l'évolution, il peut augmenter le quota horaire d'un côté comme de l'autre.

Il ressort aussi de cette précision que la présentation originelle de la chimie dans le système éducatif camerounais influence aussi bien la conception des programmes que les pratiques des enseignants.

3.6 Discussion

Notre analyse de la structuration globale des contenus dans les programmes officiels de chimie a montré l'omniprésence de la cohabitation de la chimie avec la physique et la technologie, la structuration des contenus par thèmes (chimie organique, acides et bases, oxydoréduction, chimie générale, etc.) et l'omniprésence des quotas horaires hebdomadaire et par chapitres.

3.6.1 Impact de la cohabitation de la chimie, la physique et la technologie dans un même programme : une structuration en adéquation avec le principe de l'interdisciplinarité.

Selon Reverdy (2015) l'interdisciplinarité scolaire se définit comme étant la mise en relation de deux ou plusieurs matières scolaires qui s'exercent à la fois au plan curriculaire, didactique et pédagogique et qui conduit à l'établissement des liens de complémentarité ou de coopération, d'interprétations ou d'actions réciproques entre elles sous divers aspects en vue de favoriser l'intégration des apprentissages et des savoirs chez l'élève. Reprenant Baillat & Niclot (2003), Reverdy (2015, p. 6) soutient que ce principe d'interdisciplinarité remet en cause :

> le modèle de professionnalité dominant dans l'enseignement secondaire, caractérisé par une forte présence davantage disciplinaire que didactique ou pédagogique […] mais paradoxalement caractérisé aussi par un manque de maîtrise épistémologique de la discipline ; ce qui expliquerait un manque de généralisation de l'interdisciplinarité dans les pratiques quotidiennes des enseignants, malgré les prescriptions nombreuses et anciennes en sa faveur.

Ainsi, un enseignant ayant pour spécialité la physique n'enseignera pas les thèmes et les démarches d'investigation de la même manière qu'un autre ayant pour spécialité la chimie. Reverdy (2015) attribue les difficultés éprouvées par les enseignants sur la mise en œuvre des activités d'enseignement/apprentissage réellement interdisciplinaires à une absence ou à une insuffisance de réflexion ou de connaissances sur les finalités éducatives attribuées à chaque discipline par l'institution, sur les concepts qu'elles utilisent, sur leurs méthodes, sur leurs évolutions récentes.

La structuration des programmes et des manuels scolaires de chimie en rapport avec le principe de l'interdisciplinarité ne pourrait que difficilement permettre aux enseignants camerounais de sciences physiques de développer chez les apprenants des compétences requises émanant de l'enseignement de la chimie. Les enseignants – qui sont formés soit en physique, soit en chimie dans des écoles normales – ont quelquefois tendance à s'appuyer sur la seule transmission des savoirs ou des techniques (comme la mise en place d'un plan pour la résolution d'un type de problème donné), c'est-à-dire sur les pratiques qui leurs sont habituelles, au détriment des pratiques novatrices pour lesquelles ils n'ont pas été formés et qui représentent un saut considérable (Reid & Scott, 2005).

La présentation de la chimie comme module dans les programmes ne saurait donc permettre aux enseignants non seulement de cerner les attentes institutionnelles eu égard à l'enseignement de la chimie, mais aussi d'appliquer les méthodes d'enseignement centrées sur l'apprenant (Sylla & De Vos, 2006). Les enseignants se sentent dès lors obligés d'employer les méthodes centrées sur l'enseignant. C'est ce qui s'observe dans les pratiques de la plupart des enseignants de chimie du secondaire camerounais comme l'affirme IPN3 :

> [...] Tandis que les autres (enseignants) dans la plupart des établissements de la république, il n'y a vraiment aucun indice qui permet de motiver l'apprenant pour qu'il puisse comprendre ce qu'on attend de cette discipline chimie ; à part le livre du cours de l'enseignant qui a un grand titre "chimie".

Toutefois, le savoir en général n'étant pas disciplinaire, il importe de mener une réflexion profonde sur les possibilités de réalisation et d'optimisation de l'interdisciplinarité scolaire. Réflexion qui devra porter non seulement sur la présentation des contenus dans les programmes, mais aussi sur la formation des enseignants qui devront réaliser cet enseignement.

3.6.2 Impact de la structuration des contenus par thèmes : une structuration en adéquation avec les stratégies de mémorisation-restitution.

Cette structuration historique vise à présenter chaque famille d'espèces chimiques à travers la structure de son groupe fonctionnel et ses propriétés (Lafarge, 2010). Dans les programmes utilisant la structuration par thèmes, les chapitres suivent globalement l'ordre d'une complexité structurelle croissante. La structuration des contenus par thèmes focalise l'attention des enseignants sur la structure des espèces chimiques réactives. Dans leurs pratiques pédagogiques, ils présentent ainsi les principaux éléments que doivent reconnaître les élèves lors d'une stratégie de restitution. Nous devons admettre avec Lafarge (2010) que la structuration des savoirs par thèmes conduit à une structuration des connaissances des apprenants elle-aussi par thèmes. Ainsi, face à un problème de chimie, les apprenants n'auraient qu'à reconnaître une fonction et aller chercher dans leur mémoire le chapitre concernant cette fonction en particulier.

En plus, l'analyse de l'évolution des curriculums des sciences physiques au Cameroun montre que presque tous les programmes sont fondés sur les mêmes thèmes et les mêmes concepts et que la période de validité des programmes est relativement longue (pas mois de 12 ans en général). Lors des réformes, le changement n'intervient qu'au niveau du cursus où un concept donné est introduit. La principale conséquence est que les enseignants vont se rendormir avec bonne conscience sur les vieilles pratiques sans plus se soucier d'adapter leurs enseignements au nouveau public. Les enseignants qui débutent cèdent, à leur tour, à la tentation de se servir de leurs anciens cahiers ou de ceux de leurs cadets ayant reçus les mêmes enseignements.

D'un autre point de vu, il faut noter que la structuration des contenus par thèmes n'encourage pas les enseignants à utiliser ce qui devrait constituer les acquis des classes antérieures (prérequis devant constituer le noyau dur pour la construction des connaissances par les apprenants en situation d'apprentissage), car les programmes n'y font pas explicitement référence dans leurs libellés. C'est le cas du programme de chimie des classes de premières scientifiques qui aborde trois principaux thèmes : la chimie organique, l'oxydoréduction et les engrais. Les enseignants perçoivent ce programme comme n'ayant aucun lien avec le programme de seconde C. Pourtant l'étude de la chimie organique et même de l'oxydoréduction repose sur « la structure électronique des atomes » vue en seconde C. Cette perception non pertinente serait due au fait que le programme des classes de premières scientifiques n'explicite pas les références au programme de seconde C dans leur libellé. Or, la continuité des apprentissages entre les différents niveaux d'étude ou « *correspondance verticale* » (Roulet & Ludovic, 2005) est l'un des principes fondateurs des disciplines scolaires.

Par ailleurs, les difficultés accrues des élèves des classes de terminales scientifiques sur le thème des « acides et bases » se justifieraient en partie par la rupture observée dans les programmes du second cycle concernant ce thème. En effet, le thème sur les acides et bases est introduit en classe de seconde C, il n'est pas mentionné dans le programme des classes de premières scientifiques et réapparaît dans le programme des classes de terminales scientifiques. La discontinuité observée à différents niveaux d'étude serait à l'origine des pertes de mémoire, ce qui pourrait impacter négativement le cursus des élèves même à l'enseignement supérieur.

Une structuration imprudente des programmes en thèmes ne saurait permettre aux enseignants de présenter la structure globale de la chimie aux élèves. Les enseignants se livrent plutôt à une transmission des contenus décontextualisés (relativement à la discipline) aux apprenants. Par conséquent, cette transmission ne saurait obéir aux exigences de la pédagogie de construction des connaissances.

3.6.3 Impact de l'évolution des crédits d'heures et du nombre de chapitres consacrés à l'enseignement de la chimie sur les pratiques enseignantes.

Les crédits d'heures et le nombre de chapitres consacrés à l'enseignement de la chimie dénotent une certaine extraversion des programmes qui restent encore marqués dans l'ensemble par un universalisme assez prononcé. IPN1 affirme à cet effet que :

> les programmes tels qu'on les a conçus, c'est à partir d'un socle qui a été organisé par l'ensemble des pays francophones… Tous les experts de l'enseignement des sciences physiques se sont retrouvés et ont défini ce qu'on attend de chacun de nos bacheliers, c'est-à-dire qu'au terme du secondaire, qu'est-ce que l'apprenant est censé avoir rencontré.

Cette dernière caractéristique serait de nature à induire une approche encyclopédique de l'enseignement de la chimie au Cameroun car, le programme s'intéresse à ce que l'apprenant doit « rencontrer » et non pas à comment faire pour optimiser l'appropriation des contenus disciplinaires par les apprenants. Ainsi, dans le but d'achever les programmes (ce qui constitue d'ailleurs une obligation professionnelle), les enseignants se trouvent contraints de recourir à la lecture des cours comme seule arme efficace. Sylla & De Vos (2006) précise que le temps semble être le facteur déterminant dans le choix des méthodes d'enseignement. Ainsi, jugé insuffisant par les enseignants, leurs choix pédagogiques se portent sur les méthodes transmissives, plus économiques, plus rapides, permettant de faire passer un maximum de connaissances en un minimum de temps. Ces méthodes qui privilégient le volume de contenus transmis à l'égard de la construction des connaissances, ne permettent pas, selon Sylla & De Vos (2006), l'émergence des nouvelles méthodes d'enseignement.

Selon les observations, ce sont les enseignants qui privilégient une approche pédagogique participative qui éprouvent en général le plus de difficultés à achever les programmes. Par contre, les enseignants qui privilégient la transmission des savoirs sur un mode d'exposition plus magistral sont moins gênés. Signalons de plus que le bouclage des programmes officiels est facilité par le non-respect, dans de nombreux établissements publics mais surtout privés, des horaires officiels. IPN3 déclare à ce sujet que :

> […] dans certains lycées on ne donne que deux heures, à la limite trois heures quand ils trichent un peu. Ça fait qu'il y a vraiment des chapitres où on ne peut pas s'en sortir dans ce découpage-là de deux heures par semaine. Mais nous constatons quand-même que certains enseignants se battent pour qu'à la fin d'année, ils rattrapent un peu certains cours, mais à la fin d'année tous les programmes de chimie sont achevés. Il faudra vraiment y penser.

Selon Barbet-Massin et al. (2016), le nombre toujours plus grand de sujets traités dans un horaire disponible toujours plus réduit conduit à des présentations et apprentissages superficiels. Pour que l'enseignement de la chimie puisse répondre aux attentes de développement économique du Cameroun, il importe de mener une réflexion profonde sur l'élaboration des curriculums.

CONCLUSION

L'objectif de la présente étude était d'examiner si la structure des programmes en vigueur pourrait permettre aux enseignants de chimie du secondaire de mettre en œuvre de nouvelles techniques d'enseignement basées sur la construction des connaissances. Pour y parvenir, nous avons premièrement analyser les programmes afin de caractériser les structurations globales des contenus adoptées par les concepteurs au cours de l'évolution de l'enseignement de la chimie au Cameroun de 1960 à 2013. Nous avons ensuite évalué la perception, par les concepteurs des programmes, de l'influence des structurations privilégiées sur les pratiques pédagogiques des enseignants.

Il ressort de cette évaluation que les concepteurs des programmes considèrent que les programmes sont suffisamment bien structurés. Tous les contenus du socle commun y sont présentés. La structuration en thèmes et en chapitres vise à faciliter la lisibilité à l'enseignant. Elle devrait lui permettre de présenter les contenus aux apprenants par degrés de complexité croissant. Les pratiques non pertinentes observées chez les enseignants se justifieraient, selon les concepteurs, d'une interprétation eu pertinente des programmes par les enseignants. Ils évoquent à cet effet le quota horaire qui devrait renseigner sur l'importance à accorder à un contenu donné. Cependant, il apparaît des légères contradictions entre les points de vue des différents concepteurs, contradictions dont l'effectif restreint des sujets questionnés ne nous a pas permis de bien affirmer. Toutefois, une confrontation à la théorie permet de mentionner que la structuration adoptée laisserait une marge de manœuvre très restreinte aux enseignants pour la mise en application desdits programmes. Une étude comparative portant sur l'influence de chacun des éléments de structure des programmes dans des contextes différents pourrait fournir des éléments supplémentaires pouvant permettre de trancher le débat.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALTET, M. (2002). Une démarche de recherche sur la pratique enseignante: l'analyse plurielle. *Revue Française de Pédagogie*, (138), 85–93.

ALVARADO, I. (2010). Repenser les programmes et la programmation: la perspective du curriculum en didactique des langues. *Synergies Chili*, (6), 107–119.

BAILLAT, G. et NICLOT, D. (2003). Les enseignants généralistes et les enseignants spécialistes face à l'intégration des savoirs. *Esprit Critique*, *5*(1).

BARBET-MASSIN, R., BOISSÉ, P., BOUYRIE, G., BRUNEL, Y., DECAMP, N., DUMORA, D., … VINCE, J. (2016). Réforme de l'enseignement de la physique au lycée.Repenser les fondements de la formation. *Reflets de La Physique*, (51), 34–35. https://doi.org/10.1051/refdp/201651034

BÉACCO, J.-C. (1990). L'intervention didactique et les variables culturelles. *Publics Spécifiques et Communication Spécialisée, Recherches et Applications. Le Français Dans Le Monde*, 8–16.

BRONCKART, J.-P. et PLAZAOLA GIGER, M. I. (1998). La transposition didactique. Histoire et perspectives d'une problématique fondatrice. *Pratiques*, (97–98), 35–58.

CHEN, B. et WEI, B. (2015). Investigating the Factors that Influence Chemistry Teacher s ' Use of Curriculum Materials : The Case of China. *Science Education International, 26*(2), 195–216.

CHEVALLARD, Y. (1991). La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné, 2nd edn. La Pensée Sauvage Editions, Grenoble perspectives. *Encyclopedia of Mathematics Education. Springer, Dordrecht*.

DÉPELTEAU, F. (2010). *La démarche d'une recherche en sciences humaines: de la question de départ à la communication des résultats*. De Boeck Supérieur.

JONNAERT, P. (2015). Vers une reproblématisation des assises d'une théorie du curriculum. *Linguarum Arena. Revista de Estudos Em Didática de Línguas Da Universidade Do Porto*, *6*, 9–28.

KERMEN, I., et MEHEUT, M. (2008). Mise en place d'un nouveau programme à propos de l'évolution des systèmes chimiques: impact sur les connaissances professionnelles d'enseignants. *Didaskalia*, (32), 77–116.

LAFARGE, D. (2010). Analyse didactique de l'enseignement-apprentissage de la chimie organique jusqu'à bac+ 2 pour envisager sa restructuration. Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II.

LEWY, A. (1992). *L'élaboration des programmes scolaires à l'échelon central et à l'échelon des écoles*. UNESCO-Institut international de planification de l'éducation.

MARTIN, J. (1971). L'école et les sociétés traditionnelles au Cameroun septentrional. *Cahiers ORSTOM: Sciences Humaines*, *8*(3), 295–335.

MARTINEZ, P. (2012). Recherches curriculaires: retour vers le futur. *Synergies Chine*, *7*, 43–56.

PELPEL, P. (2005). *Se former pour enseigner*. Paris: Dunod.

PERRENOUD, P. (1998). La transposition didactique à partir de pratiques: des savoirs aux compétences. *Revue Des Sciences de l'éducation*, *24*(3), 487–514.

REID, A., et SCOTT, W. (2005). Cross-Curricularity in the National Curriculum: reflections on metaphor and pedagogy in citizenship education through school geography. *Pedagogy, Culture & Society*, *13*(2), 181–204.

REUTER, Y., COHEN-AZRIA, C., DAUNAY, B., DELCAMBRE, I., et LAHANIER-REUTER, D. (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. De Boeck.

REVERDY, C. (2015). Eduquer au-delà des frontières disciplinaires. *Dossier de Veille de l'IFÉ*, (100), 1–32.

RICHARD, S. (2006). L'analyse de contenu pour la recherche en didactique de la littérature. Le traitement de données quantitatives pour une analyse qualitative: parcours d'une approche mixte. *Recherches Qualitatives*, *26*(1), 181–207.

ROULET, B. et LUDOVIC, J. (2005). L'élaboration des programmes vue du CNP par un chimiste et un physicien. In *Séminaire de Didactique des Sciences Expérimentales et des disciplines Technologiques. Mutations actuelles des sciences et techniques. Evolution de leur enseignement et de leur diffusion. Refondation à venir*. Cachan: Association Tour 123.

SALTET, J. et GIORDAN, A. (2007). *Apprendre à apprendre*. Librio.

SENSEVY, G. et MERCIER, A. (2007). Agir ensemble. L'action conjointe du professeur et des élèves dans le système didactique. Presses Universitaires de Rennes.

SYLLA, N. et DE VOS, L. (2006). Facteurs déterminant l'application de nouvelles tâches d'enseignement dans le secondaire supérieur. *Revue Des Sciences de l'éducation*, *32*(2), 377–394.

TSAFAK, G. (2000). *L'enseignement secondaire au Cameroun. Tendances organisationnelles et résultats d'apprentissage des élèves*. Presse Universitaire de Yaoundé.

ENSEIGNEMENT DE L’ ARITHMÉTIQUE EN TERMINALE S SPÉCIALITÉ MATHÉMATIQUES EN FRANCE : ANALYSE DE MANUEL

Roger BOSSONGO
CREAD EA 3875, ESPA de Bretagne - Université de Bretagne Occidentale

RÉSUMÉ

En se plaçant dans le cadre théorique de la Théorie Anthropologique du Didactique (Chevallard, 1992), nous avons examiné la transposition didactique de l’arithmétique de la terminale S spécialité mathématiques dans le contexte français actuel.

Pour comprendre cette transposition didactique, nous avons mené une analyse praxéologique du manuel MATH’x terminale S spécialité mathématique, qui est l’un des manuels utilisés en France.

Nous avons identifié, à travers cette analyse, les praxéologies mathématiques présentées dans ce manuel et leurs caractéristiques pouvant causer des difficultés d’enseignement pour le professeur et d’apprentissage pour les élèves. Deux types de difficultés ont été repérés : le premier est lié a la nécessité de combiner plusieurs savoirs pour accomplir une tâche donnée ; le second est lié à l’abstraction.

MOTS CLÉS

Transposition didactique, Arithmétique, manuel scolaire, praxéologie.

INTRODUCTION

Réintroduit en l’an 2000 dans le programme scolaire en France, après une absence de plusieurs décennies, l’arithmétique occupe une place importante dans la formation en mathématiques de la terminale S spécialité mathématiques.

Dans le contexte français actuel, l’enseignement de l’arithmétique prépare les élèves de la terminale S spécialité mathématiques, d’une part à maitriser le raisonnement mathématique et à aborder des études universitaires en mathématiques et en informatique théorique, notamment en théorie des codes et en cryptologie d’autre part.

Le travail présenté dans cet article est une partie de notre thèse qui porte sur une étude comparative des pratiques d’enseignement de l’arithmétique en terminale S spécialité mathématiques en Centrafrique et en France.

Nous avons commencé ce travail de recherche en septembre 2017 au sein du CREAD (Centre de Recherche sur l’Éducation, les Apprentissages et la Didactique) dans le cadre d’un partenariat France-Centrafrique entre ESPE de Bretagne (Université de Bretagne Occidentale) et l’ENS de Bangui (Université de Bangui). L’objectif de notre recherche est d’identifier les caractéristiques des pratiques des enseignants d’arithmétique de la terminale S spécialité mathématiques dans les systèmes d’enseignement français et centrafricain, qui peuvent influencer les activités des élèves.

Pour comparer les pratiques enseignantes dans ces deux pays, nous allons dans un premier temps faire une analyse comparative des ressources utilisées par un enseignant français et deux enseignants centrafricains de terminale S spécialité mathématiques pour préparer leurs cours d'arithmétique, principalement les manuels scolaires. Cette analyse, faite dans le cadre de la Théorie Anthropologique du Didactique (Chevallard, 1992), sera complétée par une analyse comparative des pratiques de ces enseignants par le biais d'observations de classe et d'entretiens avant et après les séances observées, avec les professeurs.

Dans cet article, nous nous centrons sur l'analyse de la transposition didactique de l'arithmétique dans le contexte français actuel. Ainsi, nous présentons d'abord le cadre théorique qui nous permet de mener une analyse praxéologique de manuels. Nous donnons ensuite des exemples issus de l'analyse d'un manuel scolaire français avant de conclure.

1. Recherches en didactique sur l'arithmétique, cadre théorique, questions de recherche

Dans la plupart des pays, les manuels scolaires font partie du paysage d'enseignement des mathématiques ; ils constituent un support d'enseignement et d'apprentissage (Douglas, Newton, & Lynn, 2007). C'est le cas en France et en Centrafrique. Ils occupent une place importante dans les pratiques des enseignants. Ils sont le résultat d'une transposition didactique (Chevallard, 1985, 1992) du savoir savant, dont une étape intermédiaire importante est constituée par les textes des programmes. En étudiant la réintroduction de l'arithmétique dans les programmes français au début des années 2000, Ravel (2003) a montré le rôle des manuels scolaires dans l'apprêtage didactique du savoir dans le processus de transposition. Elle avait également prouvé à travers une analyse écologique, le renforcement de l'habitat de cet objet de savoir (l'arithmétique de la terminale S spécialité mathématiques) dans l'écosystème des savoirs mathématiques non seulement en terminale S spécialité mathématiques, mais aussi au niveau supérieure. Assude (1996) considère un manuel comme un texte de savoir, en supposant que : « le texte du savoir est assez représentatif d'une « moyenne pondérée à plusieurs contraintes » du rapport institutionnel aux objets de savoir mathématiques présents dans les différents systèmes didactiques qui réalisent effectivement ce texte de savoir ». Ainsi dans cet article nous analysons le manuel MATH'x terminale S spécialité mathématique, qui est l'un des manuels utilisés en France. Cette analyse sera complétée dans notre travail de thèse par celle du manuel CIAM (Collection Inter Africain des Mathématiques) SM (Spécialité Mathématiques) qui est le premier manuel utilisé en Centrafrique. L'analyse comparative des deux manuels devrait permettre d'identifier le rapport institutionnel centrafricain et français à l'enseignement de l'arithmétique en Terminale S spécialité mathématiques et de relever les différences et les points communs.

La référence à la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) nous permet d'analyser le savoir mathématique en jeu, l'arithmétique de la terminale S spécialité mathématiques.

En effet, la TAD situe l'activité d'étude mathématique dans l'ensemble des activités humaines et des institutions sociales. Elle considère qu'en dernière instance, toute activité humaine, et donc l'activité mathématique, consiste à accomplir une tâche $\boldsymbol{t}$ d'un certain type $\mathbf{T}$, au moyen d'une technique $\boldsymbol{\tau}$, justifiée par une technologie $\boldsymbol{\theta}$, qui permet en même temps de la penser, voire de la produire, et qui à son tour est justifiable par une théorie $\boldsymbol{\Theta}$. Chevallard (2002) appelle cette modélisation de l'activité mathématique praxéologie ou organisation praxéologique et la note$[T/\tau/\theta/\Theta]$.

Le bloc $[\theta/\Theta]$(bloc technologico-théorique) est identifié comme un savoir, alors que le bloc $[T/\tau]$(bloc pratico-technique) constitue un savoir-faire.

Dans cet article, nous nous posons la question de la transposition didactique de l'arithmétique, dans le contexte français actuel. Ainsi les questions que nous étudions sont :

- Quelles sont les praxéologies mathématiques présentes dans le contexte de l'enseignement de l'arithmétique en Terminale S spécialité en France ?
- Quelles caractéristiques de ces praxéologies peuvent causer des difficultés : pour les élèves, et pour le professeur qui doit les enseigner ?

2. Méthodologie

L'objectif de ce travail, est d'examiner à travers l'analyse du manuel MATH'x terminale S spécialité mathématiques, la transposition didactique interne c'est-à-dire le passage des savoirs à enseigner aux savoirs enseignés, de l'arithmétique de la terminale S spécialité mathématiques dans le système d'enseignement français. Ce travail va nous permettre d'identifier les praxéologies mathématiques présentes dans ce manuel pour l'enseignement de l'arithmétique.

La méthodologie adoptée s'inscrit dans le cadre de la TAD. Il s'agit d'une analyse praxéologique.

Ce modèle proposé par Chevallard (2002) consiste à identifier les types de tâches, les techniques permettant d'accomplir ces types de tâches et les technologies justifiant les techniques utilisées, ainsi que la théorie associée, en rapport avec une organisation de savoir mathématiques.

Nous ferons précéder l'analyse praxéologique de ce manuel par un examen sommaire de sa structure.

2.1 Analyse du manuel français MATH'x

« L'enseignement de spécialité (mathématiques) prend appui sur la résolution de problèmes. Cette approche permet une introduction motivée des notions mentionnées dans le programme. » Ces deux premières phrases introduisant le programme de la spécialité mathématiques en terminale S, extrait du bulletin officiel spécial n°8 du 13 octobre 2011 du ministère français de l'éducation nationale, de la jeunesse et de la vie associative, précisent la nouvelle orientation de l'enseignement de l'arithmétique en terminale S spécialité mathématiques. Les savoirs mathématiques doivent être associés à la résolution de problèmes concrets.

2.2 Analyse de la structure du manuel

Publiée à Paris en mars 2016, la collection MATH'x terminale S spécialité mathématiques des éditions Didier, comprend deux parties. La première partie est réservée à l'arithmétique, tandis que la seconde partie est consacrée aux calculs matriciels. Nous rappelons que notre analyse est focalisée sur la partie arithmétique.

Ce manuel dispose d'un sommaire et d'un index. Le programme est rappelé au début (page 2) du livre ce qui permet de vérifier la conformité du contenu à ce programme.

La partie arithmétique du manuel est structurée en trois chapitres :

- Divisibilité, division euclidienne, congruences,
- Nombres premiers,
- PGCD, théorème de Bézout, théorème de Gauss.

Quelques soient les thèmes abordés, les chapitres présentent toujours la même structure. Ainsi, les chapitres sont tous structurés en sept sections :

résolution de problèmes (1ère section), cours (2ème section), exercices résolus (3ème section), exercices guidés (4ème section), entraînement (5ème section), travail personnel (6ème section) et approfondissement et problèmes (7ème section).

Chaque chapitre est précédé d'une section réservée aux prérequis nécessaires pour aborder le contenu qui va être présenté.

La première section résolution de problèmes introduit le chapitre par des problèmes concrets liés aux savoirs en jeu. Le cours alterne ensuite avec les exercices résolus pour étayer les savoirs développés. Cette troisième section d'exercices résolus présente les types de tâches, les techniques et les technologies liées aux objets de savoirs en jeux d'apprentissage. Ces exercices résolus sont en lien avec les principaux savoirs attendus comme connaissances à construire chez les élèves.

Les sections exercices guidés, entraînement, travail personnel et approfondissement et problèmes, offrent aux élèves un panel d'activités favorables au travail en autonomie. Ceci corrobore l'analyse de Chaachoua (2017) au sujet de l'évolution de la place accordée aux activités dans le processus d'apprentissage des mathématiques et aussi d'une évolution dans le rapport de l'élève au manuel.Dans chaque chapitre, des exercices du type algorithmique et programmation sont proposés. Ceci permet aux élèves de pratiquer de tels types de tâches afin de comprendre certaines applications de l'arithmétique, entre autres la théorie des codes et la cryptographie.

Ceci correspond également à l'enseignement transversal d'algorithmique, qui se déploie dans tous les chapitres du programme. Ainsi, du côté des TICE (Technologie de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement), quelques logiciels sont mentionnés. Il s'agit de : GeoGebra 5, Scilab (Scilab pour les lycéens), Xcas et OpenOffice Calc ou Excel, sans oublier les calculatrices Texas Instruments (TI-83 Plus, Premium) et Casio (Casio Graph 35+).

Nous allons maintenant proposer, dans le tableau ci-dessous, une grille d'analyse praxéologique, dans laquelle nous donnons l'analyse de quelques exercices résolus de ce manuel. Nous avons pris un exercice résolu par chapitre (voir annexe pour les énoncés de ces exercices) et identifié les types de tâches, les techniques et les technologies proposées. Nous ne mentionnons pas la théorie ici, car il s'agit toujours de l'arithmétique.

Grille d'analyse praxéologique de manuel

Thème	Type de tâches	Techniques	Technologie
DIVISIBILITÉ, DIVISION EUCLIDIENNE ET CONGRUENCE DANS ℤ.	Montrer la divisibilité par 3 d'un nombre entier abstrait. Soit $a = n(n+1)(2n+1)$ *Exercice 8 (page 23)*	. Écrire la relation de divisibilité de l'entier a par 3 en utilisant les congruences modulo 3. . Écrire les différents restes possibles dans la division par 3. . Écrire des congruences modulo 3 en utilisant les facteurs de *a* et les restes écrits précédemment. . Placer ces congruences dans la première ligne d'un tableau à 4 lignes et 4 colonnes où la première ligne et la dernière colonne sont réservées à la congruence impliquant le nombre *a*. . Compléter les 3 premières colonnes du tableau avec les restes possibles en tenant compte de la première ligne. . Compléter la dernière colonne en multipliant linéairement les éléments des trois premières colonnes. . Conclure à partir des éléments de la dernière colonne qui sont les restes selon les cas de la division de *a* par 3.	. Définition d'un multiple d'un entier naturel. . Divisibilité dans ℤ. . Division euclidienne dans ℤ. . Définition des congruences dans ℤ. .Propriété : congruences et opérations.
NOMBRES PREMIERS	Décomposer un nombre entier en produit de facteurs premiers. Soit n cet entier. *Exercice 3 (page 55)*	. Chercher le plus petit diviseur premier de n. Appelons q le quotient. . Chercher de nouveau le plus petit diviseur premier du quotient. . Répéter l'opération jusqu'à ce que le quotient soit 1. . Écrire n comme produit de tous les diviseurs premiers.	Divisibilité dans ℤ.Théorème 3 Tout entier naturel $n \geq 2$ se décom- pose en un produit de nombres de

			nombres premiers. Cette décomposition est unique à l'ordre des facteurs près. On écrira $n = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \dots p_k^{\alpha_k}$ ou $n \geq 2, p_1, p_2, \dots p_k$ sont des nombres premiers deux à deux distincts et $\alpha_1, \alpha_2, \dots \alpha_k$ sont des entiers naturels non nuls
PGCD	Trouver deux nombres entiers naturels dont leur PGCD est connu et autre hypothèse. Soit $a et b$ deux entiers tels que: $PGCD(a, b) = k$ *Exercice 7 (page 87)*	. Écrire $a et b$ comme les multiples de ki.e. $a = ka', b = kb'$ avec $a' et b'$premiers entre eux. . Remplacer $a et b$ par leurs nouvelles expressions. . Utiliser l'autre hypothèse pour conclure	Définition du PGCD Caractérisation du PGCD Propriété 7 page 86 Soit a et b deux entiers relatifs non tous les deux nuls et d un entier naturel. $d = PGCD(a; b)$ si et seulement si $a = da'$ et $b = db'$ avec a' et b' entiers premiers entre eux.

Nous identifions, après analyse de cette grille, deux types de difficultés possibles pour les élèves qui auraient à traiter ces exercices :

Le premier est lié à l'usage de plusieurs savoirs pour accomplir un type de tâche donné. C'est le cas de l'exercice 8 (page 23) où, pour montrer la divisibilité par 3 d'un nombre entier abstrait, l'élève doit faire appel à trois objets de savoirs (divisibilité, division euclidienne et congruence). Une telle praxéologie nécessite une initiative importante de la part de l'élève, qui doit maîtriser chaque savoir et être capable de les associer. De plus, pour cet exercice, deux méthodes sont proposées aux élèves pour répondre à la tâche proposée. Ceci offre aux élèves la possibilité de choisir une méthode qui leur convient lorsqu'il n'y a pas de consigne claire sur une méthode à privilégier dans un exercice.

Le second type de difficulté est lié à l'abstraction. Plusieurs exercices concernent des résultats généraux sur des entiers a et b par exemple. Ils peuvent nécessiter des raisonnements complexes, par disjonction de cas notamment.

Pour finir, nous avons dit plus haut que ce manuel contient également des tâches de type algorithmique, mais dans la grille ci-dessus ce type de tâches ne figure pas. Pourquoi ce contraste?

Un algorithme est une suite finie (séquence, ensemble, système, processus discret, instruction, description, prescription) d'actions (actions élémentaires, opérations, opérations élémentaires, instruction, étapes, règles, règles opératoires) qui sont déterministes, pouvant être écrites dans un langage compréhensible par un dispositif donné ou un opérateur donné afin de produire avec certitude une sortie (output : résultats visés, résolution d'un problème ou d'une classe de problèmes) à partir d'une entrée (input) prise dans un ensemble potentiellement infini de données en temps raisonnable dépendant des compétences de l'opérateur, du problème et du dispositif (ordinateur, données) dont on dispose (Nguyen, 2002, p.4). La notion d'algorithme n'est pas un objet d'étude dans le thème « arithmétique » de ce manuel. Il s'agit plutôt d'exercices d'algorithmique, se déroulant dans le contexte de l'arithmétique. Ainsi les types de tâches sont par exemple « compléter un algorithme » ; « lire un algorithme et comprendre le résultat qu'il produit » etc. Ils ne sont pas spécifiques de l'arithmétique, c'est pourquoi nous ne les avons pas intégrés dans nos exemples.

CONCLUSION

En se plaçant dans le cadre de la Théorique Anthropologique du Didactique, ce travail préliminaire aux travaux de notre thèse, nous permet d'obtenir des résultats sur la transposition didactique de l'arithmétique dans le contexte français.

Les questions que nous avons étudiées sont les suivantes :

- (1) Quelles sont les praxéologies mathématiques présentes dans le contexte de l'enseignement de l'arithmétique en Terminale S spécialité en France ?

Notre analyse de ce manuel nous a permis d'observer différentes praxéologies. Pour le type de tâches « Étudier la divisibilité », les techniques et technologies font appel soit à la définition de la divisibilité, soit aux congruences, soit aux deux simultanément. Pour le type de tâches « décomposer un entier en produit de facteurs premiers », les techniques et technologies recourent à la définition et aux propriétés du PGCD. Enfin pour les types de tâches « trouver deux entiers naturels connaissant leur PGCD et autre hypothèse », les techniques et technologies font appel à la définition et aux propriétés du PGCD.

- (2) Quelles caractéristiques de ces praxéologies peuvent causer des difficultés : pour les élèves, et pour le professeur qui doit les enseigner ?

Nous avons identifié les difficultés suivantes pour les élèves :

- la nécessité de combiner plusieurs savoirs, ce qui demande une importante initiative de l'élève ;
- l'abstraction de certains types de tâches, ce qui demande parfois aux élèves de considérer plusieurs cas et en tout cas de raisonner sur des nombres abstraits.

Quelles sont les caractéristiques des praxéologies contenues dans le manuel centrafricain? Retrouve-t-on les mêmes praxéologies dans ce manuel? Si ce n'est pas le cas, qu'est ce qui peut expliquer ces choix transpositifs différents.

Cette analyse comparative du processus de transposition didactique de l'arithmétique en terminale S spécialité mathématiques en France et en Centrafrique sera complétée dans notre travail de thèse par une étude comparative des pratiques des enseignant(e)s de ces deux pays.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASSUDE, T. (1996). De l'écologie et de l'économie d'un système didactique : une étude de cas. *Recherche en didactique des mathématiques, 16*(1), 47-72.

CHAACHOUA, H. (2017). *Le rôle de l'analyse des manuels dans la théorie anthropologique du didactique.* Repéré à https://hal.archives-ouvertes.fr / hal-01519339.

CHEVALLARD, Y. (1985). *La transposition didactique – du savoir savant au savoir enseigné.* Grenoble : La Pensée sauvage.

CHEVALLARD, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologiques. *Recherches en didactique des mathématiques, 12*(1), 83-121.

CHEVALLARD, Y. (2002). Organiser l'étude : 1. Structures et fonctions. *In* J.L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot et R. Floris (éd.), *Actes de la XIième école d'été de didactique des mathématiques* (pp. 3-32). Grenoble : La Pensée sauvage.

DOUGLAS, P., NEWTON, et LYNN, D. (2007). Could elementary mathematics textbooks help give attention to reasons in the classroom? *Educational Studies in Mathematics, 64* (1), 69-84.

NGUYEN Chi, T. (2002). *La notion d'algorithme dans l'enseignement des mathématiques au Mathematics and technology Education, 2*(4), 505-528 *lycée Comment l'émergence des notions de boucles et de variables en informatique s'articule à des connaissances en mathématiques ?* Mémoire de DEA EIAH-D, Université Joseph Fourier – Grenoble 1.

RAVEL, L. (2003). *Des programme à la classe : études de la transposition didactique interne Exemple de l'arithmétique en terminale S spécialité mathématiques.* Thèse, Université Joseph Fourier – Grenoble 1. Repéré à https://tel.archives-ouvertes.fr / tel-00162790

ROBERT, A. et ROGALSKY, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignements de mathématiques : une double approche. *Canadian journal of science, Mathematics and technology Education*, *2*(4), 505-528

RÉFÉRENCES DU MANUEL MATH'X

CHAREYRE, B., GASTIN, H. et LE YAOUANQ, M-H. (2016). *Math'x : Term S spécialité*. Paris : Didier

ANNEXES

Annexe 1 (Exercice résolu n°8)

Exercices résolus

6 Établir des congruences

ÉNONCÉ **1.** Démontrer que $214 \equiv 25\ (9)$.

2. a. Démontrer que pour tout n de $\mathbb{N}$, $n^2 + 4n + 7 \equiv 3$ modulo $(n + 2)$.

b. En déduire le reste r dans la division euclidienne du nombre $n^2 + 4n + 7$ par le nombre $n + 2$.

SOLUTION

1. $214 - 25 = 189 = 9 \times 21$, qui est un multiple de 9 donc $214 \equiv 25\ (9)$.

2. a. $n^2 + 4n + 7 = (n + 2)^2 + 3$ donc $n^2 + 4n + 7 - 3$ est un multiple de $n + 2$ et par conséquent $n^2 + 4n + 7 \equiv 3$ modulo $(n + 2)$.

b. Si $0 \leqslant 3 < n + 2$ c'est-à-dire $n > 1$, on a $r = 3$.
Si $n = 0$, $n + 2 = 2$ et $n^2 + 4n + 7 = 7$ donc $r = 1$.
Si $n = 1$, $n + 2 = 3$ et $n^2 + 4n + 7 = 12$ donc $r = 0$.

Attention !
De $a \equiv b\ (c)$ on ne peut déduire que b est le reste dans la division par c que si $0 \leqslant b < c$.

➡ **Pour s'entraîner :** faire les exercices 50 à 52

7 Établir des résultats sur des puissances avec des congruences

ÉNONCÉ Si n est un entier naturel, conjecturer une propriété commune aux entiers $3 \times 2^{4n+2} - 7$ et la démontrer.

SOLUTION

On fait quelques essais avec un tableur.

	A	B	C	D	E
1	n	0	1	2	3
2	$3x2^{4n+2}-7$	5	185	3065	49145

Il semble que tous ces entiers soient des multiples de 5.
Démontrons que $3 \times 2^{4n+2} - 7 \equiv 0\ [5]$
$2^{4n+2} = 2^{4n} \times 2^2$ et $2^2 = 4$, donc $3 \times 2^{4n+2} = 12 \times 2^{4n}$.
De plus $2^{4n} = (2^4)^n$ et $2^4 = 16$, comme $16 - 1 = 15$ qui est un multiple de 5 on a $2^4 \equiv 1\ [5]$.
$2^4 \equiv 1\ [5]$ implique par élévation à la puissance n, $(2^4)^n \equiv 1^n\ [5]$ soit $2^{4n} \equiv 1\ [5]$.
On multiplie par 12 : $12 \times 2^{4n} \equiv 12\ [5]$.
Enfin, en soustrayant 7 : $12 \times 2^{4n} - 7 \equiv 12 - 7\ [5]$ soit $3 \times 2^{4n+2} - 7 \equiv 5\ [5]$.
Comme $5 \equiv 0\ [5]$ l'entier $3 \times 2^{4n+2} - 7$ est bien divisible par 5.

Rappel
a divisible par 5 se traduit par $a \equiv 0\ [5]$.

➡ **Pour s'entraîner :** faire les exercices 55, 56

8 Relier divisibilité, division euclidienne et congruence

ÉNONCÉ Montrer que pour tout entier relatif n, $n(n + 1)(2n + 1)$ est divisible par 3.

SOLUTION 1

Ceci revient à prouver que pour tout n de $\mathbb{Z}$, $n(n + 1)(2n + 1) \equiv 0\ (3)$.
Dans la division par 3, un entier n a pour reste 0, 1 ou 2 donc $n \equiv 0\ (3)$ ou $n \equiv 1\ (3)$ ou $n \equiv 2\ (3)$. On examine donc chaque cas :

$n \equiv \ldots\ (3)$	$n + 1 \equiv \ldots\ (3)$	$2n + 1 \equiv \ldots\ (3)$	$n(n + 1)(2n + 1) \equiv \ldots\ (3)$
0	1	1	0
1	2	3 ou 0	0
2	3 ou 0	5 ou 2	0

Dans tous les cas, $n(n + 1)(2n + 1)$ est un multiple de 3.

SOLUTION 2

$2n + 1 = (n + 2) + (n - 1)$, donc :

$$n(n + 1)(2n + 1) = n(n + 1)(n + 2) + n(n + 1)(n - 1).$$

Parmi trois entiers consécutifs, l'un des trois est multiple de 3, donc le produit de trois entiers consécutifs est un multiple de 3.
Par suite, $n(n + 1)(n + 2)$ et $(n - 1)\,n(n + 1)$ sont deux multiples de 3, donc leur somme $n(n + 1)(2n + 1)$ est aussi un multiple de 3.

MÉTHODE
Pour exprimer que a est divisible par b (a et b entiers, $b \neq 0$), on peut dire :
- il existe k entier relatif tel que $a = bk$,
- le reste dans la division euclidienne de a par b est 0,
- $a \equiv 0\ (b)$.

MÉTHODE
Dans une congruence modulo c ($c \in \mathbb{N}^*$), tout entier est congru à 0, 1, 2… ou $c - 1$. On peut donc penser à étudier tous ces cas.

➡ **Pour s'entraîner :** faire les exercices 53, 58, 59

Annexe 2 (Exercice résolu n°3)

3 Décomposer un entier en produit de facteurs premiers

ÉNONCÉ

Décomposer 11 400 en produit de facteurs premiers.

SOLUTION

■ **« À la main »**

On détermine le plus petit diviseur premier de 11 400, ici 2, puis celui du quotient de 11 400 par 2 soit 5 700 et ainsi de suite … jusqu'à obtenir un quotient égal à 1 :

$$11\,400 = 2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 5 \times 5 \times 19 = 2^3 \times 3 \times 5^2 \times 19.$$

Une disposition pratique des calculs

11 400	2
5 700	2
2 850	2
1 425	3
475	5
95	5
19	19
1	

■ **Avec une fonction préprogrammée d'un logiciel**

La commande *Factoriser* peut s'appliquer à des entiers sur certains logiciels ou calculatrices pour fournir leur décomposition en produit de facteurs premiers.

TI-nspire ou TI 89

factor(11400)

$2^3 \cdot 3 \cdot 5^2 \cdot 19$

Scilab

```
-->factor(11400)
ans  =

   2.    2.    2.    3.    5.    5.    19.
```

Xcas

ifactor(11400)

$2^3 \cdot 3 \cdot 5^2 \cdot 19$

GeoGebra 5

▸ Calcul formel

1 Factoriser[11400]

→ $2^3 \cdot 3 \cdot 5^2 \cdot 19$

3. Avec un programme : voir TP 1 page 58.

➡ Pour s'entraîner : faire les exercices 18 et 19

4 Étudier le nombre de diviseurs d'un carré parfait

ÉNONCÉ

1. Combien 8^2, 30^2, 225^2 ont-ils de diviseurs positifs ?

2. Démontrer qu'un carré parfait a toujours un nombre impair de diviseurs positifs.

SOLUTION

1. $8^2 = (2^3)^2 = 2^6$. Donc 8^2 admet 7 diviseurs ;
$30^2 = (2 \times 3 \times 5)^2 = 2^2 \times 3^2 \times 5^2$ donc 30^2 admet $3 \times 3 \times 3 = 27$ diviseurs ;
$225^2 = (25 \times 9)^2 = (5^2 \times 3^2)^2 = 5^4 \times 3^4$ donc 225^2 admet $5 \times 5 = 25$ diviseurs.

2. • Si $n = 1$, il a un unique diviseur positif.
• Si $n = m^2$ où m est un entier, $n > 1$. De $n > 1$ on déduit que $m > 1$ donc m admet une décomposition en produit de facteurs premiers $m = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \ldots p_r^{\alpha_r}$ et par conséquent $n = m^2 = p_1^{2\alpha_1} p_2^{2\alpha_2} \ldots p_r^{2\alpha_r}$.
n admet donc $(2\alpha_1 + 1)(2\alpha_2 + 1)\ldots(2\alpha_r + 1)$ diviseurs.
C'est un produit de nombres impairs, donc n admet bien un nombre impair de diviseurs.

Remarque :
On peut aussi mener un raisonnement sur l'écriture en produit de deux facteurs $n = 1 \times n = \ldots$, chaque produit dégageant deux diviseurs distincts sauf si les deux facteurs sont les mêmes, c'est-à-dire si n est un carré parfait. Dans ce cas le nombre de diviseurs est donc impair.

➡ Pour s'entraîner : faire les exercices 22, 23, 30

Annexe 3 (Exercice résolu n°7)

Exercices résolus

6 Différentes déterminations du PGCD de deux entiers

ÉNONCÉ

Déterminer de différentes façon PGCD (5 400 ; 4 200).

SOLUTION

- On peut utiliser l'algorithme d'Euclide :

$5\,400 = 4\,200 \times 1 + 1\,200$
$4\,200 = 1\,200 \times 3 + 600$
$1\,200 = 600 \times 2 + 0.$

On en déduit que PGCD(5 400 ; 4 200) = 600.

- On peut aussi utiliser l'homogénéité :

$5\,400 = 200 \times 27$ et $4\,200 = 200 \times 21$ donc
PGCD(5 400 ; 4 200) = 200 × PGCD(27 ; 21) = 600 × PGCD(9 ; 7).
Comme PGCD(9 ; 7) = 1, on en déduit PGCD(5 400 ; 4 200) = 600.

- On peut enfin utiliser la décomposition en facteurs premiers :

$5\,400 = 54 \times 10^2 = (2 \times 3^3) \times (2^2 \times 5^2) = 2^3 \times 3^3 \times 5^2$
$4\,200 = 42 \times 10^2 = (2 \times 3 \times 7) \times 2^2 \times 5^2 = 2^3 \times 3 \times 5^2 \times 7$
donc PGCD(5 400 ; 4 200) $= 2^3 \times 3 \times 5^2 = 600$.

MÉTHODE

Pour déterminer à la main le PGCD de deux entiers, ce n'est pas toujours la même méthode qui est la plus pertinente selon les nombres en jeu.
Pour des entiers assez grands, il peut être très difficile de factoriser, l'algorithme d'Euclide se révèle particulièrement performant.

➡ Pour s'entraîner : faire les exercices 17, 18

7 Déterminer deux entiers connaissant leur PGCD et leur somme

ÉNONCÉ

Déterminer les entiers naturels a et b tels que $a + b = 72$ et PGCD(a ; b) = 8.

SOLUTION

Par la propriété 7, PGCD(a ; b) = 8, si et seulement si il existe a' et b' entiers naturels premiers entre eux tels que $a = 8a'$ et $b = 8b'$. Alors $a + b = 72$ si et seulement si $8(a' + b') = 72$ soit $a' + b' = 9$.
Il y a 4 sommes possibles : 1 + 8, 2 + 7, 3 + 6, 4 + 5. Sachant que a' et b' sont des entiers naturels premiers entre eux, on ne retient pas 3 + 6.
On a donc (a' ; b') = (1 ; 8) ou (2 ; 7) ou (4 ; 5) ou les couples obtenus en inversant l'ordre.
Les solutions sont donc $a = 8$, $b = 64$; $a = 16$, $b = 56$; $a = 32$, $b = 40$
et celles obtenues en échangeant a et b : $a = 64$, $b = 8$; $a = 56$, $b = 16$; $a = 40$; $b = 32$.

➡ Pour s'entraîner : faire les exercices 20, 21

8 Montrer qu'une fraction est écrite sous forme irréductible

ÉNONCÉ

Montrer que, pour tout entier naturel n, la fraction $\frac{2n+5}{n+2}$ est écrite sous forme irréductible.

SOLUTION

Dire que cette fraction est irréductible signifie que son numérateur et son dénominateur sont premiers entre eux, autrement dit que PGCD($2n + 5$; $n + 2$) = 1 pour tout entier naturel n.
Pour n entier naturel, $2n + 5$ et $n + 2$ sont deux entiers non nuls. On peut donc appliquer la propriété de réduction :
PGCD($2n + 5$; $n + 2$) = PGCD($2n + 5 - 2(n + 2)$; $n + 2$)
= PGCD(1 ; $n + 2$) = 1.
Donc pour tout entier naturel n, la fraction $\frac{2n+5}{n+2}$ est écrite sous forme irréductible.

➡ Pour s'entraîner : faire l'exercice 24

ENSEIGNEMENT DES PROBABILITÉS DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE AU BÉNIN : RAPPORT DES ÉLÈVES AU CALCUL ÉLÉMENTAIRE DES PROBABILITÉS

Henri DANDJINOU
Institut de Mathématiques et de sciences physiques

Alain BRONNER
Université de Montpellier et Laboratoire LIRDEF

RÉSUMÉ

Dans ce travail, nous avons étudié l'apprentissage du calcul élémentaire des probabilités. Pour cet effet, nous nous sommes d'abord appuyés sur la notion de praxéologie développée par Yves Chevallard (1999) dans le cadre de la théorie anthropologique du didactique (TAD), pour étudier l'enseignement du calcul des probabilités. Ensuite, en nous basant sur la notion d'anthropologie cognitive de la TAD (Chevallard, 1992), nous proposons une typologie des rapports personnels des élèves à chacun des deux premiers principes de Laplace, à partir d'un test administré à des élèves ayant fraîchement suivi un enseignement sur les probabilités. Nous sommes arrivés à la conclusion que les élèves mobilisent dans des proportions variées les deux principes de Laplace, mais le rapport au calcul élémentaire des probabilités n'est pas conforme au rapport de l'institution d'enseignement pour un grand nombre d'élèves.

MOTS CLÉS

TAD, Probabilités, Premier principe de Laplace, Deuxième principe de Laplace, Apprentissage.

INTRODUCTION

Depuis l'introduction des probabilités dans les programmes béninois, dans les années 1960, leur enseignement est de tout temps basé sur l'axiomatique de Kolmogorov et débouche immédiatement sur le premier principe de Laplace, le deuxième principe de Laplace n'étant qu'implicite. D'après les travaux de Michel Henry (1999, 2010), cette manière d'introduire les probabilités a conduit à un échec de l'apprentissage du calcul des probabilités. Comment cet échec peut-il être étudié et se traduire, voire s'expliquer en termes de praxéologies du calcul des probabilités?

La réponse à cette préoccupation nécessite l'étude de l'apprentissage du calcul des probabilités en lien avec son enseignement. Dans une récente communication, présentée au premier colloque de l'Association des Didacticiens de Mathématiques Africains (ADiMA), nous avons étudié l'enseignement du calcul élémentaire des probabilités au Bénin (H. Dandjinou et A. Bronner, 2016). Le présent travail, qui en est un prolongement, est une étude diagnostique qui a pour but d'appréhender l'état de l'apprentissage du calcul des probabilités au Bénin par l'étude du rapport des élèves aux deux premiers principes de Laplace.

Nous organisons la présente communication en trois parties. Dans un premier temps, nous allons préciser la problématique, suivie du cadre théorique et de la méthodologie de recherche. Nous ferons ensuite le point de l'enseignement du calcul des probabilités au Bénin. Enfin nous étudierons l'apprentissage du calcul élémentaire des probabilités au Bénin, en analysant les types de rapports des élèves aux deux premiers principes de Laplace.

1. Problématique, cadre théorique et méthodologie

Dans cette partie, après avoir posé le problème de notre étude, nous préciserons nos éléments théoriques et la méthodologie utilisée pour étudier l'enseignement et l'apprentissage du calcul élémentaire des probabilités au Bénin.

1.1. Problématique

Depuis leur introduction dans les programmes béninois d'enseignement, les probabilités ont été présentes dans tous les programmes qui se sont succédés et ont porté presque sur les mêmes objets d'enseignement. Leur enseignement, concentré dans les classes terminales, est essentiellement basé sur l'axiomatique de Kolmogorov et débouche rapidement sur le premier principe de Laplace. Le deuxième principe de Laplace n'y apparait qu'implicitement à travers l'axiome d'additivité dénombrable et l'utilisation de la loi de probabilité d'une variable aléatoire dans le calcul de la probabilité d'un événement. L'enseignement des probabilités à partir de l'approche classique, utilisée aujourd'hui au Bénin, conduit à l'échec de l'apprentissage, qui se traduit par le fait que le calcul des probabilités se ramène à l'analyse combinatoire dont la plupart des élèves ont un mauvais souvenir (Henry, 1999). Il nous semble important de préciser les praxéologies des élèves qui pourraient expliquer cet échec aussi bien par rapport au premier principe de Laplace qu'au deuxième principe.

Pour étudier ainsi le rapport personnel des élèves béninois des classes terminales aux deux premiers principes de Laplace qui fondent le calcul élémentaire des probabilités, nous nous posons la question suivante : « Quelles sont les praxéologies des élèves béninois par rapport au calcul élémentaire des probabilités ? » Par calcul élémentaire des probabilités, nous entendons la partie des probabilités concernant l'introduction au calcul des probabilités et nous excluons la probabilité conditionnelle, les variables aléatoires et les lois classiques. C'est donc la partie qui permet d'observer effectivement l'enseignement/apprentissage des approches de définition de la probabilité d'un événement. Nous formulons pour la présente étude la double hypothèse que d'une part, les élèves béninois dans une grande majorité ont une bonne connaissance du premier principe de Laplace sans être capables de l'appliquer avec succès dans le calcul des probabilités et d'autre part, ils ont une connaissance insuffisante du deuxième principe de Laplace.

1.2. Cadre théorique

Pour étudier le rapport des élèves aux deux premiers principes de Laplace, nous avons mobilisé fondamentalement la théorie anthropologique du didactique (TAD) développée par Yves Chevallard (1992) dans sa composante d'anthropologie cognitive. Il y est défini les termes primitifs d'objet O, de personnes x et Y et d'institutions I. L'objet O d'enseignement de notre étude est constitué par le calcul élémentaire des probabilités, l'élève est la personne x et le professeur est la personne Y, tandis que l'institution où l'objet O est programmé est la classe terminale des séries scientifiques. Les rapports personnels $R_x(O)$ et $R_Y(O)$ sont respectivement les connaissances que les personnes x et Y ont d'un objet O donné, et pour une institution I et un objet O donnés, le rapport institutionnel $R_I(O)$ est ce qu'il est prévu de l'objet O, autant pour l'élève que pour le professeur dans cette institution. Pour attraper le rapport personnel des élèves béninois au calcul élémentaire des probabilités, nous allons nous intéresser aux deux premiers principes de Laplace.

La notion d'organisation praxéologique, issue également de la TAD (Chevallard, 1999), a servi à étudier les différents types de savoir de la transposition didactique (Chevallard, 1991), liés au calcul élémentaire des probabilités dans le cadre de l'étude de l'enseignement du calcul des probabilités. Les résultats de cette étude sont exploités dans l'étude de l'apprentissage du calcul des probabilités à travers l'analyse de l'organisation mathématique des élèves face à des problèmes de calcul de probabilités. Les éléments composant l'organisation praxéologique sont respectivement les notions de type de tâches, de techniques, de technologies et de théories. Le type de tâches précise l'objet de ce que l'on veut décrire, analyser ou évaluer, etc. Pour un type de tâches donné, une technique est une manière de réaliser les tâches qui y relèvent et la technologie relative à une technique est tout discours rationnel sur cette technique, la technologie se justifiant elle aussi par une théorie.

1.3. Méthodologie de recherche

Les données empiriques utilisées pour l'étude de l'apprentissage du calcul élémentaire des probabilités sont essentiellement constituées des réponses des élèves à un test après un enseignement du calcul des probabilités. Mais il a fallu faire d'abord une présentation et une analyse de l'enseignement, à partir d'enregistrements audio, de notes de cours d'élèves et de fiches pédagogiques. De façon précise :

- Nous avons observé en 2012-2013 des séances de cours de probabilités (deux séances de trois heures par classe) de deux professeurs dans quatre classes terminales des séries scientifiques de trois établissements de Lokossa, ville située au Sud-Ouest du Bénin, où nous avions été en service ;
- Nous avons récupéré les notes de cours des élèves et la fiche pédagogique de l'un des deux professeurs ;
- Nous avons administré simultanément aux élèves des quatre classes un test portant sur le calcul des probabilités, allant des définitions aux calculs effectifs de probabilités ;
- Nous avons analysé les enregistrements audio, les notes de cours des élèves et la fiche pédagogique pour étudier l'enseignement du calcul des probabilités, que nous avons présenté au premier colloque de l'Association des Didacticiens de Mathématiques Africains, et que nous rappelons dans le présent travail ;
- Nous avons analysé les réponses des élèves à deux exercices du test pour étudier leur rapport personnel aux deux premiers principes de Laplace.

Ayant des âges compris entre 17 ans et 23 ans et d'une moyenne d'âge estimée à 20 ans, les élèves des quatre classes sont au nombre de 115 parmi lesquels 100 ont accepté composer le test.

2. L'enseignement du calcul élémentaire des probabilités au Bénin

L'étude de l'apprentissage d'un objet d'enseignement nécessite au préalable celle de son enseignement, car le savoir appris ne peut qu'être appréhendé par rapport au savoir enseigné. L'enseignement du calcul élémentaire des probabilités a fait de notre part l'objet d'une étude préalable que nous résumons dans cette partie. Cette étude organisée dans le cadre de la transposition didactique a consisté à déterminer l'organisation mathématique du calcul des probabilités à partir du seul type de tâches T : « calculer la probabilité d'un événement ».

2.1. L'organisation mathématique du calcul des probabilités

L'organisation mathématique révèle globalement au niveau de l'ensemble des étapes de la transposition didactique l'existence de quatre techniques relevant du type de tâches T, que nous avons respectivement notées et nommées (Dandjinou, Bronner, 2016) :

- Technique d'équiprobabilité (TE) ;
- Technique de non équiprobabilité (TNE) ;
- Technique « Démarche expérimentale » (DE) ;
- Techniques « Addition des probabilités des événements élémentaires » (APEE).

Ces techniques se déclinent comme ci-dessous détaillées.

2.1.1. Technique d'équiprobabilité (TE)

La technique « Technique d'équiprobabilité », se décline de la manière suivante :

- déterminer le nombre de cas possibles ;
- déterminer le nombre de cas favorables à l'événement ;
- calculer le rapport du nombre de cas favorables au nombre de cas possibles.

À cette technique TE est associée la technologie que nous nommons « Premier principe de Laplace » comprenant :

- le vocabulaire des probabilités (expérience aléatoire, univers des éventualités, événements, …) ;
- l'analyse combinatoire ;
- la formule $p(A) = \frac{\mathrm{Card(A)}}{\mathrm{Card}(\Omega)}$.

La théorie qui fonde cette technologie est l'approche laplacienne du calcul des probabilités.

2.1.2. Technique de non équiprobabilité (TNE)

La « Technique de non équiprobabilité » se décompose comme suit :

- réaliser une partition de l'événement en des événements dont on peut connaître les probabilités, ces événements pouvant être des événements élémentaires;
- déterminer la probabilité de chaque événement de la partition;
- calculer la somme des probabilités des événements de la partition de l'événement.

A cette technique, nous associons la technologie que nous nommons « Additivité dénombrable » qui se compose :

- du vocabulaire des probabilités;
- de la partition d'un ensemble;
- de l'axiome d'additivité dénombrable.

L'axiomatisation de Kolmogorov est la théorie qui fonde cette technologie.

2.1.3. Technique « démarche expérimentale » (DE)

Cette technique se décline comme il suit :

- réaliser l'expérience aléatoire un certain grand nombre de fois n;
- déterminer progressivement la fréquence F_n de l'événement lorsque n évolue;
- estimer la limite de F_n lorsque n tend vers $+\infty$.

La technologie qui justifie la technique « démarche expérimentale est la « Approche fréquentiste »; elle se décompose comme suit :

- le vocabulaire des probabilités ;
- la fréquence d'une modalité en statistique ;
- la limite à l'infini d'une fonction numérique de variable réelle ;
- la loi des grands nombres.

Les théorèmes de limite centrale et les lois de grands nombres constituent la théorie qui fonde cette technologie.

2.1.4. Technique « Addition des probabilités des événements élémentaires » (APEE)

La technique que nous désignons par « Addition des probabilités des événements élémentaires (APEE) » se définit comme suit :

- écrire en extension l'événement;
- déterminer éventuellement les probabilités des événements élémentaires;
- additionner les probabilités des événements élémentaires qui composent l'événement.

A cette technique nous associons la technologie que nous nommons « Deuxième principe de Laplace » et qui se définit par :

- le vocabulaire des probabilités;
- le deuxième principe de Laplace.

La théorie associée à cette technologie est l'approche laplacienne du calcul des probabilités.

2.2. La transposition didactique du calcul élémentaire des probabilités

Les quatre techniques ci-dessus identifiées, qui relèvent du type de tâches T, intègrent les différents niveaux de la transposition didactique comme le résume le tableau ci-dessous (Dandjinou, Bronner, 2016).

	Savoir savant	Savoir à enseigner	Apprêt didactique	Savoir enseigner
Techniques relevant du type de tâches	TE, TNE, APEE et DE	TE et TNE	TE et APEE	TE et TNE ou TE et APEE

Il ressort de ce tableau récapitulatif que les techniques TE et TNE proposées par les instructions officielles sont effectivement enseignées par les professeurs de mathématiques au Bénin. Cependant, chez certains enseignants, l'enseignement du calcul des probabilités est basé sur la technique APEE présente dans l'apprêt didactique.

En somme, les différentes praxéologies montrent que, par rapport au calcul de la probabilité d'un événement lié à une expérience aléatoire, le savoir savant diffère des autres savoirs par l'approche fréquentiste. Le deuxième principe de Laplace, qui n'apparaît pas dans les programmes béninois comme un élément technologique pouvant justifier le calcul des probabilités, est présent dans l'apprêt didactique et dans la pratique enseignante de certains enseignants.

3. Apprentissage du calcul élémentaire des probabilités

L'approche laplacienne, l'approche fréquentiste sont les deux approches de définition de la probabilité reconnues sur le plan épistémologique. Si avec l'approche fréquentiste, on peut donner du sens à la notion de probabilité d'un événement, l'approche laplacienne s'appuie sur les deux premiers principes de Laplace, qui intégrés dans l'axiomatique de Kolmogorov permettent de calculer la probabilité d'un événement. Nous estimons ainsi que l'appréhension du calcul élémentaire des probabilités passe par l'étude du rapport des élèves aux deux premiers principes de Laplace.

Dans cette partie, nous présentons les deux exercices choisis pour notre étude puis nous faisons une analyse des réponses des élèves à ces exercices.

3.1. Les exercices du test

Le test que nous avons administré aux élèves comporte sept exercices dont nous avons choisi deux représentatifs pour l'étude de l'apprentissage des deux premiers principes de Laplace. Nous présentons dans cette section les énoncés des exercices choisis pour l'étude suivis de leur analyse a priori.

3.1.1. Énoncés des exercices

Exercice 1

Un sac contient trois jetons blancs et deux jetons noirs, tous indiscernables au toucher. On tire successivement sans remise trois jetons dans le sac.

Calcule la probabilité qu'exactement deux des trois jetons tirés soient blancs.

Exercice 2

L'univers des éventualités d'une expérience aléatoire étant $\Omega = \{0; 1; 2; 3\}$, on donne dans le tableau ci-dessous les probabilités des événements élémentaires.

e_i	0	1	2	3
$p(\{e_i\})$	0,17	0,64	a	0,01

- 1) Détermine le nombre réel a.

- 2) Calcule la probabilité que le résultat de l'expérience aléatoire soit un nombre impair.

3.1.2. Analyse a priori

Exercice 1

L'exercice 1 est un exercice classique du modèle d'urne. Il vise à vérifier le rapport des apprenants au premier principe de Laplace : le rapport du nombre de cas favorables au nombre de cas possibles. La résolution experte ci-après est attendue des élèves : Si Ω désigne l'univers des éventualités de l'expérience aléatoire, alors $\mathrm{Card}(\Omega) = \mathrm{A}_5^3$. L'événement A : « exactement deux des trois jetons tirés sont blancs » ayant pour cardinal $A_3^2 \times A_2^1 \times \frac{3!}{2!1!}$, on a $(A) = \frac{A_3^2 \times A_2^1 \times \frac{3!}{2!1!}}{\mathrm{A}_5^3} = \frac{3}{5}$. Une difficulté souvent constatée chez les élèves en analyse combinatoire peut les amener à poser $p(A) = \frac{A_3^2 \times A_2^1}{\mathrm{A}_5^3} = \frac{1}{5}$. De même, le contrat didactique, traduit ici par la plus grande fréquence des exercices résolus utilisant les combinaisons, peut entraîner certains élèves à écrire $p(A) = \frac{C_3^2 \times C_2^1}{\mathrm{C}_5^3} = \frac{3}{5}$.

Exercice 2

La résolution de la première question nécessite l'utilisation du deuxième principe de Laplace et de l'axiome $p(\Omega) = 1$, Ω étant l'univers des éventualités de l'expérience aléatoire. L'exploitation des données de l'exercice permet alors d'aboutir à $0{,}17 + 0{,}64 + a + 0{,}01 = 1$. Ce qui donne : $a = 0{,}18$. La résolution de la deuxième question 2 ne nécessite que le deuxième principe de Laplace. Pour répondre à cette question, il faut d'abord remarquer que l'événement A dont on veut calculer la probabilité est composé des éventualités 1 et 3, et obtenir ensuite après utilisation du deuxième principe de Laplace : $\mathrm{p(A)} = \mathrm{p}(\{1\}) + \mathrm{p}(\{3\}) = 0{,}64 + 0{,}01 = 0{,}65$.

Des exercices similaires à l'exercice 2 ont été traités dans l'étude des variables aléatoire. C'est donc normal qu'on s'attende à des réponses correctes. C'est même possible que la question soit bien résolue sans que l'élève ne soit conscient de l'utilisation du deuxième principe de Laplace. Il n'est cependant pas exclu que certains élèves virent au premier principe de Laplace compte tenu de la fréquence très forte de son utilisation. Des difficultés d'ordres algébrique et numérique peuvent être constatées chez d'autres élèves.

3.2. Apprentissage du premier principe de Laplace

À partir des productions des élèves relatives à l'exercice 1, nous nous proposons d'étudier le rapport des élèves au premier principe de Laplace. Dans un premier temps nous allons présenter et analyser les résultats pour ensuite déduire une typologie des types de rapports des élèves au premier principe de Laplace.

3.2.1. Présentation et analyse des résultats relatifs à l'exercice 1

Parmi les techniques de calcul de probabilités TE, APEE et TNE, identifiées au niveau du savoir enseigné, c'est bien la technique TE qui convient pour a résolution de l'exercice 1. Les productions des élèves par rapport à l'exercice 1 peuvent être réparties en quatre catégories que nous désignons respectivement TE-C, TE-PC, TE-I, TNA et qui se caractérisent comme il suit.

Le groupe TE-C : Nous disons qu'un élève est dans la catégorie « Technique d'équiprobabilité complète (TE-C) » lorsqu'il utilise la technique TE avec succès. Un seul élève sur les cent a pu être inscrit dans ce groupe pour l'exercice 1 avec la production ci-après.

> Notons les boules blanches : B_1, B_2 et B_3, puis les boules noires : N_1 et N_2. Voici dans le désordre, les résultats désirés : {(B_1, B_2, N_1), (B_1, B_3, N_1), (B_2, B_3, N_1), (B_1, B_2, N_2), (B_1, B_3, N_2), (B_2, B_3, N_2)}. Chaque résultat admet 6 permutations c'est-à-dire ordres d'arrivée différents. Les évènements élémentaires sont équiprobables. Aussi, le nombre de résultats possibles est $\mathrm{A}_5^3 = 60 = \mathrm{Card}(\Omega)$ avec Ω l'univers des évènements associés à l'expérience. Désignons par S, l'évènement « exactement deux des trois jetons tirés sont blancs ». On a : $\mathrm{Card}(A) = (6+6+6+6+6+6) = 36$. $\mathrm{p}(S) = \frac{\mathrm{Card(S)}}{\mathrm{Card}(\Omega)} = \frac{36}{60}$ d'où $\mathrm{p}(S) = \frac{3}{5}$.

Cette production montre une grande maîtrise, non pas seulement du premier principe de Laplace, mais surtout du dénombrement avec une compréhension parfaite de l'expérience aléatoire et de l'événement dont la probabilité est à calculer. Tous les éléments technologiques de la technique TE sont présents dans la production. Il importe de remarquer que la technique de dénombrement utilisée diffère de celle proposée dans la résolution experte de notre analyse a priori. En effet, dans la production, l'élève a cherché à déterminer toutes les éventualités favorables à l'événement.

Le groupe TE-PC : La catégorie « Technique d'équiprobabilité presque complète (TE-PC) » est composée des élèves ayant utilisé le premier principe de Laplace avec la détermination correcte du nombre de cas possibles et qui n'ont pas tenu compte du facteur multiplicateur qui intervient dans la détermination du nombre de cas favorables à l'événement. Les élèves du groupe TE-PC ont une bonne compréhension de l'expérience aléatoire et de l'événement en jeu. À des mots près, leur réponse à la question posée est la production suivante.

Soit Ω l'univers associé à cette expérience aléatoire. $\mathrm{Card}(\Omega) = \mathrm{A}_5^3 = 60$. Pour que deux des trois jetons tirés soient blancs il doit avoir deux jetons blancs parmi les trois puis un jeton noir. Soit p(A) cette probabilité. $\mathrm{p(A)} = \frac{\mathrm{A}_3^2 \times \mathrm{A}_2^1}{\mathrm{A}_5^3} = \frac{6\times 2}{60} = 0{,}2$.

Dans cette production, l'élève montre une bonne analyse de la situation et une bonne connaissance des éléments technologiques nécessaires à l'application du premier principe de Laplace. La nature des cas favorables à l'événement est connue mais leur nombre n'a pas pu être déterminé avec succès.

Le groupe TE-I : Les réponses de la catégorie « Technique d'équiprobabilité incomplète (TE-I) » sont celles des élèves qui ont utilisé le premier principe de Laplace et qui n'ont pas utilisé un mode correct de dénombrement des cas favorables ou des cas possibles. Ce sont les réponses dans lesquelles on note soit un manque de maîtrise des outils de dénombrement, soit une analyse non réussie de la situation. Les productions suivantes sont des réponses caractérisant les élèves du groupe TE-I.

Soit Ω l'univers de cette expérience aléatoire. $\mathrm{Card}\Omega = \mathrm{A}_5^3 = \frac{5\times 4\times 3!}{3!} = 20$. Soit A, l'événement : « tirer exactement deux des trois jetons blancs ». $\mathrm{CardA} = \mathrm{A}_3^2 + \mathrm{A}_2^1 = 3 + 2 = 5$. $\mathrm{p(A)} = \frac{\mathrm{CardA}}{\mathrm{Card}\Omega} = \frac{5}{20} = \frac{1}{4}$.

Soit Ω l'univers associé à cette expérience aléatoire. $\mathrm{Card}(\Omega) = \mathrm{C}_3^1 + \mathrm{C}_2^1 = 5$. Soit A l'événement «deux des trois jetons tirés soient blancs». $\mathrm{p(A)} = \frac{\mathrm{Card(A)}}{\mathrm{Card}(\Omega)}$, $\mathrm{Card(A)} = \mathrm{C}_3^1 = 3$. $\mathrm{p(A)} = \frac{3}{5}$.

Dans ces deux productions, on remarque la mobilisation du premier principe de Laplace. Dans le premier cas, on note une bonne analyse de la situation et une maîtrise insuffisante des outils de dénombrement. Par contre, la deuxième production montre une mauvaise analyse de la situation caractérisée par des dénombrements qui ne mettent pas l'accent sur le choix de trois jetons parmi 5.

Le groupe TNA : Le groupe que nous dénommons « Technique non appropriée (TNA) » est celui des élèves chez lesquelles on ne note pas l'intention d'utiliser ni le premier principe de Laplace, ni le deuxième principe de Laplace comme dans l'exemple suivant.

Soit Ω l'univers associé à l'expérience aléatoire.
$\mathrm{Card}(\Omega) = A_3^3 \times A_3^2 = 3 \times 2 \times 3 = 18.$

La probabilité qu'exactement deux des trois jetons tirés blancs est 18.

En dehors de l'absence de l'élément technologique principal de la technique TE, on note une mauvaise analyse de la situation et une méconnaissance de la définition de la probabilité.

Les proportions des élèves des catégories ci-dessus mentionnées sont indiquées dans le tableau ci-après.

Classe	TE-C	TE-PC	TE-I	TNA	Pas de réponse	Total
Nombre d'élèves	1	15	58	23	3	100

Résultats statistiques relatifs à l'exercice 1

Ce tableau révèle qu'environ trois quarts des élèves soumis au test ont mobilisé l'élément technologique du premier principe de Laplace pour résoudre l'exercice 1. Mais les autres éléments technologiques de la technique TE dont notamment l'analyse combinatoire et la bonne lecture de la situation ont fait défaut à la quasi-totalité de ces élèves. La complexité relative de la situation de dénombrement de l'exercice 1 se fait remarquer à travers la proportion presque insignifiante des élèves ayant pu dénombrer avec succès les cas favorables.

En somme, il nous semble qu'en face d'un problème nécessitant l'utilisation du premier principe de Laplace, les élèves, ayant une compréhension convenable du problème, optent effectivement et majoritairement pour l'utilisation de ce principe. Parmi eux, ceux qui ne parviennent pas à résoudre le problème butent simplement sur l'analyse combinatoire. A côté de la majorité appliquant le principe requis, il y a une minorité non négligeable qui montre une certaine non maîtrise des connaissances sur les probabilités en général.

3.2.2. Typologie des rapports personnels au premier principe de Laplace

A partir des types de réponses des élèves à l'exercice 1, nous conjecturons une classification des types de rapports au premier principe de Laplace en prenant en compte les éléments technologiques de la technique TE relevant du type de tâches « calculer la probabilité d'un événement ». Nous dégageons ainsi quatre types de rapports au premier principe de Laplace, correspondant respectivement aux quatre types de réponses enregistrés et qui sont :

- « rapport conforme au premier principe de Laplace (RC-PPL) »;
- « rapport presque conforme au premier principe de Laplace (RPC-PPL) »;
- « rapport incomplet au premier principe de Laplace (RI-PPL) »;
- « rapport absence du premier principe de Laplace (RA-PPL) ».

Le type de rapports « RC-PPL » est celui développé par les élèves ayant une bonne maîtrise de tous les éléments technologiques de la technique TE. La bonne maîtrise des outils d'analyse combinatoire chez ces élèves fait qu'ils arrivent à bout de la plupart des problèmes dont la résolution nécessite le premier principe de Laplace. Ce type de rapports est de notre point de vue conforme au rapport institutionnel au calcul des probabilités dans les situations d'équiprobabilité. Nous estimons par exemple que les élèves qui ont une bonne maîtrise de l'analyse combinatoire comme ceux de la catégorie TE-C sont susceptibles d'avoir le rapport RC-PPL.

Le type de rapports « RPC-PPL » est caractérisé par une bonne maîtrise du vocabulaire des probabilités, du premier principe de Laplace et une maîtrise partielle de l'analyse combinatoire, caractérisée uniquement par la réussite des problèmes portant sur des situations relativement simples de dénombrement telles que celles assimilables par exemple soit au tirage d'un objet parmi un nombre donné, soit au lancé d'un dé une seule fois, soit le choix simultané de plusieurs objets. Nous estimons que dans une certaine mesure, le rapport RPC-PPL est aussi conforme au rapport institutionnel.

Le type de rapports « RI-PPL » est caractérisé par la connaissance par l'élève du premier principe de Laplace et du langage des probabilités, mais par une maîtrise insuffisante de l'analyse combinatoire. Ce type de rapports n'est pas conforme au rapport institutionnel du calcul des probabilités dans les situations d'équiprobabilité.

Le type de rapports « RA-PPL » est caractérisé par l'absence de mobilisation de l'énoncé du premier principe de Laplace. Des trois éléments technologiques de la technique TE, seul le vocabulaire des probabilités peut être remarquable au niveau de ce type de rapports, qui ne serait être conforme au rapport institutionnel au calcul des probabilités dans les situations d'équiprobabilité.

Sur la base de la typologie des rapports personnels au premier principe de Laplace, nous sommes en mesure de faire l'hypothèse que bien que les trois quarts des élèves ayant fraîchement reçus un enseignement de probabilités au Bénin aient une bonne connaissance du premier principe de Laplace, moins de 25% ont un rapport personnel conforme au calcul des probabilités suivant le premier principe de Laplace. Ce qui paraît très peu pour conclure à un enseignement réussi.

3.3. Apprentissage du deuxième principe de Laplace

Dans cette section, les réponses des élèves à l'exercice 2 seront analysées en vue de proposer une typologie des rapports calcul des probabilités suivant le deuxième principe de Laplace.

3.3.1. Présentation des résultats relatifs à l'exercice 2

Étant donné que la deuxième question de l'exercice 2 nécessite uniquement l'utilisation du deuxième principe de Laplace, nous faisons le choix de nous contenter des réponses des élèves à cette question pour notre étude. Nous rappelons que la technique APEE est celle qui convient à la résolution de l'exercice 2 parmi les praxéologies enseignées. Nous avons regroupé les réponses des élèves en quatre catégories que nous nommons respectivement APEE-C, APEE-I, BE et TNA et qui sont définies comme il suit :

- Technique complète d'Addition des probabilités d'événements élémentaires (APEE-C),
- Technique incomplète d'Addition des probabilités d'événements élémentaires (APEE-I),
- Biais d'équiprobabilité (BE),
- Technique non appropriée (TNA).

Le type de réponses APEE-C : Il est constitué des réponses dans lesquelles le deuxième principe de Laplace est appliqué avec succès. L'exemple qui suit est la production type de ce groupe.

On a deux nombres impairs 1 et 3. La probabilité de chacun d'eux est 0,64 et 0,01. Soit A l'événement : « le résultat est impair ». On a : $p(A) = p(\{1\}) + p(\{3\}) = 0{,}64 + 0{,}01 = 0{,}65$.

Cette réponse proposée par 25 élèves ayant participé au test indique la présence de tous les éléments technologiques de la technique APEE.

Le type de réponses APEE-I : Nous avons dans ce groupe les réponses dans lesquelles le deuxième principe de Laplace est appliqué mais sans succès. En effet la caractérisation fondamentale des éléments de ce groupe est la mauvaise identification de l'événement dont la probabilité est à calculer.

Soit A l'événement « le résultat de l'expérience aléatoire est un nombre impair ». A(0 ;3). $p(A)= p(e_0)+ p(e_3) \Longrightarrow p(A)=0{,}17+0{,}01 \Longrightarrow p(A)=0{,}18$

Soit p(A) cette probabilité. $P(A)= 0{,}17+0{,}64+0{,}01$. $P(A)=0{,}82$

Sur les cent élèves ayant composé pour le test, sept ont eu des réponses semblables à celles présentés dans ces deux productions.

Le type de réponse BE : Il est constitué des réponses dans lesquelles il est utilisé le premier principe de Laplace. Les productions ci-après sont caractéristiques des élèves de ce groupe.

Soit A « événement désignant les nombre impair » et Ω l'univers des éventualités de l'expérience. On a : $P_A = \frac{\mathrm{Card}A}{\mathrm{Card}\Omega}$. CardA=2, card (Ω)=4. Donc $P_A = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$.

Soit A un événement aléatoire. CardΩ=6 et CardA=2. $P(A)=\frac{CardA}{Card\Omega} = \frac{2}{6}$. $P(A)= \frac{1}{3}$

La première production est la réponse de la plus grande majorité des élèves du groupe BE. Dans la deuxième, le nombre 6 représente la somme des éventualités et non leur nombre. La catégorie BE est la plus représentée avec 31 élèves.

Le type de réponses TNA : Il comprend les élèves dont les réponses n'utilisent aucun des deux principes de Laplace. Les réponses proposées par les élèves de ce groupe montrent de leur part soit une certaine non-maîtrise de la notion de probabilité, soit une mauvaise compréhension de la consigne comme on peut le constater dans les exemples ci-dessous.

Soit Ω une éventualité d'une expérience aléatoire. Ω={0; 1; 2; 3}; p(D)={0, 1, 3}.

E(X)=0+1(0,64)+2(3,72)+3(0,01) =0+0,64+7,44+0,03 ; E(X)=8,11.

Dans le premier exemple, bien que l'univers des éventualités soit bien donné, l'élève confond la probabilité avec un événement qui n'est même pas celui recherché. Dans le deuxième exemple, l'élève a calculé l'espérance mathématique par effet de contrat didactique relatif à l'étude des variables aléatoires.

En dehors des quatre types de réponses, signalons qu'un nombre important d'élèves, ont déclaré n'avoir aucune idée sur la question posée. La répartition quantitative des types de réponses relatifs à l'exercice 2 se résume dans le tableau ci-après.

Classe	APEE-C	APEE-I	BE	TNA	Pas de réponse	Total
Exercice 2	25	7	31	11	26	100

Résultats statistiques relatifs à l'exercice 2

L'interprétation que nous avons de ce tableau récapitulatif est :

- le taux bas des élèves ayant utilisé le deuxième principe et les taux élevés d'élèves ayant utilisé une technique non appropriée ou n'ayant pas donné de réponse montrent qu'un grand nombre d'élèves n'arrivent pas à reconnaître les problèmes dont la résolution nécessite le deuxième principe de Laplace ;
- la grande majorité de ceux qui reconnaissent comme telles les situations faisant intervenir le deuxième principe de Laplace, l'appliquent avec succès ; quant à la minorité qui l'applique sans succès, la mauvaise compréhension de l'événement dont ils ont en charge le calcul de probabilité est à la base de cet échec ;
- face à des problèmes portant sur le deuxième principe de Laplace, un nombre non négligeable d'élèves utilise à tort le premier principe de Laplace.

3.3.2. Les types de rapports au deuxième principe de Laplace

En nous inspirant des types de réponses à l'exercice 2 et en nous basant sur les éléments technologiques de la technique APEE que sont l'énoncé du deuxième principe de Laplace et le vocabulaire des probabilités, nous dégageons les quatre types de rapports suivants relatifs au calcul des probabilités selon le deuxième principe de Laplace.

- « rapport conforme au deuxième principe de Laplace (RC-DPL) »,
- « rapport presque conforme au deuxième principe de Laplace (RPC-DPL) »,
- « rapport biais d'équiprobabilité au deuxième principe de Laplace (RBE-DPL) »,
- « rapport absence des deux premiers principes de Laplace (RA-PL) ».

Le type de rapports « RC-DPL) » est celui développé par les élèves ayant une bonne maîtrise de tous les éléments technologiques de la technique APEE. Les élèves ayant ce type de rapports ont une bonne connaissance de l'énoncé du deuxième principe de Laplace et reconnaissent aisément les situations nécessitant l'utilisation de ce principe qu'ils appliquent avec succès. Le type de rapports « RC-DPL » est conforme au rapport institutionnel au calcul des probabilités selon deuxième principe de Laplace.

Le type de rapports « RPC-DPL » est caractérisé par une connaissance certaine du deuxième principe de Laplace et du vocabulaire des probabilités, mais aussi par une mauvaise identification de l'événement dont la probabilité est à calculer. Dans une certaine mesure, on peut affirmer que le type de rapport « RC-DPL » est aussi conforme au rapport institutionnel.

Le type de rapports « RBE-DPL » est caractérisé par l'utilisation de la technique TE à la place de la technique APEE requise. Il est évident que ce type de rapports n'est pas celui voulu par l'institution d'enseignement.

Le type de rapports « RA-PL » est caractérisé par l'absence de mobilisation des éléments technologiques fondamentaux des deux premiers principes de Laplace. Un tel rapport ne saurait être conforme au rapport de l'institution enseignante au deuxième principe de Laplace.

Revenant aux élèves concernés par notre étude, nous estimons que les élèves ayant les types de réponses APEE-C et APEE-I peuvent se faire attribuer respectivement les types de rapport « RC-DPL » et « RPC-DPL ». Le type de rapports « RBE-DPL » correspond au type de réponses BE, tandis les élèves des catégories « TNA » et « Pas de réponses » peuvent être classés dans le compte du type de rapports « RA-PL ». La répartition quantitative des types de rapports identifiés dans la population d'élèves concernés par notre travail est récapitulée dans le tableau ci-après.

Types de rapports	RC-DPL	RPC-DPL	RBE-DPL	RA-PL	Total
Nombre d'élèves	25	7	31	37	100

Répartition quantitative des types de rapports au deuxième principe de Laplace

À la lecture du tableau nous arrivons à la conclusion globale que le tiers des élèves concernés par notre étude a un rapport conforme au calcul des probabilités suivant le deuxième principe de Laplace.

3.3.3 Synthèse sur l'apprentissage du calcul élémentaire des probabilités

Après les études séparées des rapports des élèves béninois aux deux premiers principes de Laplace, nous nous proposons de récapituler dans cette sous-section le rapport des élèves au calcul élémentaire des probabilités, en mettant en exergue le bilan comparé des apprentissages des deux principes de Laplace. En effet, mis à part les propriétés liant les probabilités de plusieurs événements, établies dans le cadre de l'axiomatique de Kolmogorov, le calcul de la probabilité d'un événement se fonde sur l'un de ces principes, étant entendu que l'approche fréquentiste n'a pas fait objet d'étude dans les programmes actuels.

Dans les conditions actuelles de l'enseignement des probabilités au Bénin, les résultats suivantes semblent se préciser par rapport à l'apprentissage du calcul des probabilités.

- les élèves arrivent dans leur majorité à reconnaître aussi bien les problèmes dont la résolution nécessite le premier principe de Laplace que ceux pouvant faire intervenir le deuxième principe de Laplace ; toutefois ils sont plus nombreux dans le premier cas que dans le second;

- Pour chacun des deux principes, on peut envisager quatre types de rapports personnels des élèves et selon ces types de rapports, moins du tiers des élèves ont un rapport conforme au calcul des probabilités. Ce qui ne permet pas de conclure à un apprentissage réussi;
- Face à des problèmes de probabilités nécessitant l'utilisation du deuxième principe de Laplace, un nombre important d'élèves applique le premier principe de Laplace;
- l'analyse combinatoire fait défaut au grand nombre de ceux qui appliquent sans succès le premier principe de Laplace tandis que le défaut d'appréhension des éventualités composant les événements est à la base de l'échec de ceux qui appliquent sans succès le deuxième principe de Laplace.

En somme, le rapport au calcul des probabilités, aussi bien à partir du premier principe de Laplace qu'avec le deuxième principe, n'est pas conforme au rapport institutionnel pour un grand nombre d'élèves. Ils ont une meilleure connaissance du premier principe de Laplace que du deuxième, mais ils réussissent mieux l'application de ce dernier.

CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons identifié quatre praxéologies de l'élève par rapport à chacun des deux premiers principes de Laplace qui ont permis d'évaluer la conformité du rapport personnels des élèves par rapport au calcul des probabilités. Concrètement les élèves ayant reçu l'enseignement des probabilités dans le système scolaire béninois ont une compréhension certaine des deux premiers principes dans des proportions variées. Toutefois un bon apprentissage du calcul des probabilités à partir de chacun de deux principes n'est pas assuré pour un grand nombre d'élèves. Pour le premier principe de Laplace, la non maîtrise de l'analyse combinatoire est la principale cause de la non-conformité du rapport des élèves au rapport de l'institution d'enseignement. La concentration de l'enseignement autour du premier principe de Laplace pourrait être la cause de la non-conformité du deuxième principe de Laplace au rapport institutionnel.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CHEVALLARD Yves. (1991). La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné, Recherches en didactique des mathématiques, La pensée sauvage, Éditions, 1991, 239 pages

CHEVALLARD Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une anthropologie, *Recherches en didactique des mathématiques*, Vol. 12, n°1, p. 73-112

CHEVALLARD, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique, *Recherches en Didactique des Mathématiques* 19(2). La Pensée Sauvage.

DANDJINOU H. et BRONNER A. (2016). Enseignement du calcul élémentaire des probabilités au Bénin, à paraître dans les *Actes du premier colloque de ADiMA*, tenu à Yaoundé au Cameroun du 17 au 19 août 2016 :

HENRY M. (1999). L'introduction des probabilités au lycée : un processus de modélisation comparable à celui de la géométrie, *Repères-IREM, N°36,* pp. 15-34

HENRY M. (2010). Évolution de l’enseignement secondaire français en statistique et probabilités, *Statistique et Enseignement*, *1(1)*, pp 35-45, SFdS, Avril 2010

LA PLACE ET LE RÔLE DES CONSTRUCTIONS GÉOMÉTRIQUES DANS L'ENSEIGNEMENT ET DANS L'APPRENTISSAGE DE LA MATHÉMATIQUE EN CLASSE DE 6^E AU COURS SECONDAIRE AU BÉNIN

Ahonankpon Florent GBAGUIDI
Enseignant-chercheur à l'Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP)

RÉSUMÉ

Cette communication est rédigée à partir de notre travail de thèse de doctorat portant sur : « La place et le rôle des problèmes de construction géométrique dans l'enseignement et dans l'apprentissage de la mathématique au cours secondaire au Bénin ». Dans cette thèse où nous avons travaillé sur les problèmes de construction géométrique, nous avons cette fois-ci porté notre regard sur les constructions géométriques en classe de 6^{e}. La pratique de construction d'un dessin d'une figure à partir d'un programme de tracé ou d'un texte et la rédaction d'un programme de tracé à partir d'une figure donnée favorisent l'entrée dans un processus de preuve et de validation en termes de lecture et d'écriture de textes de mathématiques. Ainsi, nous avons, à travers le programme d'études de la classe de 6^{e}, étudié la place et le rôle des constructions géométriques.

MOTS CLÉS

Dessin, construction géométrique, programme de tracé, apprentissage, démonstration

ABSTRACT

This communication is written from our doctoral thesis work on: "The place and role of geometric construction problems in teaching and learning mathematics in secondary school in Benin". In this thesis where we worked on geometric construction problems, this time, we looked at geometric constructions in 6th class. The practice of constructing a drawing of a figure from a construction program or text and writing a constuction program from a given figure promotes the entry into a proof process and validation in terms of reading and writing math texts. Thus, we have, through the curriculum of the 6th class, studied the place and role of geometric constructions.

KEYWORDS

Drawing, geometric construction, construction program, learning, demonstration

INTRODUCTION

La résolution d'un problème de géométrie a souvent comme démarche la rédaction d'une démonstration qui s'appuie sur un dessin qui n'est rien d'autre qu'une représentation d'une figure. Face aux nombreuses difficultés qu'éprouvent les élèves à faire les mathématiques et plus particulièrement les problèmes de géométrie, nous pensons que la pratique régulière des constructions géométriques contribuerait à entrer favorablement dans la résolution des problèmes de géométrie nécessitant la représentation d'un dessin.

Par ailleurs, les programmes d'études de mathématiques de la classe de 6^{e} recommandent entre autres que l'élève soit initié le plus tôt possible au raisonnement, qu'il soit entraîné à la formulation des démonstrations et que les activités géométriques soient pour lui l'occasion de manipuler les instruments, de réaliser des tracés à main levée et de justifier une construction. De plus, dans la mesure où nous pouvons considérer que la 6^{e} joue le rôle de classe charnière entre la géométrie GI (Kuzniack, 2006), basée sur la réalité et le sensible du cours primaire et la géométrie GII (Kuzniack, 2006), celle du cours secondaire basée progressivement sur les lois hypothético-déductives de la mathématique alors, pour ces deux raisons, le choix de la classe de 6^{e} nous a paru nécessaire et opportun, surtout lorsque nous considérons les élèves dont la tranche d'âges est comprise entre 10 et 11 ans afin de les confronter très tôt à des activités potentiellement riches du point de vue de leur exploitation didactique. C'est pour cette raison que nous avons choisi d'étudier **la place et le rôle des constructions géométriques dans l'enseignement et dans l'apprentissage de la mathématique en classe de 6^{e} au cours secondaire au Bénin.**

Ainsi nous nous sommes posé la question principale suivante **:**

En quoi les constructions géométriques peuvent-elles, dès la classe de 6e, permettre de construire des connaissances solides pour l'enseignement et l'apprentissage des concepts géométriques et pour le raisonnement?

Pour notre étude, nous allons suivre le plan suivant :

- Cadre théorique
- Le programme de mathématiques en classe de 6^{e} au Bénin
- Présentation des constructions géométriques prescrites dans le programme d'études de mathématiques en 6^{e}
- Analyse des prescriptions relatives aux constructions géométriques
- Constructions géométriques et programmes de tracé

1. Cadre théorique

Les théories qui servent de soubassement à notre étude sont les suivantes :

- - La théorie des situations didactiques de Brousseau,
- - La géométrie de Kuzniack et Houdement,
- - La transposition anthropologique du didactique de Chevallard.

Théorie des situations didactiques

Brousseau (1996, p. 114) définit le milieu d'une situation comme « *le système antagoniste du système enseigné, ou plutôt, précédemment enseigné* ». Dans le cadre de la mise en œuvre d'un projet tendant à faire réaliser un apprentissage donné, Brousseau (1998), cité par Roy[23], affirmait que, « *le milieu est constitué de tout ce sur quoi l'élève peut agir, tout ce avec quoi l'élève peut agir et de tout ce qui agit sur l'élève* ». Nous voudrions traduire ce modèle de situation par l'illustration suivante proposée par Brousseau (1996, p. 112)

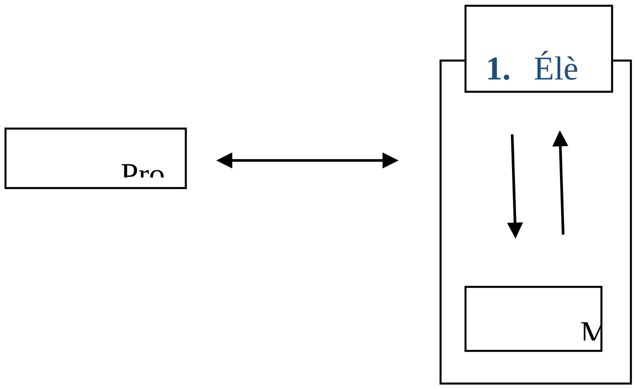
$$\begin{tikzcd} \text{Élève} \arrow[r, shift left=2, "\text{Action}"] & \text{Milieu} \arrow[l, shift left=2, "\text{Rétroaction}"] \end{tikzcd}$$

En référence à la théorie piagétienne, Brousseau (1996, p. 63), écrit :

[23] Roy (2012, p. 15), Usage d'un robot pour la remédiation en mathématiques https://hal.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/921444/filename/rapport_droy_robot.pdf

> L’élève apprend en s’adaptant à un milieu qui est facteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres, un peu comme le fait la société humaine. Ce savoir, fruit de l’adaptation de l’élève, se manifeste par des réponses nouvelles qui sont la preuve de l’apprentissage. (p. 63)

En rapport avec cette affirmation de Brousseau (1996), nous pouvons comprendre qu’au bout de l’apprentissage, l’élève retrouve son équilibre dans sa relation avec le milieu puisqu’il part d’un certain niveau d’équilibre de départ pour un nouvel équilibre en passant par une phase transitoire de déséquilibre. Le professeur a à charge l’organisation du milieu et de l’enseignement qu’il se propose de prodiguer de telle sorte que le passage de l’élève d’un premier niveau d’équilibre au niveau d’équilibre souhaité se fasse de façon optimale et intéressante. Le schéma ci-dessous (Margolinas, 1998, p.2) illustre les interactions entre, d’une part, l’élève et le milieu et, d’autre part, le professeur et le couple (élève, milieu)



Dans son approche de la didactique, Brousseau (1996, p.2) introduit la notion de situation didactique. Pour lui, le terme de situation désigne « *l’ensemble des circonstances dans lesquelles une personne se trouve, et des relations qui l’unissent à son milieu* ». Il précise par ailleurs que la situation didactique est l’environnement de l’élève en lien avec les objectifs d’apprentissage et l’enseignant. Dans une situation didactique, l’intention du professeur de faire développer certaines capacités chez les élèves étant affichée, ces élèves doivent être placés dans de véritables situations de résolution de problèmes leur permettant d’identifier et de mobiliser les ressources nécessaires à la résolution des problèmes posés. En s’inspirant de l’usage des connaissances mathématiques, Brousseau (1996) introduit la notion de situation adidactique pour l’élève.

> L’élève sait bien que le problème a été choisi pour lui faire acquérir une connaissance nouvelle mais il doit savoir aussi que cette connaissance est entièrement justifiée par la logique interne de la situation et qu’il peut la construire sans faire appel à des raisons didactiques. Non seulement il le peut, mais il le doit aussi car il n’aura véritablement acquis cette connaissance que lorsqu’il sera capable de la mettre en œuvre de lui-même dans des situations qu’il rencontrera en dehors de tout contexte d’enseignement et en l’absence de toute indication intentionnelle. (p. 64)

La géométrie de Kuzniack et Houdement

La théorie de Kuzniack et Houdement (p. 201) sur la géométrie est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 1
Extrait des paradigmes géométriques de Kuzniack et Houdement

	Géométrie naturel I	Géométrie axiomatique naturel II
Intuition	Sensible, lié à la perception, enrichie par l'expérience	Liée aux figures
Expérience	Liée à l'espace mesurable	Schéma de la réalité
Déduction	Proche du réel et liée à l'expérience par la vue	Démonstration basée sur les axiomes
Type d'espace	Espace intuitif et physique	Espace physico-géométrique
Statut du dessin	Objet d'étude et de validation	Support du raisonnement et interaction entre le figural et le conceptuel
Aspect privilégié	Evidence et construction	Propriétés et démonstration

La théorie anthropologique du didactique de Chevallard

Nous utiliserons aussi la notion de praxéologie que Chevallard (2009) définit comme suit :

> la structure praxéologique se compose d'un type de tâches T, d'une technique τ, manière d'accomplir les tâches t du type T, d'une technologie θ, discours raisonné (logos) sur la technique (tekhnê) qui est censé rendre τ intelligible en tant que moyen d'accomplir les tâches du type T, enfin d'une composante théorique Θ, qui gouverne la technologie θ elle-même. Une telle praxéologie ponctuelle se note
>
> $[T/\tau/\theta/\Theta]$. Elle comporte une partie pratico-technique $\Pi = [T/\tau]$, ou praxis (que nous pouvons, le cas échéant, nommer « savoir-faire ») et une partie technologico-théorique $\Lambda = [\theta/\Theta]$, ou logos (que nous pouvons identifier à un « savoir » au sens courant du terme). (p. 4)

La résolution des différents problèmes proposés au V (constructions géométriques et programmes de tracé) se situent à travers ces différentes théories.

2. Le programme de mathématiques en classe de 6e au Bénin

Le curriculum de mathématiques en 6e au Bénin est élaboré selon les principes de l’approche par compétences. Deux documents rendent compte, tant dans le fond que dans la forme, des instructions officielles qu’il contient. Il s’agit d’une part, du programme d’études dans lequel figurent, les diverses compétences à développer ainsi que des regroupements de notions et de contenus notionnels connus généralement sous le nom de chapitres et, d’autre part, d’un guide d’enseignement dans lequel figurent les différentes situations d’apprentissage accompagnées de formulations plus ou moins détaillées des contenus disciplinaires du programme.

2.1 Des orientations générales et des compétences

Dans les orientations générales relatives aux programmes d’études de mathématiques au collège au Bénin, il est indiqué entre autres qu’il faut :

- assurer les continuités et la progressivité,
- donner du sens aux concepts,
- initier le plus tôt possible l’élève au raisonnement,
- rendre l’élève actif,
- adapter l’enseignement des mathématiques à l’environnement socioculturel de l’élève,
- s’entraîner à la formulation des démonstrations.

(Extrait du programme de 6e, (2005), Bénin, p.8)

- Les compétences disciplinaires à développer sont au nombre de trois. Elles sont formulées comme suit :
- Compétence disciplinaire n°1 : Résoudre un problème ou une situation-problème en utilisant les concepts et procédures du langage et du raisonnement mathématiques.
- Compétence disciplinaire n°2 : Appréhender la mathématique dans ses aspects géométriques par l’appropriation d’outils et de démarches propres à la géométrie.
- Compétence disciplinaire n°3 : Appréhender la mathématique dans ses aspects numériques par l’appropriation des outils, techniques et procédés conventionnels ainsi que par le traitement des données.

(Extrait du programme de 6e, (2005), Bénin, p. 59, 62, 67)

Il y a aussi deux autres catégories de compétences prescrites : les compétences transversales, au nombre de huit, et les compétences transdisciplinaires, au nombre de six. Voici les libellés de ces compétences :

Compétences transversales

- N°1 : Exploiter l’information disponible.
- N°2 : Résoudre une situation-problème.
- N°3 : Exercer sa pensée.
- N°4 : Exercer sa pensée créatrice.

- N°5 : Gérer ses apprentissages ou un travail à accomplir.
- N°6 : Travailler en coopération.
- N°7 : Faire preuve de sens éthique.
- N°8 : Communiquer de façon précise et appropriée.

Compétences transdisciplinaires

- N°1 : Affirmer son identité personnelle et culturelle dans un monde en constante évolution.
- N°2 : Agir individuellement et collectivement dans le respect mutuel et l'ouverture d'esprit.
- N°3 : Se préparer à intégrer la vie professionnelle dans une perspective de réalisation de soi et d'insertion dans la société.
- N°4 : Pratiquer de saines habitudes de vie sur les plans de la santé, de la sexualité et de la sécurité.
- N°5 : Agir en harmonie avec l'environnement dans une perspective de développement.
- N°6 : Agir en consommateur averti par l'utilisation responsable de biens et services.

(Extrait du programme de 6^{e}, (2005), Bénin, p. 14-53)

Avant d'aller loin, nous voudrions d'abord rappeler que ces programmes sont officiellement qualifiés de programmes par compétences et que les objectifs à atteindre par chaque enseignant de la mathématique au collège au Bénin sont ces compétences. Cela signifie que ce sont ces compétences qui font l'objet des cours que les enseignants développent et ce sont elles que nous devons être en mesure d'évaluer. Or, il se pose le problème suivant : celui du caractère transversal, virtuel et englobant des compétences transversales et transdisciplinaires, mais aussi et surtout des compétences disciplinaires qui, quant à elles, en plus de leur nombre très réduit, c'est-à-dire trois, sont exactement les mêmes de la 6^{e} en 3^{e}. De plus, cela pose, comme nous pouvons nous en peut s'en apercevoir, de réels problèmes d'appréhension de la réalité tangible que nous évaluons et donc des problèmes de conception et d'administration des situations d'évaluation. Le problème que nous soulevons ici est d'autant plus perceptible que des programmes d'études de la mathématique, qui prétendent aussi être de la catégorie des programmes par compétences, prennent la précaution de formuler des compétences comme celle-ci :

« Résoudre les problèmes avec les nombres de 0 à 1000000 en utilisant les quatre opérations ». Cette difficulté pouvait être contournée si l'option suivante avait été prise : celle de formuler un plus grand nombre de compétences disciplinaires, chacune sollicitant des notions suffisamment connexes pour être regroupées.

Exemple : « Résoudre des problèmes de construction géométrique en utilisant les figures symétriques par rapport à une droite »**.**

Ainsi, les compétences formulées au Bénin sont comme des éléments constitutifs non essentiels d'un décor qui pourtant devrait être un outil plus précis et plus utile susceptible d'accompagner l'enseignant dans la préparation de la classe, dans la gestion de la classe, et dans l'évaluation des apprentissages. Seulement, nous pouvons déjà avancer, ne serait-ce qu'au regard des orientations générales et au moins des compétences disciplinaires, que l’observance de ces différentes prescriptions ne peut déboucher sur des résultats conséquents en termes de niveau d’atteinte appréciable des objectifs projetés que si la géométrie prend toute sa place dans le cadre de l’enseignement de la mathématique. Et cela d’autant plus qu’il s’agit entre autres de rendre l’élève actif, de l’initier très tôt au raisonnement et de l’entraîner à la formulation des démonstrations.

2.2 Du poids de la géométrie dans le programme d’étude de 6e

L’analyse du programme d’étude de mathématiques et du guide d’enseignement qui l’accompagne en classe de 6e révèle bien l’importance de la place accordée aux activités géométriques comparativement à celles des activités numériques. Dans le tableau ci-dessous, nous présentons les pourcentages des formulations détaillés (équivalent aux savoirs et savoir-faire) des activités numériques et géométriques contenues dans le guide d’enseignement par rapport à l’ensemble des formulations détaillées à faire exploiter par les enseignants en mathématiques en classe de 6e. Nous avons choisi de considérer comme formulation détaillée en classe de 6e par exemple en géométrie : « construction de symétriques de points alignés" et en algèbre " caractère de divisibilité par 2, 3, 4, 5, 9, 25, 10, 100, 1000 ».

Tableau 2
Pourcentages des formulations détaillées des activités numériques et des activités géométriques en classe de 6e

	Activités numériques		Activités géométriques		Total
	Nombre	%	Nombre	%	
Classe de 6e	43	29	10 3	71	1 46

Cela signifie qu’en classe de 6e, nous avons dénombré au total 146 formulations dont 43 pour les activités numériques et 103 pour les activités géométriques qui représentent 71% de l’ensemble des formulations de la classe de 6e. Au vu des résultats obtenus, nous pouvons dire que le programme de mathématique en classe de 6e accorde une place prépondérante à l’enseignement et à l’apprentissage de la géométrie. En plus, compte tenue de l’importance déjà avérée de la géométrie dans le programme, les enseignants devraient ainsi accorder aux activités géométriques une attention conforme au texte du programme.

2.3 Les prescriptions relatives aux activités géométriques dans le programme d’études du Bénin en 6e

Voici les instructions spécifiques aux activités géométriques du programme d’études de mathématiques de la classe de 6e au Bénin.

La géométrie étant un domaine privilégié pour mettre les élèves en activité et leur apprendre à argumenter, les activités géométriques occupent encore en sixième une place importante dans les programmes.

Les activités géométriques seront pour l’élève l’occasion :

- de manipuler les instruments,

- de réaliser des tracés à main levée,
- d'utiliser un vocabulaire spécifique,
- d'acquérir de nouvelles connaissances sur les configurations de l'espace, les configurations du plan et les applications du plan.

(Extrait du programme de 6e, Bénin, p.9)

Nous allons maintenant nous intéresser à la place et au rôle des constructions géométriques dans les programmes d'études de mathématiques au Bénin.

3. Présentation des constructions géométriques prescrites dans le programme d'études de mathématiques en 6^e

Nous voudrions préciser d'abord que les documents qui rendent compte des instructions officielles relatives au programme d'études de mathématiques en classe de 6^e sont au nombre de deux : le premier, le programme d'études qui contient des compétences prescrites avec des listings de contenus notionnels et, le second, le guide d'enseignement qui contient les situations d'apprentissage au nombre de quatre. Officiellement, la situation d'apprentissage est définie comme :

> un document dans lequel figure un ensemble de tâches et de consignes avec leurs indications pédagogiques respectives, tâches et consignes auxquelles l'enseignant soumet l'élève par des stratégies d'enseignement appropriées afin de le rendre compétent en lui faisant construire, transférer et réinvestir le savoir.
>
> Ce document fournit aussi des renseignements sur le contenu de la formation, la durée, le matériel et les stratégies d'enseignement /apprentissage

(Extrait du programme de 6e, (2005), Bénin, p.4)

Chaque situation d'apprentissage est présentée sous forme de deux colonnes. La première est relative aux contenus notionnels et la seconde aux indications pédagogiques. Ces instructions nous permettront de dégager le rapport institutionnel aux constructions géométriques.

Voici les formulations relatives aux constructions géométriques en classe de 6^e.

Tableau 3
Extrait des programmes de 6^e, (2005), Bénin

Contenus notionnels	Formulations au niveau des constructions géométriques
Droites du plan (droites, demi-droites, droites sécantes, perpendiculaires,	1- Tracer la droite passant par deux points donnés. 2- Tracer une demi-droite d'origine donnée. 3- Tracer deux demi-droites opposées. 4-Construire à l'aide de la règle et de l'équerre deux droites

parallèles)	perpendiculaires. 5- Tracer deux droites parallèles à l'aide de la règle et de l'équerre. 6- Construire à l'aide de la règle et de l'équerre la droite parallèle à une droite donnée et passant par un point donné. 7- Tracer à main levée une perpendiculaire à une droite donnée. 8-Tracer à main levée une parallèle à une droite donnée.
Segments de droite (longueur de segment milieu d'un segment, médiatrice d'un segment)	9- Tracer un segment d'extrémités données. 10-Tracer un segment de longueur donnée. 11-Déterminer approximativement à l'aide de la règle graduée , le milieu d'un segment donné. 12- Construire à la règle graduée et à l'équerre la médiatrice d'un segment. 13- Tracer une hauteur, une médiatrice d'un triangle.
Cercle	14- Tracer un cercle de centre et de rayon donnés. 15- Construire un triangle connaissant les longueurs des trois côtés.
Angle	16- Construire à l'aide de la règle et du rapporteur un angle de mesure donnée inférieure à 180°. 17- Tracer la bissectrice d'un angle donné à l'aide du rapporteur et de la règle. 18-Tracer une bissectrice d'un triangle. 19- Construire un triangle ABC connaissant les longueurs des côtés [AB] et [AC] et la mesure de l'angle $\widehat{BAC}$. 20- Construire un triangle ABC connaissant la longueur du côté [AB] et les mesures des angles $\widehat{BAC}$ et $\widehat{ABC}$.
Triangle	21- Tracer une hauteur, une médiatrice, une bissectrice d'un triangle.
Parallélogramme	22- Construire à l'aide de la règle, du compas et de l'équerre un

	rectangle, un carré, un losange.
Figures symétriques par rapport à une droite	23- Construire à la règle et à l'équerre le symétrique d'un point par rapport à une droite. 24- Tracer éventuellement à main levée ces axes de symétrie. 25- Construire le symétrique d'une droite, d'un segment, d'un triangle par rapport à une droite donnée (suivant les cas : par pliage, à main levée, à l'aide de la règle, du compas et de l'équerre).
Figures symétriques par rapport à un point	26- Construire à la règle et au compas le symétrique d'un point par rapport à un point donné. 27- Construire à la règle et au compas le symétrique par rapport à un point donné d'une droite, d'un segment, d'un angle, d'un triangle.
Glissement	28- Construire l'image d'une figure dans un glissement donné.

À travers ce tableau, nous nous apercevons bien que les constructions géométriques occupent une place importante dans le programme d'études de la classe de 6^{e}.

4. Analyse des prescriptions relatives aux constructions géométriques

Au regard des différentes prescriptions relatives aux constructions géométriques de la classe de 6^{e} et considérant, d'une part, les orientations générales et la compétence disciplinaire n°2 et, d'autre part, les prescriptions relatives aux activités géométriques, nous pouvons dire que le rôle attribué aux constructions géométriques est perceptible à travers les points suivants des orientations générales :

- donner du sens aux concepts,
- initier le plus tôt possible l'élève au raisonnement,
- rendre l'élève actif,
- s'entraîner à la formulation de la démonstration.

Nous voudrions associer, à ces différents points, les suivants pour ce qui est des instructions relatives aux activités géométriques :

- mettre les élèves en activités et leur apprendre à argumenter,
- manipuler les instruments,
- réaliser des tracés à main levée.

Les constructions géométriques, au regard de l'ensemble des productions que leur gestion nécessite, sont à notre sens l'une des catégories d'activités qui contribueraient à l'atteinte de ces points. En effet, ces constructions géométriques nécessitent de façon incontournable que l'élève, tout en donnant du sens aux concepts :

- soit actif, capable de manipuler des instruments et de réaliser des tracés à main levée,
- soit initié le plus tôt possible au raisonnement, qu'il s'entraîne à la formulation des démonstrations et qu'il apprenne à argumenter.

Lorsque nous considérons, par exemple, la notion d'axe de symétrie, la visualisation par l'élève d'un dessin d'une figure ayant au moins un axe de symétrie contribue à donner du sens à la notion d'axe de symétrie et à consolider les connaissances relatives à cette notion par l'élève. Rendre l'élève actif n'est pas seulement l'amener à s'inscrire dans une activité gestuelle : cela signifie aussi l'installer dans des conditions telles qu'il soit à même de formuler une démonstration et d'argumenter. Lorsque l'élève, par exemple à partir de la description d'une situation relative à une figure ou à une configuration, réussit à produire à main levée ou avec des instruments un dessin codé à analyser, alors, il se crée des conditions favorables pour se construire des connaissances.

5. Constructions géométriques et programmes de tracé

La pratique, d'une part, de rédaction de programmes de tracé et, d'autre part, de réalisation d'un dessin représentant une figure géométrique à partir d'un programme de tracé peut être un point d'appui pour l'apprentissage de la démonstration. C'est ce que souligne (Houdebine, 1998, p. 95) :

Pour apprendre à lire et à écrire des démonstrations, les élèves vont tout naturellement s'appuyer sur les connaissances acquises en lisant et en écrivant d'autres textes. Il est donc utile de développer autant que possible leur expérience dans ce domaine. C'est pourquoi dès la sixième, toutes les occasions de lecture ou d'écriture de textes mathématiques doivent être saisies : solutions de problèmes, programmes de construction, narrations de recherche, énoncés de problèmes.

Nous avons choisi de présenter dans cette partie trois exercices et un test. Le premier exercice porte sur la réalisation d'un dessin à partir d'un programme de tracé, le deuxième a trait à la rédaction d'un programme de tracé d'un dessin donné et le troisième a rapport à la validation par la géométrie G1 de Kuzniack. Le test concerne la rédaction d'un programme de tracé qui n'est pas simple, mais qui nécessite de convoquer des objets géométriques en relation entre eux et est proposé à 150 élèves de la classe de 6^{e}.

Exercice 1

Fais un dessin de la figure suivant le programme de tracé suivant :

(1) Tracer un triangle ABC rectangle en A tel que : AB = 4 cm et AC = 3cm.

(2) Place le point I milieu du segment [AB]

(3) Trace la droite Δ parallèle à (AC) passant par le point I.

Voici un dessin de la figure à représenter.

Figure 1

Quel type de démonstration pouvons-nous demander à un élève de 6e à partir de ce dessin représentant une figure?

Nous pourrons demander à un élève de 6e de démontrer que la droite Δ est la médiatrice du segment [AB].

Les connaissances nécessaires à la résolution de ce problème sont les suivantes :

- La propriété suivante : « lorsque deux droites sont parallèles, toute droite perpendiculaire à l'une est perpendiculaire à l'autre. »,
- La définition de la médiatrice d'un segment de droite.

Exercice 2

Rédiger un programme de tracé permettant d'obtenir la figure suivante.

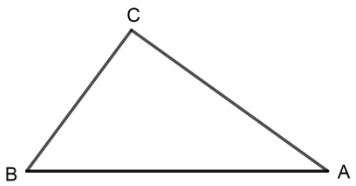
Figure 2

Exercice3

Construis un triangle ABC tel que : AB = 5 cm mes $\widehat{\boldsymbol{BAC}}$ = 54° et mes $\widehat{\boldsymbol{ABC}}$ = 35°.

Pouvons-nous dire que le triangle ABC est rectangle ?

Voici un dessin de la figure 3 demandée



Avec la perception, enrichie par le mesurage, par exemple, avec le rapporteur (Géométrie G1 de Kuzniack), nous pouvions conclure que le triangle ABC est rectangle en C alors que l'angle $\widehat{\boldsymbol{BCA}}$ mesure 101°

Test aux élèves

Dans la figure ci-dessous, A, B et C sont trois des sommets d'un parallélogramme ABCD. Le point D ne figure pas sur le dessin.

Rédiger un programme de tracé permettant de construire la droite (BD) sans sortir du cadre.

Objectif

Nous visons le principal objectif suivant : vérifier si les élèves peuvent élaborer un texte tenant lieu d'un programme de construction.

Pré-requis

Voici ce qu'on peut considérer comme prérequis des élèves :

- Technique de construction du milieu d'un segment à l'aide de la règle graduée.
- Propriété caractéristique des diagonales d'un parallélogramme.

Praxéologie attendue

Le type de tâches au test est le suivant : « Construire la diagonale d'un parallélogramme avec certaines contraintes ».

Présentons un dessin de la figure à réaliser.

Figure 5

Présentons une analyse praxéologique, au sens de Chevallard (2009), du problème.

Tableau 4
Organisation mathématique relative au test

Type de tâches	Techniques	Éléments technologiques
Construire la diagonale d'un parallélogramme avec certaines contraintes	1- Tracer la diagonale [AC]. 2- Prendre avec la règle graduée la mesure de la longueur de la diagonale [AC]. 3- Toujours avec la règle graduée, marquer le point I milieu de la diagonale [AC] après avoir déterminé le quotient de la mesure de [AC] par 2. 4- Tracer la portion de la demi-droite [BI) présente sur la feuille. Elle est la portion de la diagonale demandée.	- Définition du milieu d'un segment. - Propriété caractéristique des diagonales du parallélogramme.

Toute validation possible doit être basée sur une articulation entre les techniques et les éléments technologiques. En voici une :

Le quadrilatère ABCD est un parallélogramme donc ses diagonales [AB] et [CD] se coupent en leur milieu. En construisant le milieu I de [AC], nous obtenons du coup deux points distincts de la droite support de la diagonale [BD]. En conséquence, le tracé de la demi-droite [BI] permet de matérialiser sur la feuille la portion de [BD] demandée.

Caractérisation du type de tâches

- Nous dégageons les données suivantes du problème : un dessin représentant une portion d'un parallélogramme ABCD dont nous n'avons matérialisé entièrement que les côtés [BC] et [BA] avec des portions des côtés [AD] et [CD].
- Nous n'avons qu'un seul instrument à utiliser, la règle graduée.
- La figure à construire est le tracé de la portion de la diagonale [BD] contenue sur la feuille.

Les contraintes sont relatives à l'impossibilité de matérialiser, dans les limites de la feuille, le quatrième sommet du parallélogramme ABCD. L'imposition de la règle graduée comme unique instrument à utiliser vient du fait que le programme d'études de mathématique de la classe de 6^{e} ici au Bénin n'autorise que l'utilisation de la règle graduée pour la matérialisation du milieu d'un segment de droite à partir de la mesure de sa longueur. Mais, en dehors de cette contrainte institutionnelle, l'utilisation ou la limitation de certains instruments permet parfois d'avoir de vrais problèmes de constructions géométriques.

Résultats du test

La production des élèves des classes de 6e soumis à ce test est examinée par rapport à certains critères, conformément, principalement à la figure à réaliser et au programme de construction de cette dernière. Nous présentons dans le tableau ci-dessous les effectifs et les pourcentages correspondants de ces productions satisfaisant aux critères respectifs considérés.

Tableau 5
Nombres et pourcentages des productions satisfaisant aux critères respectifs considérés

Catégories	**Critères**	**Test**	
		bre	
Dessin à réaliser	C_1-Dessin inexistant		
	C_2- Dessin partiellement valide	**1**	**4**
	C_3- Dessin valide	**5**	**3**
Programme de construction	C_4-Présence d'un programme de construction	**7**	**4**
	C_5-Respect des données	**5**	**3**
	C_6-Respect des contraintes	**5**	**3**
	C_7-Respect des instruments	**5**	**3**
	C_8-Respect de la figure finale à construire	**5**	**3**
	C_9-Texte du programme de construction ne faisant référence qu'aux règles de traitement dans le registre du dessin géométrique		
	C_{10}-Programme de construction valide seulement du point de vue de la forme		
	C_{11}-Programme de construction valide seulement du point de vue du fond		
	C_{12}-Programme de construction valide tant dans le fond que dans la forme		

Catégories	Critères	Test	
		bre	
Bilan	C_{13}-Résolution complète et correcte du problème de construction conformément à l'analyse a priori		

Analyse du résultat

Le résultat obtenu peut s'expliquer par le fait que :

- les élèves sont très peu familiers aux problèmes de construction géométrique, ce qui vient conforter l'hypothèse que cette catégorie de problèmes est très peu travaillée par les professeurs et que les programmes d'études de mathématiques n'en disent pratiquement rien explicitement,
- les élèves n'ont presque pas de connaissances assez solides pour affronter avec succès les objets en jeu et les exigences de ce type de problèmes.

CONCLUSION

Notre étude a porté sur la place et le rôle des constructions géométriques pour l'enseignement et pour l'apprentissage de la mathématique en classe de 6e. L'exploration du programme d'études de mathématiques de la classe de 6e, nous a permis de repérer la place des constructions géométriques ainsi que le rôle à leur dévolu dans ledit programme. La pratique des constructions géométriques facilite sans doute la manipulation à bon escient des instruments de géométrie et permet la lecture ou l'écriture des textes mathématiques à travers la rédaction des programmes de tracé. Nous situons aussi les constructions géométriques comme un appui à l'apprentissage de la démonstration.

Au regard de tout ce qui précède, nous pouvons donc dire qu'à travers notre étude, les constructions géométriques peuvent, dès la classe de 6e, permettre de construire des connaissances solides pour l'enseignement et l'apprentissage des concepts géométriques et pour le raisonnement.

Néanmoins, ce travail a besoin d'être poursuivi par l'élaboration d'autres ingénieries didactiques sur les constructions géométriques suivies d'expérimentations en classe de 6e.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BROUSSEAU, G. (1997), La théorie des situations didactiques. http://math.unipa.it/~grim/brousseau_montreal_03.pdf

CHEVALLARD, Y. (2009), La TAD face aux professeurs de mathématiques. http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/La_TAD_face_au_professeur_de_mathematiques.pdf

GBAGUIDI F. (2015) La place et le rôle des problèmes de construction géométrique dans l'enseignement et dans l'apprentissage de la mathématique au cours secondaire au Bénin, doctorat, université d'Abomey-calavi, 396 pages

HOUDEBINE et ALL, (1998), Démonstration. Ecrire des mathématiques au Collège et au Lycée, Hachette

HOUDEMENT C. et KUZNIAK A.(2001), Gestion des paradigmes géométriques, Acte du colloque de la Cpirelem de tours, 295 pages

HOUDEMENT C. et KUZNIAK A. (2006), Paradigmes Géométriques et Enseignement de la Géométrie, Annales de didactique et de Sciences Cognitives, volume 11, IREM De Strasbourg.

PROGRAMME SCOLAIRE ET MANUEL SCOLAIRE

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRES-BENIN (2005) Programme d'études et guide d'enseignement. Classe de sixième.

TRIANGLE (2005). Mathématiques Sixième. Hatier.

SUR LA NÉCESSITÉ DE LA FORMATION CONTINUE DES PROFESSEURS DES MATHÉMATIQUES AU SECONDAIRE EN RDC

Emmanuel HATEGEKIMANA LUANDA
Université de Goma (RDC) José INDENGE Y'ESAMBALAKA
Université Pédagogique Nationale (RDC)

RÉSUMÉ

L'analyse de pratiques enseignantes en formation initiale des professeurs de mathématiques en République Démocratique du Congo montre que la formation pour les initier à l'usage combiné des connaissances qu'ils apprennent est lacunaire. La conséquence est que l'enseignement est livresque et caractérisé par des exposés magistraux. L'articulation des connaissances mathématiques et didactiques est un exercice mental à faire acquérir dans la formation initiale ou continue pour aider le professeur dans sa carrière et s'avère utile et une nécessité dans la détermination ainsi que la mise en œuvre du texte d'enseignement pour une bonne éducation mathématique. Pour cela, les connaissances théoriques mathématiques et didactiques doivent être renforcées du côté des nouvelles théories de la didactique et de l'histoire des savoirs mathématiques en formation initiale ou continue.

MOTS CLÉS

Articulation des connaissances, pratiques professionnelle, formation initiale, formation continue.

ABSTRACT

The teaching practical analysis in initial training of mathematics teachers in DRC proves that the combined knowledge usage that they learn is lacunar. The consequence is that the teaching is bookish and is characterize by magisterial expositions. The didactic and mathematics knowledge articulation is mental exercise to make acquire in the initial or permanent training to help the teacher of mathematics in his teaching career and is important and needs today in the determination of the implementation of the teaching text for a good mathematics education. Thus, the mathematic and didactic theoretical knowledge should be reinforce on the side of the new didactic and historical theory of mathematics knowledge in initial or continual training.

KEYWORDS

Knowledge articulation, professional practice, initial training, permanent training.

INTRODUCTION

L'enseignement des mathématiques en République Démocratique du Congo (RDC) en particulier et en Afrique en général est actuellement caractérisé par un certain nombre des difficultés qui se constate dans la baisse du niveau et le désintéressement des élèves aux sciences mathématiques. En effet, des recherches conjointes Inspection et IREM ont abouti au constat que l'enseignement de mathématiques dans nos écoles n'est pas de bonne qualité. Cela a pour conséquences immédiates le taux d'échecs scolaires en hausse, le dégoût et le manque d'intérêt des jeunes à embrasser les filières des sciences en général et des mathématiques en particulier. Les causes à la base sont multiples notamment la sous qualification scientifique et/ou pédagogique des enseignants, la non maîtrise des programmes et des contenus des matières, l'inadéquation de conditions didactiques au savoir qui est enseigné, la carence des manuels scolaires adaptés et de matériels didactiques appropriées et les conditions de travail difficiles de l'enseignant. Cela nous a amené, comme participants aux recherches en question et formateurs des enseignants du secondaire, à nous intéresser au type de formation donnée aux futur professeurs de mathématiques pour déceler les manquements à cette formation qui fait que ces enseignants ne soient pas capables d'articuler leurs connaissances pour bien former leurs élèves.

Pour y arriver, nous partons des résultats des observations résumant les problèmes que rencontrent les professeurs dans l'exécution de leurs tâches quotidiennes dans des écoles de la ville de Kinshasa. Ces résultats obtenus nous ont poussés à interroger le type de formation, car nous supposons par hypothèse que le type de formation que reçoit un futur professeur dicte ses praxéologies futures dans sa carrière. De la confrontation des conclusions des observations sur terrain et des analyses de la formation, nous pourrons conclure sur l'impact du contenu de la formation sur les praxéologies des professeurs en classes de mathématiques. En effet, l'enseignement est une profession exigeante qui nécessite que ses pratiquants aient une bonne formation à la fois intellectuelle et morale. Il est caractérisé par quatre attributs :

- Une base de connaissances à la fois assez générale mais aussi relativement spécifique à l'exercice de la profession,
- Des individus qui ont le souci de servir l'intérêt général de la profession plutôt que leur intérêt particulier,
- Un code éthique qui organise les comportements des professionnels vis-à-vis de leurs clients,
- Un système de rétribution ou d'honoraires correspondant de manière effective aux services rendus.

L'enseignant doit donc être muni de connaissances disciplinaires qu'il doit transmettre aux élèves et les didactiques de ces disciplines qui lui permettent de les communiquer à bon escient afin d'amener les élèves à se les approprier. Il doit ensuite, non seulement avoir une bonne intention et l'amour de former correctement les élèves avec une bonne morale dans son comportement mais aussi, il doit être bien rémunéré pour le service qu'il rend à la société. Il est possible que ces exigences, qui sont loin d'être applicables en RDC, doivent constituer des conditions préalables à l'organisation d'un bon enseignement.

1. Cadre théorique

La didactique des mathématiques étudie les processus de transmission et d'acquisition des différents contenus de cette science, surtout en situation scolaire. Elle a pour but la description et l'explication des phénomènes liés aux rapports entre l'enseignement et l'apprentissage et ne se réduit pas à la recherche des bonnes manières d'enseigner. Le système enseignement-apprentissage étant constitué de l'élève, du contenu et de l'enseignant, ce dernier a la responsabilité de transformer et de contextualiser le contenu enseignable pour que l'élève puisse se l'approprier comme sa propre connaissance. La didactique définit alors les mécanismes de transformation et d'acquisition des savoirs scientifiques et détermine les meilleures conditions de son fonctionnement dans le système éducatif mathématique. Le projet de la didactique comme discipline spécifique est donc d'analyser les processus d'enseignement et d'apprentissage d'une connaissance à l'œuvre dans des situations éducatives, à la fois pour contribuer à la constitution d'un savoir scientifique sur les conditions de formation et de développement des humains et pour tenter d'identifier des voies d'amélioration des systèmes et des démarches d'enseignement. Ce développement humain peut aussi concerner la formation initiale des enseignants qui sont appelés à mettre en œuvre le projet scolaire de l'enseignement ou la formation continue pour améliorer les pratiques enseignantes.

La mathématique est une science hypothético-déductive qui, en développant un langage autonome, élabore et étudie des notions abstraites liées les unes aux autres. Ces notions sont souvent capables de fournir des modèles et des processus opératoires permettant de mieux comprendre de nombreux aspects du monde observable, particulièrement lorsque peuvent être invoquées des idées de quantité, de forme et de partie de quelque chose. Les mathématiques, même si leur objectif reste de modéliser le réel, possèdent une certaine autonomie de développement et, de ce fait, pose des problèmes particuliers à leur didactique. Cette dernière développe des recherches de type historique, théorique, descriptif ou expérimental et met en place des démarches d'intervention de l'ordre de l'expertise (des objectifs, des programmes, des manuels) pouvant concerner la formation des enseignants ou l'élaboration de nouvelles techniques d'enseignement. C'est en cela que nous situons notre recherche sur la nécessité de l'initiation du professeur et de l'enseignant de mathématiques aux praxéologies enseignantes pour faire face aux défis de sa carrière.

Les problèmes de la nature abstraite de contenus d'enseignement et leur interprétation par les professeurs, c'est-à-dire les questions de la transposition didactique et l'usage des situations d'enseignement, se posent avec acuité dans la transmission scolaire des connaissances mathématiques. Au début du siècle passé, Henri Lebesgue était déjà préoccupé par les conditions de l'enseignement et de la formation des professeurs de mathématiques. Des efforts institutionnels se sont alors déployés vers les années 1960-1970 et ont abouti à des quantités des résultats statistiques qui se sont révélés non satisfaisants. Il s'agit notamment de la création et de la mise en œuvre des institutions de formation des professeurs du secondaire. C'est ainsi qu'en République Démocratique du Congo, nous avons assisté à la création des Instituts Supérieurs Pédagogiques (ISP). Le programme de formation étant basé sur les paradigmes de la pédagogie, le problème de l'enseignement a persisté surtout dans les domaines des sciences et en mathématiques et ce n'est qu'à partir des années 1970-1980 que des chercheurs se sont penchés sur des questions de la didactique des mathématiques et ont développé des théories actuellement porteuses d'espoirs pour la résolution de ces problèmes : la théorie des situations didactiques (TSD) et la théorie anthropologique de la didactique (TAD). Cependant, il s'avère que ces théories n'ont pas encore percé les pratiques enseignantes dans les milieux scolaires de nos pays, car les programmes restent axés sur la pédagogie.

Dans la formation initiale du futur professeur, deux aspects doivent être de mise prioritairement pour l'outiller, le préparer et l'initier à articuler ses connaissances pour un bon enseignement. Il s'agit de la formation épistémologique pour les savoirs disciplinaires savants et la formation didactique pour les techniques de communication de ces savoirs qui interviennent plus concomitamment dans l'exécution des tâches de l'enseignement-apprentissage en classe. L'épistémologie du professeur et ses expériences appellent donc sa cognition dans ses pratiques qui doivent influencer ses actions en classe. Ce qui fait évoquer le modèle de recherche élaboré en 1990 par Schatz et Grouws et rappelé par M. Bosch et J. Gascon (Actes de la 11ème école d'Eté, 2002, p. 26), centré sur trois variables indépendantes et explicatives relatives au comportement du professeur :

- La connaissance du professeur à laquelle nous attribuons trois composantes : la connaissance du contenu mathématique, la connaissance pédagogique des méthodes d'enseignement et la connaissance des mécanismes par lesquels les élèves comprennent et apprennent un contenu donné, c'est-à-dire de la didactique.

- Les croyances du professeur qui ont deux composantes, à savoir les croyances vis-à-vis de ce que sont les mathématiques et celles à propos de l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.
- Les attitudes du professeur qui appartiennent généralement au domaine du « non cognitif » qui ne peuvent se réduire à des connaissances préalables.

Le professeur est donc tenu, pour bien mener ses actions en classe, à articuler et à combiner une diversité des connaissances scientifiques, didactiques, pédagogiques, psychologiques, culturelles et des habiletés issues de ses connaissances de base comme il les a apprises et qu'il vit avec les connaissances sur l'enseignement et l'apprentissage en classe. Sa culture devra donc être bien outillée par une formation de qualité sur les connaissances à enseigner, leur nature, leur genèse et leurs différentes applications afin de pouvoir déterminer aisément des mécanismes appropriés pour les faire acquérir à ses élèves dans un contexte d'apprentissage (Hategekimana : 2016, p. 43). Nous nous plaçons dans le cadre de l'articulation des connaissances de mathématique et de la didactique dans le processus enseignement-apprentissage des mathématiques et nous partons du constat des difficultés éprouvées par les professeurs en classe entraînant des échecs scolaires lors des Examens d'Etat et des difficultés d'apprentissage des élèves, constatées à l'entrée de l'université, et en conséquence de la disparition progressive des options math-physiques, options souvent converties en options pédagogiques.

Pour en savoir les motifs, nous nous proposons d'évaluer l'état de la formation des professeurs de mathématiques au secondaire pour les difficultés qu'ils rencontrent dans leurs praxéologies. Cela nous permettra de justifier le recours à la formation continue et la réforme des programmes de formation initiale, car les enseignants doivent apprendre à se servir des nouvelles théories didactiques pour acquérir la nouvelle conception didactique de l'enseignement en lieu et place de la conception pédagogique prônée actuellement. Pour cela, nous examinons d'abord les praxéologies des professeurs en classe à travers les observations dans les écoles secondaires de Kinshasa et la formation initiale dans les Instituts Supérieurs Pédagogiques (ISP) pour en dégager les problèmes qui se posent.

Parlant de l'historique de la formation continue qui a commencé d'abord par le contenu épistémologique des mathématiques modernes pour enfin s'étendre sur l'aspect didactique, les didactiques se sont construites et imposées au départ de remises en cause des disciplines scolaires. Bien plus, ce sont des véritables foyers épistémologiques, sur les savoirs des disciplines scolaires, qui ont provoqué des questionnements et des interrogations de plus en plus didactiques au fil des années. Une réflexion limitée aux savoirs scolaires ne suffisait plus à ces enseignants pour résoudre leurs problèmes d'enseignement et d'apprentissage par leurs élèves de ces mêmes savoirs (Jonnaer, 1997, p. 6). De tels problèmes se posent aussi dans notre pays et demandent d'être résolus afin d'améliorer les pratiques enseignantes de et faciliter l'apprentissage des mathématiques, ce qui motive notre recherche.

2. Analyse des praxéologies en classe des mathématiques

Il est constaté, depuis plus d'une décennie, une baisse de niveaux des élèves dans les cours de mathématiques, caractérisés par des échecs à l'Examen d'Etat et la plainte des enseignants de l'Enseignement Supérieur et Universitaire en République Démocratique du Congo. Conscient de cette situation, l'Inspection Générale de l'Enseignement Primaire et Secondaire, en collaboration avec l'Institut de Recherche en Enseignement des Mathématiques de l'Université Pédagogique National (IREM/UPN), ont décidé l'envoi sur terrain, du 6 au 9 mars 2017, d'une équipe mixte formée des membres de deux institutions pour suivre la pratique des enseignements du cours de mathématiques dans quelques écoles de Kinshasa. Le but était d'établir un état de lieux clair et précis sur le plan scientifique et pédagogique, notamment sur la qualité des enseignements dispensés dans le cours de mathématiques à l'école secondaire.

Pour l'analyse des praxéologies observées, nous nous référons aux niveaux d'activités du professeur tels que décrits par Margolinas (2002, p. 142) affirmant que la formation des professeurs de mathématiques sur l'usage de leurs connaissances dans leurs praxéologies, en ce qui concerne l'interaction entre ses différentes connaissances, tient compte des niveaux praxéologiques de l'exécution des tâches d'enseignement à savoir :

- Le niveau noosphérien ou idéologique (+3) qui caractérise les réflexions de façon généralisée à l'enseignement des mathématiques (formation générale) en déterminant la prévision des matières et de l'agencement des différentes notions prévues sur le programme scolaire,
- Le niveau de construction (+2) caractérisant la conception des grandes lignes de l'enseignement d'un thème donné par la recherche des situations fondamentales pour l'enseignement de cette connaissance, la recherche de la problématique faisant l'objet de l'enseignement (ingénierie), bref au niveau de la recherche des situations qui contextualisent le savoir à enseigner,
- Le niveau du projet de leçon (+1) correspondant à la détermination et à l'organisation des contenus d'enseignement lors de la préparation immédiate de la leçon, c'est-à-dire lors de l'établissement du texte d'enseignement,
- Le niveau didactique (0) qui caractérise l'action du professeur en classe, lieu d'interaction entre le professeur et les élèves lors de la mise en œuvre des enseignements pour amener les élèves à s'approprier le savoir visé,
- Le niveau de l'observation des élèves (-1) lors de la dévolution, où le professeur observe les activités des élèves surtout pendant les séances d*e renforcement, d'exercices ou de contrôle des connaissances.*

Il est donc important que le professeur maîtrise d'abord la théorie des situations didactiques et qu'il sache articuler ses connaissances didactiques, mathématiques, psychologiques et culturelles à tout instant de ses pratiques professionnelles. Ce sont ces qualités qui doivent faire de lui un bon enseignant et l'aider à amener ses élèves à s'approprier des connaissances qu'il leur transmet au quotidien et que la formation est tenue de lui fournir.

Pour savoir comment les professeurs assurent leurs enseignements en classe, nous avons observé, en quatre équipes composées des chercheurs de l'Institut de Recherche en Enseignement des Mathématiques (IREM) de l'Université Pédagogique de Kinshasa (UPN) et des inspecteurs de l'Enseignement Primaire et Secondaire, plusieurs leçons dans plusieurs écoles de la ville de Kinshasa en RDC. Il se dégage de la mise en commun des observations faites dans les classes de mathématique et des niveaux d'activités décrits par Margolinas ce qui suit :

- Le problème d'applicabilité du programme national entretenu même par l'inspection générale entraîne une certaine disparité des contenus d'enseignement. Les enseignants se plaignent des volumes exorbitants des matières pour des volumes horaires sensiblement réduits par des préfets ignorant l'importance des mathématiques dans la formation des élèves. Aussi, la gestion du temps didactique pose des problèmes qui aggravent la situation

(Hategekimana L. & Kimengele J., 2007) et les indications méthodologiques parlent de l'usage des situations-problèmes que les enseignants ne connaissent pas, le paradigme de l'enseignement étant pédagogique et non didactique. D'où une anomalie caractérisant des problèmes du niveau (+3) de l'organisation des activités du professeur des mathématiques,

- L'usage des propriétés des savoirs scolaires fonctionne mal dans l'enseignement, ce qui conduit au problème de construction des contenus en tenant compte du sens des notions à enseigner. Il n'est mis aucun effort pour enseigner le sens des concepts de base et de dégager les propriétés de ces concepts avant de les appliquer dans les calculs. Ce qui fait que l'enseignement des algorithmes de calculs prend le dessus sur le sens des savoirs à enseigner. Plus de 80% des leçons suivies étaient des leçons d'exercices et le sens des opérations utilisées n'était pas dégagé. Il y a donc des difficultés sérieuses dans la conception des grandes lignes de l'enseignement d'un thème donné par la recherche des situations fondamentales pour l'enseignement de cette connaissance, la recherche de la problématique faisant objet de l'enseignement, c'est-à-dire de l'ingénierie. Bref, il y a des difficultés au niveau (+2) de la recherche des situations qui contextualisent le savoir à enseigner et de la détermination de l'ossature des contenus quand bien même ils élaborent des prévisions des matières,
- Le problème de langage et de la logique dans la pratique enseignante concernant le professeur et les élèves se pose notamment à travers les négociations quasi inexistantes. Aussi, l'articulation des connaissances, en rapport avec les connaissances déjà acquises, se pose avec acuité dans le processus d'enseignement en classe de mathématiques. Toutefois il s'est observé le souci de faire travailler les élèves pour un meilleur apprentissage. Cela entraîne les problèmes de la gestion des variables de l'enseignement, de l'exploitation des erreurs des élèves et de tout ce qu'ils font pour les aider à les surmonter ainsi que de l'exploitation des prérequis. L'élève ne peut pas contredire l'enseignant, car la communication est unilatérale et caractérisée par la méthode expo-interrogative. Cela prouve qu'il y a un problème au niveau de la détermination du contenu d'enseignement qui devra être mis en œuvre en classe (+1) et de sa mise en œuvre effective en classe (+0) et (-1), problème souvent interprété comme manque de conscience dans la préparation et l'accomplissement des tâches du métier de l'enseignement entraînant les improvisations des leçons d'exercices,

Il résulte de ces difficultés une problématique de niveaux d'activités résultant de leur formation à laquelle ces enseignants sont confrontés dans leur carrière et pour laquelle ils n'arrivent pas à trouver des réponses ou des solutions : ils ont des difficultés à construire leurs leçons et à faire assimiler aux élèves les concepts de base en mathématique.

3. Analyse de la formation initiale

En RDC, la formation mathématique dans les ISP s'étale sur tout le cursus académique pour donner au futur professeur de mathématiques une banque des connaissances savantes afin de le munir des compétences nécessaires pour exercer sa carrière. Elle s'étend du début à la fin du cursus et comprend l'analyse, la géométrie, l'algèbre, la logique, les probabilités et la statistique. Jusqu'en 2005, ces cours avaient beaucoup d'heures dans les deux premières années, ce qui permettait de faire beaucoup d'exercices et de mieux faire comprendre le contenu, mais ces heures ont été revues à la baisse. Cela a eu une mauvaise conséquence sur la formation actuelle, car les professeurs des Instituts Supérieurs n'ont plus assez de temps pour former les élèves à bien maîtriser les contenus de leurs cours et la culture mathématique. A cela s'est ajoutée la prolifération des établissements de formation des professeurs du secondaire sans enseignants qualifiés, ce qui pose des sérieux problèmes et constitue une des causes de la baisse accrue du niveau des élèves du secondaire en mathématique.

La formation mathématique, bien assurée, permet au futur professeur d'être outillé en connaissances savantes, mais ne lui permet pas de connaitre l'historique et la genèse des connaissances en question afin de bien se pencher aux questions liées à leur apprentissage. En effet, dans le cursus de formation initiale des professeurs en RDC, la place de l'histoire des différents savoirs inscrits sur le programme est dérisoire, car seules 30 heures sont réservées à l'histoire des sciences en général au Graduat et 30 heures en Licence pour le cours d'histoire et de philosophie des mathématiques. Cela est insuffisant pour le futur professeur, car il n'apprend pas la genèse et l'évolution de savoirs mathématiques nécessaires pour des situations d'apprentissage.

Aussi, la formation didactique des futurs professeurs des mathématiques est lacunaire au vue de ce qui s'enseigne actuellement. En première année de graduat, les élèves suivent un cours de didactique générale de 45 heures assuré par des pédagogues. En deuxième année de graduat, il est prévu 30 heures de didactique théorique et 60 heures de pratiques professionnelles alors qu'en troisième année de graduat, les élèves effectuent un stage d'enseignement de 6 mois. Les heures théoriques de la deuxième année sont insuffisantes si nous devons apprendre aux élèves à construire des situations didactiques pour l'enseignement des mathématiques.

Dans le deuxième cycle de licence, il est prévu 30 heures de didactique théorique, suivies de 60 heures de pratiques professionnelles en classe et d'un stage d'enseignement d'un mois. De même qu'au graduat, ces heures ne suffisent pas pour les mêmes raisons. Ces cours sont appuyés au long du cursus par une formation pédagogique nécessaire pour bien comprendre le processus cognitif des élèves. Nous voyons donc que cette formation de professeurs de mathématiques qui met plus l'accent sur la formation pédagogique ne peut pas permettre au futur professeur de faire face aux difficultés que pose son enseignement disciplinaire.

En conséquence, l'enseignement des mathématiques reste encore livresque, l'enseignant se contentant des exposés magistraux en classe sans faire agir les élèves sur les objets de connaissances à apprendre. Les mathématiques sont enseignées non seulement comme une certaine technique de calcul, mais aussi, avons-nous remarqué, les connaissances transmises sont plus savantes et ne s'adaptent pas souvent au niveau des apprenants. En effet, ces professeurs n'ont jamais appris autrement et sont dans leurs métiers confrontés à un double problème pour lequel ils ne disposent d'aucune solution, à savoir celui de faire comprendre les élèves afin d'assurer une bonne progression didactique et celui de faire réussir les élèves.

À cela se déduit le fait que les enseignants des mathématiques renforcent davantage le caractère ésotérique des notions enseignables en les présentant comme des vérités immuables constituant des paroles d'évangiles auxquelles toutes les personnes doivent croire. C'est ce qui explique que les élèves ne sont pas initiés à la logique et à l'intuition mathématique nécessaires aux raisonnements mathématiques. En effet, pour J. Dieudonné (1972, p. 3), nous devons privilégier d'abord la formation du raisonnement au lieu de faire de l'enfant un « panier à remplir ». Nous ne devons donc pas considérer que l'enseignement secondaire est destiné à accumuler toute une série de connaissances particulières plus ou moins hétéroclites en vue de préparer à toutes les professions imaginables. Nous devons au contraire essayer, avant tout, d'apprendre aux enfants à « penser » sur un petit nombre de notions générales bien choisies, notamment les concepts de base, et laisser les techniques spéciales se ranger plus tard sans effort dans une « tête bien faite ».

Le constat sur la RDC est aussi partagé par des chercheurs d'autres pays que ce soit bien la France ou la Belgique. D'abord Chevallard (1992 et 2000) rappelle les « vrais raisons d'être » des savoirs mathématiques. Fort d'observations de pratique de terrain, il constate qu'en France, l'enseignement de mathématiques s'inscrit dans une perspective essentiellement « monumentaliste » : nous faisons « visiter » aux élèves les savoirs mathématiques comme les pièces d'un musé, sans leur parler des questions auxquelles ces savoirs apportent des réponses. A fortiori, ne pouvons-nous mettre en évidence que ces réponses sont situées dans les institutions qui les ont standardisées et que les mêmes questions pourraient être résolues autrement dans d'autres institutions. Ensuite, M. Schneider, en Belgique francophone, déplore un repli sans cesse plus marqué sur l'apprentissage des algorithmes et qui s'explique par la difficulté de trouver un discours de rationalité mathématique adapté au public des élèves du secondaire (Rouy, 2007, cité par M. Schneider, 2011). Tout cela montre qu'il se pose un problème épineux de l'enseignement des mathématiques en milieux scolaires et que les nouvelles théories didactiques ne sont pas d'application et sont ignorées par les praticiens de l'enseignement scolaire.

La formation initiale des professeurs en RDC pose problème si bien qu'en observant la nature de leurs prestations dans l'exécution de leurs tâches quotidiennes, nous constatons que les programmes de formation ne visent pas à produire un professeur compétent aux yeux d'un didacticien avéré. En effet, d'une part, ces programmes s'inscrivent dans le schéma de formation pédagogique avec peu d'heures consacrées à la formation didactique. D'autre part, la formation mathématique universitaire est du type « bourbachique », où les cours sont présentés sous forme des théories scientifiques achevés, sans faire apparaître les origines et l'évolution des connaissances sous-jacentes. Bref, dans les contenus académiques que les élèves apprennent, aucune mention n'est faite à leur évolution historique. Donc, la formation actuelle de base ne prépare pas le futur professeur à des compétences suffisantes qui lui permettent une bonne combinaison des connaissances mathématiques, didactiques et culturelles dans ses praxéologies.

4. Analyse globale

Il résulte de ce qui précède une difficulté relative aux praxéologies subséquentes à une formation tronquée de base axée plus sur la pédagogie et la formation savante du type « bourbachique » des professeurs des mathématiques. Pour poursuivre leur carrière et suppléer aux problèmes de réussite, ces derniers sont obligés de se résigner aux seuls aspects algorithmiques de mathématiques, et donc à l'aspect calculatoire. La base de ces déficits dans le comportement des enseignants de mathématiques pourrait être le fait que la place de l'initiation théorique est insuffisante pour les doter de la capacité de se servir des théories didactiques dans une articulation des connaissances didactiques et mathématiques qui est inexistante dans les enseignements théoriques. Pour y remédier, la partie théorique de didactique devrait être renforcée en ajoutant un nombre d'heures suffisants pour permettre à l'élève de s'initier à l'articulation entre les connaissances mathématiques et les connaissances didactiques à travers la construction des situations didactiques. Pour cela, les savoirs théoriques sur l'histoire des connaissances mathématiques doivent absolument faire partie du programme d'enseignement.

Les pratiques professionnelles devraient commencer à travers les théories de la didactique et être enseignées avec ingéniosité, c'est-à-dire que les cours de didactique doivent être assurés à la manière de BEBBOUCHI (2012). En effet, nous devons consacrer une partie importante à la théorie et à la construction des connaissances à enseigner avec des situations didactiques avant de se livrer à l'enseignement en classe, car l'initiation à la construction des situations didactiques peut demander un temps suffisamment long. Cela est corroboré par l'organisation des cours sous forme magistrale, comme l'affirme SCHNEIDER (2011), en passant en revue les différentes manières d'enseigner les notions de base qui constituent l'ossature de la formation de base à l'école secondaire, où les futurs professeurs sont appelés à passer le reste de leur vie professionnelle. Il en découle que la didactique, dans sa partie théorique et pratique en formation des futurs professeurs de mathématiques, doit être de mise et requérir une attention particulière.

La mathématique est constituée de deux parties : dialectique et algorithmique. Les mathématiques dialectiques sont une science rigoureusement logique, où les énoncés sont soit vrais soit faux et où les objets mathématiques sont validés par des preuves ou des constructions. Elles sont fondées sur une base axiomatique, propositions admises sans démonstrations et liant les notions fondamentales. Son enseignement doit procéder par des situations-problèmes dans lesquelles les élèves doivent construire leurs connaissances à travers le sens et les propriétés des concepts de base.

Les mathématiques « algorithmiques » sont un ensemble de symboles et des procédés permettant le calcul. Au Moyen Age, le mot algorithme était réservé au calcul écrit par opposition aux méthodes utilisant jetons et tables à calculer ou abaques, mais ces méthodes furent interdites depuis Platon (BARAQUIN et al., 2005, p. 14), car détournant la pensée des idées pures. Si l'enseignement des mathématiques sous formes algorithmiques a été interdit pour des raisons nobles, nous voyons cependant que l'enseignement actuel favorise plus les algorithmes que les mathématiques dialectiques, c'est-à-dire les calculs au détriment des raisonnements. Voilà ce qui expliquerait la baisse du niveau de raisonnement mathématique et par ricochet la baisse du niveau intellectuel sur tous les plans. La tendance devrait être inversée pour résoudre le problème de l'éducation mathématique. Les mathématiques algorithmiques sont enseignées à la suite des mathématiques dialectiques et n'ont de sens que lorsque les élèves ont acquis le sens des concepts en jeu. La démarcation entre ces mathématiques est basée sur le calcul et les mathématiques qui s'établissent sur les axiomes et dont les résultats sont validés par des démonstrations rigoureuses. Mathématiquement, un algorithme est une suite finie de règles à appliquer dans un ordre déterminé à un nombre fini des données pour arriver avec certitude, sans indétermination ou ambiguïté, en un nombre fini d'étapes, à un certain résultat et cela indépendamment des données. Un algorithme ne résout pas seulement un problème unique mais toute une classe de problèmes ne différant que par des données, mais gouvernés par les mêmes prescriptions. (Bouvier A. et al. : 2009, p. 29)

Nous ne pouvons donc pas privilégier l'enseignement des algorithmes, des calculs en oubliant que les mathématiques se construisent d'abord théoriquement de manière conceptuelle et hypothético-déductive avant de créer des principes pour la résolution des problèmes de manière algorithmique. En effet, les mathématiques algorithmiques sont des outils pour résoudre des problèmes qui sont concernés non seulement par l'existence d'un objet mathématique, mais aussi par les lettres de créance de cette existence. Les mathématiques algorithmiques sont donc ces mathématiques dites « calculs » dans lesquels les règles du jeu peuvent varier en fonction des moyens des calculs disponibles (Minder M., 2007, p. 78).

Il en résulte que l'organisation des contenus de la formation des professeurs compétents devant faire face aux multiples difficultés que pose actuellement l'enseignement des mathématiques est à repenser à la fois sur le plan épistémologique et didactique des connaissances mathématiques à mettre en œuvre pour l'exercice du métier de futur professeur. Aussi, une initiation rigoureuse des pratiques enseignantes qui constituent l'application pratique des connaissances et des compétences acquises dans la formation est très importante, voire nécessaire pour l'apprentissage des mathématiques.

La conceptualisation concerne beaucoup plus les mathématiques dialectiques, souvent fondées sur des concepts de base et des axiomes de départ qu'il faut construire par des situations didactiques. En effet, d'après Jonnaer P. (1997, p. 7), en formation initiale, les enseignants sont formés pour acquérir les compétences utiles au développement d'apprentissages scolaires. Ces compétences sont multiples et de différents ordres notamment celles que le futur enseignant acquiert par rapport à des savoirs disciplinaires mathématiques et celles qu'il acquiert pour construire des apprentissages scolaires à propos de ces savoirs. Du moment précis où le futur enseignant oriente sa destinée vers la conception des apprentissages scolaires, il pose un nouveau regard sur ces savoirs: regard dénaturant, réductionnisme des savoirs ou tout simplement « transposition didactique ».

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au vue de ce qui précède, il résulte que le professeur de mathématiques a une formation insuffisante en RDC, ce qui explique l'existence des difficultés d'exécution de ses tâches et, en conséquence, la baisse du niveau des élèves et l'existence des difficultés relatives à l'apprentissage des mathématiques. Il y a donc nécessité de repenser leur formation initiale pour qu'ils soient formés épistémologiquement, didactiquement et culturellement afin de bien jouer leur rôle dans la réalisation de leurs différentes tâches d'enseignement. Pour cela, un programme doit être conçu pour une formation continue pendant les vacances et une réforme de programme de la formation initiale doit être mise en marche pour assurer aux futurs professeurs de mathématiques une formation en adéquation avec les exigences de la didactique des mathématiques. Aussi, il faut une réorganisation des contenus fondée sur une conception de la didactique et non de la pédagogie tel que cela est fait actuellement. Pour la résolution urgente de ces problèmes liés à la conception et à la mise en œuvre de l'enseignement dans les classes de mathématiques en théorie des situations, il est important de procéder à la formation continue le plus rapidement possible par :

- La mise sur pied d'un programme de formation continue des inspecteurs de mathématiques et des professeurs de mathématiques au secondaire sur les nouvelles théories de la didactique et notamment celle des situations et de l'ingénierie didactiques,
- L'élaboration des contenus d'enseignement par la mise en place des manuels scolaires en procédant à une transposition adéquate et au choix des situations didactiques pouvant contextualiser les concepts de base pour donner du sens aux contenus d'enseignement.

Les programmes de formation doivent être repensés pour éviter des enseignements livresques comme décriés par les didacticiens. Il y aura donc lieu d'améliorer les conditions d'enseignement des mathématiques pour que les acteurs de l'organisation de l'enseignement prennent tous conscience de ce problème et s'unissent en y mettant les moyens nécessaires pour sa résolution.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARAQUIN, N. et al. (2005). *Dictionnaire de philosophie*. Paris : Armand Colin.

BEBBOUCHI, R. (2012). Histoire et didactique des mathématiques : une nécessité pour la formation d'un mathématicien, in actes du *Colloque Espace Mathématique Francophone 2012*, pp. 292-300.

BOSCH M. & GASCON J., Organiser l'étude 2. Théorie et empiries, in Dorier, J-L. et al. *Actes de la 11ème école d'été de didactique des mathématiques du 21 au 30 Août 2002 (*pp. 23-40). Paris : la pensée sauvage.

BOUVIER, A. et al. (2009). *Dictionnaire des mathématiques*. Paris : Quadrige/PUF.

CHEVALLARD, Y. Organiser l'étude 3. Ecologie et régulation, in Dorier J-L et al. *Actes de la 11ème école d'été de didactique des mathématiques du 21 au 30 Août* 2001(pp. 41-56). Paris : la pensée sauvage.

COPPE S. et al., (2002), Etude des routines et régulations dans la pratique professionnelle d'un professeur des écoles, in Dorier J-L. et al. *Actes de la 11ème école d'été de didactique des mathématiques du 21 au 30 Août 2001* (pp.209-2019). Paris : La Pensée Sauvage,

DIEUDONNE, J. (1978). *Algèbre linéaire et géométrie élémentaire*, Paris : Herman.

HATEGEKIMANA, L. et KIMENGELE, W. (2008), Sur les problèmes de la gestion du temps didactique dans l'enseignement des mathématiques à l'école secondaire, in *Cahiers du CERUKI, Nouvelle Série n°37*. (pp. 119-126).

HATEGEKIMANA, L. (2016). Articulation entre connaissances didactiques et mathématiques dans la pratique enseignante de la mathématique, in *Annales de l'Université de Goma*, vol.VI, n°1, (pp. 37-48).

JONNAER, P. (1997). La formation didactique des enseignants en question. *in Cahier de la recherche en éducation, Vol.4, numéro2* (pp.163-184). Université de Sherbrooke : Erudit.

MARGOLINAS, CL. (2002). Situations, milieux, connaissances : analyse de l'activité du professeur in Dorier, J-L. et al. *Actes de la 11ème école d'été de didactique des mathématiques du 21 au 30 Août 2001*. (pp.141-155). Paris : La Pensée Sauvage.

MINDER, M. (2007). *Didactique fonctionnelle*. Bruxelles : De Boeck.

SCHNEIDER, M. (2011). *Traité de didactique des mathématiques. La didactique par des exemples et contre exemples*. Liège : Les Editions de l'Université de Liège.

PROGRAMMES IVOIRIENS DE FORMATION DES ENSEIGNANTS DU PRÉSCOLAIRE ET PRIMAIRE EN MATHÉMATIQUES ET EN FORMATION SCIENTIFIQUE. QUELLE LOGIQUE DE MODÉLISATION?

Germain Kouadio Yeboua ATTA
Enseignant-Chercheur en didactique des mathématiquesLaboratoire de Recherche en Didactique de l'Ecole Normale Supérieure (ENS)- Abidjan, RCI

David Kouamé KOUADIO
Docteur en didactique des sciences et technologiesLaboratoire de Recherche en Didactique de l'École Normale Supérieure (ENS)- Abidjan, RCI

RÉSUMÉ

La problématique de l'étude s'appuie sur un contraste dans la modélisation curriculaire en mathématiques et en formation scientifique des élèves-maîtres formés dans les centres d'Animation et de Formation Pédagogique (CAFOP) en Côte d'Ivoire. L'ancrage théorique est décliné autour de la théorie anthropologique du didactique de Chevallard (1992), le phénomène de vide didactique institutionnel de Bronner (1997), le développement de l'esprit critique dans la construction du savoir scientifique selon De Vecchi (2016) et le changement de cadres à travers la dialectique outil-objet tel que préconisé par Douady (1992). Une description du cadre épistémologique et contextuel explicite la mutation de la modélisation curriculaire dans la formation des élèves-maîtres en mathématiques et en formation scientifique. Une recherche documentaire sur les programmes éducatifs en mathématiques et en formation scientifique a permis une analyse essentiellement qualitative. Les résultats montrent qu'il n'existe pas de ressources didactiques explicites dans les contenus de mathématiques et de formation scientifique qui pourraient justifier le choix curriculaire de loger ces deux disciplines dans le même domaine.

INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire a connu plusieurs reformes curriculaires au niveau de la formation des enseignants. Depuis 2005, les programmes de formation des enseignants du primaire ont basculé de la pédagogie par objectif (PPO) à l'approche par compétences (APC). Cette réforme préconise une reconfiguration disciplinaire qui privilégie une modélisation curriculaire en grands domaines disciplinaires que sont les langues, les sciences et technologies, l'univers social, les arts et le développement éducatif, physique et sportif. Les mathématiques et la formation scientifique sont deux disciplines du domaine des sciences qui sont enseignées dans les centres d'animation et de formation pédagogique chargés de la formation des enseignants du préscolaire et primaire. La présente étude se veut un cadre de comparaison des programmes de formation des élèves- maîtres dans ces deux disciplines pour en dégager la logique de modélisation.

1. Problématique, questions et objectifs de recherche

1.1. Problématique

Les missions de l'enseignement préscolaire et primaire en Côte d'Ivoire visent le développement et l'intégration de l'enfant dans son environnement. Le développement intellectuel, moral et social du préscolaire au primaire prépare l'enfant à accéder au collège pour favoriser les apprentissages d'approfondissement.

Cette vision s'appuie sur le développement de l'esprit scientifique des apprenants du préscolaire et primaire. Cette formation scientifique est assurée par les enseignants du primaire à travers des programmes de formation appartenant au même domaine, celui des sciences qui regroupe les mathématiques et la formation scientifique (sciences et technologies, chimie, physique). Le profil de sortie décliné dans les programmes éducatifs relativement aux mathématiques se résume à la conception, au traitement et à la mise en œuvre de situations relatives aux nombres, aux opérations, aux fonctions, à la géométrie et à la mesure. Celui en formation scientifique vise à doter les élèves-maîtres de compétences leur permettant de traiter des situations relatives à la didactique des sciences et technologies, aux compétences en formation scientifique. Les instructions officielles dans les descriptifs des domaines annoncent que les notions mathématiques constituent un outil indispensable dans l'acquisition des savoirs en formation scientifique. Cette modélisation curriculaire qui place deux disciplines dans un même domaine vient rompre l'ancien dispositif curriculaire. Cette mutation curriculaire constitue de ce fait un enjeu didactique à interroger et à clarifier.

1.2. Questions de recherche

Quelles sont les spécificités curriculaires des programmes de formation des enseignants du primaire en mathématiques et en formation scientifique ?

Existe-t-il des outils didactiques explicites en mathématiques qui sont en lien avec la construction du savoir en formation scientifique?

Cette série d'interrogations vise l'objectif de recherche et l'hypothèse de recherche ci-après.

1.3. Objectif de recherche

L'étude a pour objectif d'expliciter les spécificités curriculaires en mathématiques et en formation scientifique ainsi que les liens didactiques entre ces deux champs disciplinaires.

1.4. Hypothèse de recherche

Les propositions officielles dans les programmes de formation des enseignants du préscolaire et primaire en mathématiques et en formation scientifique constituent un repli disciplinaire.

2. Cadre conceptuel et épistémologique

2.1 Transposition didactique et rapport à l'institution

Chevallard (1985) définit la transposition didactique comme un travail d'adaptation, de transformation et de création accompli sur des éléments d'un champ conceptuel en vue d'en favoriser l'assimilation par des systèmes cognitifs d'apprenants. Les savoirs enseignés par le maître et appris par l'élève, les savoirs à enseigner conçus par les décideurs sociopolitiques et professionnels (noosphère) sont les fruits du traitement du savoir-savant. Partant du savoir-savant (réservé à une société savante ou à une élite), la transformation va permettre d'établir des programmes scolaires qui constituent le curriculum formel. L'action de l'enseignant relève largement de sa marge de compréhension, d'interprétation, voire de création. Mais, les périodes d'après réforme en matière curriculaire ne couvrent pas toujours les aspirations et les perceptions des enseignants, comme le souligne Bronner (1997) dans la description du phénomène curriculaire de « *vide didactique institutionnel* ». Chevallard (1989) précise que c'est à travers des assujettissements multiples que se forment les rapports personnels des sujets d'une institution donnée. Les échecs d'apprentissage personnels ne peuvent pas être compris sans la prise en compte des refus ou des impossibilités de connaître du sujet enseignant. Chevallard (1992) pense que dans ce processus de transformation, il faut prendre en compte la dimension anthropologique du savoir pour rendre compte et expliquer l'unité, la diversité mathématique et didactique des pratiques dans leur contexte institutionnel, dont les outils sont nécessaires pour l'étude des savoirs à enseigner. Pour Chevallard (2003), il y a une « *dialectique indépassable entre personnes et institutions* ».

2.2 Esprit critique et construction du savoir scientifique

De Vecchi (2016) encourage à former l'esprit critique en éveillant la curiosité, le développement d'une culture du questionnement. Il préconise d'analyser de manière critique les idées reçues et d'apprendre à argumenter. Cette vision nécessite la prise en compte d'outils clairs, précis et rigoureux, susceptibles de garantir des finalités éducatives visées. Le développement de l'esprit critique est d'une nécessité instrumentale comme la lecture, l'écriture et le calcul. Pour lui, l'école peut préparer les apprenants à développer leur esprit critique. Pour De Vecchi (2016), critiquer permet de distinguer le « juste » du « faux » et d'en expliquer les causes. Il propose que les enseignants soient formés à l'esprit critique pour changer de regard. L'enseignant doit être créatif pour prendre des initiatives. Cette proposition découle de l'enjeu que Merieu (1988) considère vital pour des citoyens capables d'avoir le discernement en toutes circonstances. Perrenoud (2001) indique que le référentiel est la clé de voûte d'une bonne architecture curriculaire fondée sur la description des pratiques (professionnelles) de la référence comme base de leur transcription didactique.

2.3 Dialectique outil-objet

Selon Douady (1992), les différents concepts évoluent dans un même cadre ou dans des cadres distincts. Les changements de cadres conduisent à des formulations nouvelles de questions anciennnes qui créent des outils qui répondent aux besoins du moment. La recherche des formulations facilite la reprise, la modification, la transformation des nouveaux éléments didactiques dans d'autres contextes. Les nouvelles connaissances créées ont alors un statut d'objet. Le concept « outil » permet dans son usage de résoudre un problème à un momentt donné. Un même outil peut être adapté à plusieurs problèmes et plusieurs outils peuvent être adaptés à un même problème. Le statut objet permet la capitalisation du savoir. Il permet le réinvestissement dans de nouveaux contextes éventuellement éloignés du contexte d'origine.

2.4 Discipline scolaire et matrice scolaire

Selon Develay (1992), une discipline scolaire se caractérise par une matrice disciplinaire. Il définit la matrice disciplinaire comme étant un outil traitant des objets, des tâches à réaliser et les trois types de savoirs (déclaratifs, procéduraux, conditionnels). Ces éléments structurent sa logique et son intelligibilité et lui donnent sa cohérence. Develay (1992) pense qu'il faudrait davantage parler de champ disciplinaire. Il préconise que l'enseignant des sciences et technologies possède des aptitudes en anatomie, en écologie et en géodynamique. Pour lui, plusieurs champs disciplinaires portent un regard sur le réel. Ces champs se caractérisent aussi par des critères de validation propres à chaque discipline. Des champs disciplinaires sont parfois en mouvement et en permanente évolution. Il existe une histoire des savoirs où nous voyons que certaines disciplines disparaissent tandis que d'autres naissent et se développent. Au plan scolaire, les disciplines ont une existence institutionnelle et présentent des caractéristiques objectives et apparentes.

2.5 Un exemple de mutation curriculaire

La Côte d'Ivoire est indépendante depuis 1960. L'école a occupé très tôt une place de choix dans le dispositif régalien de développement. Des programmes scolaires ont longtemps été marqués par des contenus à « couleur coloniale » jusqu'à 1977. A cette date, la loi n°77-

584 du 18 Août 1977 portant réforme de l'enseignement a été prise. Son article 13 institue l'école maternelle ou classe enfantine en la rattachement au ministère de l'éducation nationale, alors qu'elle relavait du ministère des affaires sociales. Malgré cette mutation institutionnelle, des programmes propres à l'école maternelle n'ont pas fait l'objet d'écriture. Les enseignants privés alors de ressources didactiques institutionnelles se voyaient obligés de tâtonner et d'emprunter des programmes « étrangers », notamment français. Ces programmes aux fondements sociologiques, culturels et complexes ont été une source de difficultés didactiques contextuelles dans les opérations de transposition didactique.

Cette période d'emprunt curriculaire a existé jusqu'en 1995, où une deuxième loi d'orientation a été prise. Cette loi N° 95-696 du 7 septembre 1995 réaffirme les intentions politiques de prendre en charge le développement de l'école maternelle ou classe enfantine. L'école maternelle dans ce nouveau dispositif institutionnel prend la dénomination « préscolaire » et est instituée comme un cycle d'enseignement. Malgré cette deuxième mutation institutionnelle, des programmes propres à la Côte d'Ivoire n'ont pu être écrits pour le compte du préscolaire. Ce n'est qu'à partir de l'an 2000 que le gouvernement ivoirien, en collaboration avec la coopération française, a initié l'écriture de programmes propres au préscolaire ivoirien dans le cadre du projet « école 2000 » qui, malheureusement, a connu une rupture en 2000 pour cause de crise sociopolitique.

Les travaux du projet école 2000 ont permis d'éditer un guide dit « *programmes du préscolaire* ». Ce guide devenu le document curriculaire de référence présente les finalités éducatives, les buts du préscolaire en français, en mathématiques, en activités d'éveil au milieu (AEM), en activités physiques éducatives (APE) et en activités d'expression et de création (AEC). Dans cette nouvelle modélisation curriculaire, seuls le français, les mathématiques et les APE sont en format monodisciplinaire. Les autres sont en format pluridisciplinaire. Les AEM regroupent les sciences de la vie et de la terre (SVT), l'histoire, la géographie, l'éducation civique et morale. Les AEC regroupent les disciplines des arts (chant, artisanat, poterie, danse, peinture, etc.).

Un autre ouvrage dit « la maternelle au quotidien », fruit d'une initiative privée est autorisé. Ce dernier, conçu sous forme de livret d'exercices, est la source de laquelle les enseignants tirent leurs exercices, alors que ces derniers ne sont pas conçus selon la logique des contenus du guide des programmes. Dans le guide des programmes, les contenus de chaque discipline sont en domaines, en objectifs et en propositions d'activités. Ces activités posées sont déclinées en simples intitulées sans modalités de mise en œuvre, ce qui pourrait poser des problèmes de la transposition didactique en termes d'interprétation.

Depuis 2014, les programmes du préscolaire dits «*programmes éducatifs* », jusque là en régime de pédagogie par objectif (PPO), ont basculé en approche par compétence (APC). Le corps du programme présente les compétences, les thèmes, les leçons, les séances, les situations d'apprentissage, les habiltés et contenus d'enseignement, les instructions pour conduire les activités, les stratégies pédagogiques, les moyens et les supports pédagogiques. Les activités sont sommairement décrites sans explications détaillées, ce qui pourrait exposer les enseignants à faire des choix didactiques hétérogènes en contradiction avec les visées officielles.

3. Méthodologie

3.1 Corpus

Le corpus de l'étude est constitué des programmes éducatifs des enseignants du préscolaire et primaire (édition 2018) en mathématiques et en formation scientifique. Il se structure en deux parties. La première partie décrit le profil de sortie, le domaine, le régime pédagogique, le corps du programme. Ce dernier décline les compétences, les thèmes, les intitulés des leçons, les situations et les tableaux des habiletés et des contenus. La deuxième partie comprend le guide d'exécution qui précise la progression, les modalités pédagogiques de mise en œuvre et des propositions d'activités.

3.2. Méthodes de recherche

L'analyse est essentiellement qualitative pour dégager les observables sur les spécificités liées au régime pédagogique, aux visées des compétences et aux activités menées dans le corps du programme.

3.3. Instruments de collecte de données

L'outil de collecte de données est une recherche documentaire. Elle est faite avec des grilles d'analyse. La première grille est utilisée pour comparer les masses dans les deux disciplines assorties de leurs pourcentages par rapport à l'ensemble des disciplines. La deuxième compare les spécificités des compétences autour de leur nombre, leurs visées didactiques et les objets traités. La troisième présente les deux champs disciplinaires, leurs déclinaisons sous-disciplinaires et les activités menées sur les contenus.

4. Résultats

4.1. Présentation des résultats

Comparaison des masses horaires

Tableau 1
Statistiques des masses horaires

Discipline	Domaine proposé	Masse horaire hebdomadaire de la discipline	Masse horaire hebdomadaire totale	Pourcentage par rapport à l'ensemble des disciplines
Mathématiques	Sciences	4	39	10,25%
Formation scientifique	Sciences	4	39	10,25%

Les deux disciplines disposent de la même masse horaire dans les programmes officiels.

Statistiques et visées des compétences de base

Tableau 2
Statistiques et visées des compétences de base

Disciplines	Nombre de compétences de base	Visées des compétences	Sous disciplines et outils traitées
	3		-Géométrie,

Mathématiques		Renforcement sur les contenus	-Numération, -Mesure, -Fonctions, -Opérations.
	1	Outils d'enseignement apprentissage	-Programmes éducatifs, -Guides d'exécution, -Manuels scolaires, -Méthodologie des enseignements, -Fiches théoriques et pratiques, -Outils d'évaluation et de remédiation.
Formation scientifique	6	Renforcement sur les contenus	-Biologie animale, -Biologie végétale, -Ecologie, -Chimie (matière), -Physique (électricité), -Technologie (objets techniques).
	1	Outils d'enseignement apprentissage	-Programmes éducatifs, -Guides d'exécution, -Manuels scolaires, -Démarche méthodologique, -Canevas de la fiche d'apprentissage, -Structure de la situation d'apprentissage, -Canevas de la fiche d'évaluation, -Canevas de la fiche de remédiation.

Il ressort un déséquilibre numérique sur les nombres de compétences visant le renforcement des contenus, car il existe deux fois plus de compétences de base en formation scientifique qu'en mathématiques. Pour chaque discipline, les propositions officielles prévoient une compétence de base qui traite des outils didactiques. Les outils d'évaluation ne sont pas déclinés de manière explicite en mathématiques, au contraire de ceux de formation scientifique. Il n'existe pas de contenus communs traités explicitement dans les deux disciplines bien que qu'elles soient logées dans le même domaine.

Présentation des activités sur les contenus

Tableau 3
Activités sur les contenus

Mathématiques			**Formation scientifique**	
Sous-disciplines	**Activités sur les contenus**		**Activités sur les contenus**	**Sous-disciplines**
Géométrie	-Description topologique, affine et métrique des solides et des figures planes, -Étude des modes de construction des solides et des figures planes usuels, -Construction des solides et des figures planes usuels, -Progression de l'étude des solides et des figues planes usuels, -Étude des caractéristiques des symétries axiales et centrales, -Traitement de situations relatives aux solides, aux figures planes et aux symétries axiales et centrales.		-Description des grandes parties du corps humain et des organes de mouvement, -Description des organes de sens et du système nerveux, -Étude des appareils digestif, respiratoire et circulatoire, -Étude des règles d'hygiène corporelle, -Étude des aliments et de la digestion, -Étude des caractéristiques immunitaires, des maladies virales, hydriques, parasitaires et bactériennes, -Étude des vertébrés et de leurs caractéristiques de vie, -Étude de la reproduction et de l'utilisation des animaux.	Biologie
Numération	-Description du matériel de numération, -Description des activités prénumériques, des numérations décimale et romaine, -Étude de la progression des nombres à l'école primaire, -Étude des caractères de divisibilité du PPCD et PGCD d'entiers naturels, -Étude des fractions et des décimaux et de leur démarche d'apprentissage.		-Description des êtres vivants et non vivants, et de l'écologique, -Étude des chaînes alimentaires et de l'équilibre écologique, -Étude des menaces et de la protection dans l'écosystème, -Description des plantes et des fonctions nutritionnelles des plantes, -Description de l'utilité des plantes, -Réalisation d'un jardin potager.	Écologie

Mesures	-Description des grandeurs mesurables et du fonctionnement et des règles de fonctionnement des unités de mesures de grandeur.		-Étude de la matière, -Étude de l'eau et de ses états, -Étude de l'air et ses propriétés, -Étude des liquides homogènes et hétérogènes, -Étude des mélanges solides.	Chimie
Fonctions	-Description des propriétés des fonctions affines et linéaires, -Etudes de la proportionnalité.		-Description du courant électrique des effets, des dangers et des règles de sécurité, -Etude des unités de grandeur sur le courant électrique.	Électricité
Opérations	-Étude des aspects conceptuels (sens) des quatre opérations -Étude des propriétés des quatre opérations -Étude des techniques opératoires des quatre opérations		-Étude des objets techniques, -Description du filtre à eau, -Fabrication du fil à eau, -Utilisation du thermomètre médical.	Technologie

Il n'existe aucun intitulé qui traite d'un objet transversal aux mathématiques et à la formation scientifique. Aucun objet mathématique n'est explicitement décliné en formation scientifique pour servir d'outil.

Dans les programmes de formation des élèves-maîtres, la discipline dite formation scientifique est le regroupement des sciences et technologies, la physique et la chimie. Dans la modélisation curriculaire en APC, cette discipline est en association avec les mathématiques pour former le domaine des sciences. Les propositions officielles affectent les mêmes masses horaires à ces deux disciplines, ce qui leur confère environ le cinquième (soit 20,50%) de la masse horaire hebdomadaire totale. L'organisation des compétences de base donne un nombre élevé en formation scientifique (sept contre quatre en mathématiques). En formation scientifique, les enseignements commencent par les outils d'enseignement-apprentissage (programmes, guides, manuels, etc.). En mathématiques, ces outils sont abordés à la deuxième compétence, mais la configuration des contenus des sous-disciplines est homogène, car chaque discipline est globalement structurée en cinq sous-disciplines.

Dans l'ensemble, les profils de sortie visent des compétences didactiques et des connaissances académiques dans chacune des deux disciplines à des fins de résolution de problèmes de vie courante et d'enseignement-apprentissage. Au niveau des contenus traités, les spécificités sont internes à chaque discipline. Les profils de sortie analysés en mathématiques et en formation scientifique font apparaître une différence dans les visées. Aucune visée explicite n'est commune aux deux profils de sortie malgré le fait que les deux disciplines appartiennent au même domaine. Les propositions didactiques officielles respectent une logique interne à chaque discipline.

5. Discussion des résultats

Le descriptif dans le programme de formation scientifique précise que la formation scientifique, en tant que champ disciplinaire, utilise des outils mathématiques. Cette logique n'est prise pas en compte au regard des résultats des tableaux 2 et 3. Le guide d'exécution qui donne les orientations sur la conduite des séances reste dans cette logique et n'explicite pas d'objets mathématiques présents comme outils dans les séances de formation scientifique. La réalisation d'un jardin potager en écologie utilise implicitement des ressources mathématiques telles que les notions de lignes, d'intervalles, de longueur (L), de largeur (l), de côté (c), d'aire (A) et de périmètre (P). Dans la conception de ce projet de réalisation du jardin rectangulaire ou carré, des formules mathématiques telles que $A= L.l$, $A= c.c$, $P= 2(L+l)$ et $P= 4.c$. sont convoquées. Les mélanges solides en chimie peuvent faire intervenir la notion de pourcentage et de proportionnalité. Les unités de grandeurs sur le courant électrique font appel aux opérations d'addition, de soustraction, de multiplication et de division pour le calcul d'intensité, de tension et de puissance ($p = u.i$), de résistance équivalente dans un montage en série ($R = r_1+r_2$) ou en dérivation ($1/R = 1/r_1+1/r_2$). La fabrication d'objets techniques en technologie nécessite la représentation et le découpage de formes géométriques. L'utilisation du thermomètre peut être un cadre pour revisiter les nombres décimaux et la graduation d'une droite. Le champ de la formation scientifique est donc potentiellement un champ d'application des ressources didactiques acquises en mathématiques en termes de travaux pratiques par les élèves-maîtres. Une telle démarche pourrait faciliter le travail des élèves-maîtres appelés à faire apprendre et à utiliser ces notions par leurs élèves. La recherche des formulations qui facilite la reprise, la modification et les transformations de nouveaux éléments didactiques trouvera son plein sens, tel que voulu par Douady (1992).

L'enjeu est de comprendre la logique du choix institutionnel de loger les mathématiques et la formation scientifique dans le même domaine. Les objets, les tâches et les connaissances n'ont pas d'encrage commun explicité dans les propositions. Les programmes dans ces deux disciplines, ne partagent, ni partiellement, ni totalement la même matrice disciplinaire au regard du postulat de Develay (1992). Les choix curriculaires officiels n'explicitent pas la logique de modélisation curriculaire qui place les mathématiques et la formation scientifique dans le même domaine.

La nomenclature des objets abordés en formation scientifique (surtout en écologie) sont plus proches des problématiques didactiques en géographie qui est logée dans le domaine de l'univers social. Les mathématiques et les autres disciplines partagent de manière transversale l'éveil de la curiosité et la culture du questionnement qui sont des outils communs qui forment à l'esprit critique, tel que décliné par De Vecchi (2016). Le développement de l'esprit scientifique comme nécessité instrumentale pour la lecture, l'écriture et le calcul est donc le seul critère institutionnel qui justifie l'appartenance des deux disciplines au même domaine disciplinaire dans les programmes ivoiriens de formation des élèves-maîtres.

CONCLUSION

En Côte d'Ivoire, l'adoption de l'approche par compétences a vu la mise en place d'un nouveau dispositif curriculaire qui institue cinq grands domaines disciplinaires que sont les sciences, les langues, l'univers social, les arts et le développement éducatif, physique et sportif. Si les quatre derniers regroupements disciplinaires obéissent à une certaine logique, l'appartenance des mathématiques et de la formation scientifique n'est pas explicitée dans les instructions officielles au regard des résultats obtenus dans cette étude en dehors du seul critère en lien avec le développement de l'esprit scientifique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BRONNER, A. (1997). Etude didactique des nombres réels, idécimalité et racine carrée. Thèse de doctorat, Uiniversité Joseph Fourier de Grenoble.

CHEVALLARD, Y. (1985), La transposition didactique, (1ère édition), Grenoble : Pensée sauvage.

CHEVALLARD, Y. (1989). Le passage de l'arithmétique à l'algébrique dans l'enseignement des mathématiques au collège. Petit X, 23, 5-38.

CHEVALLARD, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique: perspectives apportées par une approche anthopologique, Recherches en didactique des mathématiques, 19 (1), (p. 73-111), Grenoble: Pensée Sauvage.

CHEVALLARD, Y. (2003). Quel avenir pour les enseignants? Actes du colloque sur l'enseignement des mathématiques du collège au premier cycle de l'Université, 9-24.

DE VECCHI, G. (2016). Former l'esprit critique. Pour une pensée libre. Paris : ESF.

DEVELAY, M. (1992). Savoirs scolaires et didactique des disciplines. Paris : ESF.

DOUADY, R. (1992). Des apports de la didactique des mathématiques à l'enseignement, Repères- IREM, 6, 132- 158.

MERIEU, PH. (1988). La transformation des enseignants. Cahiers pédagogiques, 269, 5-42.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE (2018). Programmes éducatifs et guides d'exécution: Formation scientifique- CAFOP.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE (2018). Programmes éducatifs et guides d'exécution: mathématiques- CAFOP.

PERRENOUD, PH. (2001). Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant. Professionnalisation et raison pédagogique. Paris : ESF.

RAPPORT AU SAVOIR MATHÉMATIQUE À ENSEIGNER CHEZ LES ENSEIGNANTS DU PRIMAIRE

Krouele TOURE
Enseignant-chercheur en Sociologie de l'éducation à l'École Normale Supérieure d'Abidjan

RÉSUMÉ

Le thème de cette étude porte sur le rapport au savoir mathématique à enseigner chez les enseignants du primaire. Il s'agit d'analyser ce phénomène et de comprendre les pratiques enseignantes pendant les séances de mathématiques. Pour cela, des observations directes de classe suivies d'entretiens individuels sont réalisés sur un échantillon de neuf instituteurs sélectionnés dans trois groupes scolaires de la ville de Bouaflé en Côte d'Ivoire. Les résultats prouvent que le rapport au savoir mathématique à enseigner des maîtres dépend de la filière d'enseignement (littéraire ou scientifique) qu'ils ont suivie au lycée. Ce profil justifie également leurs pratiques d'enseignement des mathématiques. Aussi, est-ce que la réussite des élèves en mathématiques est en relation avec la chance d'avoir rencontré, durant le cycle primaire, des maîtres efficaces dans cette matière ?

MOTS CLÉS

Rapport au savoir mathématique à enseigner, instituteur, filière d'enseignement, pratiques enseignantes, Côte d'Ivoire.

TITLE

Report with the mathematical knowledge to teach in the teachers of the primary education

ABSTRACT

The topic of this study relates to the report to the mathematical knowledge to teach in the teachers of the primary education. It is a question of anlyzing this phenomenon and of understanding the teaching practices during the lessons of mathematics. For that, direct observations of class followed by individual interviews are carried out on a sample of nine teachers selected in three school groups of the town of Bouafle in Ivory Coast . The results prove that the report with the mathematical knowledge of the teachers depends on the sector of teaching (literary or scientific) that they followed in high school. This profile also justifies their practices of teaching of mathematics. Thus, the success of the pupils in mathematics is in relation to the chance to have met during the primary cycle, effective teachers in this matter.

KEYWORDS

Report with the mathematical knowledge to teach, teacher, sector of teaching, teaching practices, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Si les savoirs scolaires constituent un objet d'étude pour les sociologues de l'éducation, l'univers des mathématiques l'est également. Cet univers comprend aussi bien les savoirs mathématiques que les mathématiciens eux-mêmes. Les savoirs mathématiques sont présentés comme « science créative, rigoureuse, tendant à une abstraction toujours plus grande, mais de degré variable selon les domaines, réflexible et universelle » (B. Zarca, 2012). Ces savoirs se caractérisent par leur double polarisation en mathématiques pures et mathématiques appliquées. Ils sont aussi variés que les disciplines relevant de ce domaine de connaissance et cette variation est en relation avec les besoins des sociétés modernes en savoirs.

L'univers des mathématiques regroupe des professionnels qu'il est convenu d'appeler les « plus rigoureux des scientifiques » (B. Zarca, 2012). Cela suppose que pour entrer dans un tel métier, il faut une préparation aux normes de fonctionnement de cette discipline. L'école rend cela possible en façonnant les identités scolaires et sociales nécessaires chez les acteurs qu'elle produit. Le métier de mathématicien est donc un métier particulier, exercé par des agents préparés à cet effet dès les classes du primaire. Les programmes d'enseignement suivis tout au long de la scolarité ont produit sur leur personnalité un effet sous forme d'identité de scientifique. Cette transformation de la personnalité à partir des savoirs scolaires est un sujet intéressant pour le sociologue de l'éducation.

La sociologie du curriculum analyse les enjeux sociaux des contenus d'enseignement et leurs réformes. Les savoirs se transforment dans le temps et s'adaptent aux exigences nouvelles de la société. Ils sont devenus incontournables dans l'organisation des sociétés modernes. V. Isambert-Jamati (1995, p. 5), soutient même que, de nos jours, les savoirs occupent une place jusqu'alors inégalée dans l'organisation matérielle et sociale : les technologies, au sens industriel du terme, sont de plus en plus sophistiquées et demandent des ingénieurs et des techniciens de très haut niveau, une partie des ouvriers étant eux-mêmes et devant être bacheliers. Dans la vie quotidienne, non seulement le maniement des appareils, mais la relation avec les organisations et surtout l'usage des médias et la pratique de divers loisirs demandent des capacités intellectuelles exercées. Les compétences attendues, au sortir du système scolaire, se sont donc considérablement élevées. C'est dire que la société attend beaucoup des contenus d'enseignement. Ceux-ci doivent répondre à des exigences toujours plus importantes.

Plus particulièrement, les savoirs mathématiques sont incontournables dans les acquisitions qui libèrent le citoyen de l'analphabétisme. En effet, sortir de l'analphabétisme, c'est savoir lire, écrire, calculer et s'exprimer correctement. En Côte d'Ivoire, où 56%[24] de la population est analphabète, nous comprenons l'enjeu de l'enseignement des matières comme les mathématiques au primaire. Cet enseignement est avant tout la mise en scène du rapport de l'enseignant au savoir mathématique. Mais que faut-il entendre par rapport au savoir ?

Le rapport au savoir peut être défini comme un rapport à des processus (l’acte d’apprendre), à des situations d’apprentissage et à des produits (les savoirs comme compétences acquises et comme objets institutionnels, culturels et sociaux) (E. Bautier, J-Y. Rochex, 1998, p. 33-34). Il dépend du sens que l’élève confère au savoir scolaire. Les difficultés scolaires des élèves ont un lien avec le sens qu’ils attribuent à l’école et aux activités scolaires. Le sens des études n’est pas donné, l’élève doit le construire. Au primaire comme au collège, la finalité utilitaire des études est très éloignée. C’est au lycée que le rapport stratégique aux études se précise. Les études sociologiques montrent que le rapport aux savoirs, tout comme le sens des études, varient selon les niveaux d’étude, mais également selon les classes sociales. Le contexte de vie social des jeunes des milieux populaires favorise une perception instrumentale des savoirs et limite leur adhésion à la culture scolaire. De leur côté, les élèves issus des milieux aisés valorisent les savoirs scolaires pour leur valeur intellectuelle et culturelle.

[24]Rapport d’analyse statistique du système éducatif 2015-2016, p.119.

Donc, chez les élèves, le rapport au savoir dépend du milieu social de provenance et ce savoir est dispensé par des enseignants du primaire supposés polyvalents. Mais les maîtres ont-ils le même rapport aux différents savoirs présents dans les programmes à enseigner ? Plus précisément, ont-ils tous le même rapport au savoir mathématique ? Ont-ils suivi les mêmes filières de formation avant d'embrasser la carrière d'enseignant ? Le profil d'élève qu'ils ont été n'a-t-il pas un impact sur leur manière d'aborder les mathématiques avec les élèves ? Que pensent-ils des mathématiques qu'ils enseignent ?

Ces questions donnent trois objectifs à cette étude.

Il s'agit de :

- -déterminer l'identité scolaire des instituteurs sélectionnés,
- -analyser les pratiques d'enseignement des mathématiques dans les classes,
- -déterminer le rapport au savoir mathématique à enseigner chez les enseignants du primaire.

La réalisation de ces objectifs s'appuie sur une hypothèse.

Hypothèse de recherche

Durant leur parcours d'élève, certains enseignants ont suivi des filières littéraires, d'autres des filières scientifiques, technologiques ou artistiques. Ces filières de formation leur ont donné une identité spécifique qui intervient dans leur rapport aux différentes matières enseignées. Par conséquent, le rapport au savoir mathématique à enseigner chez les instituteurs dépend de la filière d'enseignement suivie au lycée.

Comment vérifier cette hypothèse? Quels matériels et quelles méthodes employer pour conduire l'étude ?

1. Méthodologie appliquée

L'étude est menée dans trois groupes scolaires de la ville de Bouaflé au centre-ouest de la Côte d'Ivoire. Deux enseignants sont retenus par groupe scolaire de manière que l'un est titulaire d'un baccalauréat littéraire (A2) et le deuxième d'un baccalauréat scientifique (C ou D).Un échantillon de six instituteurs (avec leur classe respective) est ainsi constitué *de manière raisonnée* selon les critères suivants : trois maîtres ayant un profil de littéraire et titulaires d'un baccalauréat série A2 et trois maîtres titulaires d'un baccalauréat scientifique (série C ou D). Les six instituteurs retenus ont tous suivi la formation normale des maîtres dans les CAFOP[25].

Tableau 1 :
Échantillon d'instituteurs sélectionnés avec leur qualification (diplôme)

• Groupe scolaire	• Bac A2	• Bac C ou D	• Total
• Groupe scolaire Ville 1 de Bouaflé	• 1	• 1	• 2
• Groupe scolaire Pakouabo de	• 1	• 1	• 2

[25]Centres d'Animation et de Formation Pédagogique.

Bouaflé			
• Groupe scolaire Biaka de Bouaflé	• 1	• 1	• 2
• Total	• 3	• 3	• 6

Pour étudier le rapport au savoir mathématique à enseigner des maîtres, nous avons procédé par une étude qualitative. Des observations directes sont menées dans les six classes tenues par les enseignants sélectionnés. Il s’agit de visites de classe surprises, au moment prévu pour la séance de mathématiques dans l’emploi du temps. Ces visites sont faites à l'improviste afin d'observer les pratiques quotidiennes réelles des maîtres sur le terrain. Elles ont été possibles grâce à l'aide des conseillers pédagogiques de secteur qui connaissent bien les emplois de temps des classes à observer. Les six maîtres sont ensuite invités à prendre part à un entretien individuel. Les séances d’interview ont lieu dans le bureau du conseiller pédagogique de chaque groupe scolaire.

Les données recueillies font l’objet d’une analyse de contenu. Les résultats de l’étude sont interprétés en privilégiant les analyses fonctionnalistes.

2. Présentation des résultats

L’étude du rapport au savoir mathématique à enseigner des maîtres procède d'abord par la détermination de leur identité scolaire. Les six maîtres retenus ont suivi les filières littéraires (A2) et scientifiques C et D. Qui sont-ils du point de vue de leur personnalité intellectuelle?

2.1. Les identités scolaires acquises au lycée

Pour déterminer l’identité scolaire des instituteurs enquêtés, nous nous appuyons sur les résultats d’une étude publiée en 2012. Celle-ci montre que les lycéens littéraires, par les lectures, les dissertations et les commentaires, développent des compétences particulières dans l’expression, la communication, l’argumentation et la lecture. Ils acquièrent ainsi une grande culture, le sens du débat contradictoire et l'éloquence. C'est ainsi qu'ils « s’expriment facilement », « aiment les débats », « sont moins timides », « ont le sens de l’esthétique », « ont une certaine finesse, une attention par rapport à la qualité du langage et de l’écriture » et « ont une grande capacité d’interprétation ».

Quant aux lycéens des séries scientifiques, ils développent dans les filières scientifiques, un esprit démonstratif, de précision et de bricolage. Ils apprennent correctement la langue française, car elle est nécessaire pour comprendre le langage mathématique. Ils ont besoin d’être soigneux surtout pour la construction géométrique. Le sens de l’observation et de l’attention est également important, car il faut dégager, dans un problème donné, les données ou hypothèses et la démarche à suivre pour aboutir à la conclusion. Le raisonnement mathématique exige la précision, la concision et la rigueur, car les mathématiques sont basées sur le raisonnement logique. Si nous prenons l'exemple de la démarche hypothético-déductive, elle suit les étapes suivantes : hypothèse- justification-conclusion. La résolution d'un problème a besoin de persévérance, car la solution n’apparait pas toujours immédiatement. Il ne faut toutefois pas se décourager. Ce courage doit être animé par un esprit créatif et curieux, car le travail se fait souvent dans un environnement abstrait. Les mathématiques développent chez l'élève, le goût du travail, du calcul, de la découverte, de l’expérience, l’esprit de créativité et de recherche.

Dans les filières scientifiques, les élèves étudient également les sciences physiques et les sciences de la vie et de la terre. Pour réussir dans cette matière, l'élève doit être attentif, réceptif, coopératif, disponible et curieux. Il doit également être prudent, soigneux pour réussir les schémas. Les expériences à faire nécessitent chez lui la dextérité nécessaire à l'application de la démarche scientifique : observation, hypothèse, expérience, résultats, interprétation et conclusion. Les apprentissages dans cette matière développent finalement le goût de l'observation, de l'ordre, de la prudence, de la précision, de la propreté, du bricolage et de la technique.

Le cours de sciences de la vie et de la terre exige des compétences polyvalentes. Une bonne base en mathématiques, en chimie, en géographie et en français est nécessaire pour comprendre les enseignements et les exercices proposés. L'élève a besoin d'une bonne connaissance des contenus enseignés et des schémas avec leurs annotations. La démarche scientifique qu'il doit s'approprier dans cette matière consiste en plusieurs étapes : problématisation, hypothèse, observation, expérimentation, résultats, analyse, interprétation et conclusion. Au reste, l'apprenant doit aimer la biologie et la géologie, car il s'agit pour lui de savoir observer, décrire et interpréter ce qu'il observe. Sa démarche vise la connaissance et le fonctionnement d'un organisme vivant. Il développe dans cette matière une prise de conscience de l'hygiène et de la préservation de l'environnement. (T. Krouélé, 2012).

À la fin du lycée, l'apprenant finit par intégrer dans ses comportements, ses attitudes, ses manières de penser et d'agir, les pratiques courantes dans les disciplines de base de sa filière. Le bachelier développe alors une nouvelle identité acquise dans la filière suivie.

Il reste à savoir si les identités scolaire et sociale acquises au lycée influencent le rapport au savoir mathématique à enseigner ? Mais avant, quelle est la méthodologie officielle d'enseignement des mathématiques dans le cycle primaire ?

2.2. La méthodologie officielle d'enseignement des mathématiques dans les classes du primaire

Sur le site du ministère de l'éducation nationale de Côte d'Ivoire, la direction de la pédagogie et de la formation continue (DFPC) propose un schéma de la méthode d'enseignement des mathématiques en APC (Approche Par Compétence) que nous pouvons résumer dans un tableau.

Tableau 2
Méthodologie du déroulement d'une leçon de mathématique en APC (Approche Par Compétence)

Les étapes du déroulement du cours	Les tâches exécutées par l'enseignant	Stratégies pédagogiques appliquées par le maître	Les activités des élèves
1. PRÉSENTATION **- Les pré-requis** **- La présentation de la situation**	-Ecrire les chiffres d'un nombre donné dans un tableau de numération, -Poser des questions pour orienter les élèves, -Faire définir les tâches à réaliser.	-Travail collectif, -Travail individuel.	Ils écrivent des chiffres ou des figures sur les ardoises.
2. DÉVELOPPEMENT **a- Résolution de la situation** **b- Présentation de la production** **c- Validation** **d-Synthèse et Fixation**	-Demander à un élève de présenter le travail de son groupe au tableau, -Demander à la classe si les réponses sont justes ou pas, -Faire le point de la séance puis préciser la bonne réponse.	-Travail en groupe, -Travail collectif.	-Ils cherchent la solution, -Ils écrivent sur les ardoises des chiffres, des figures ou des mots.
3. EVALUATION	Donner des exercices à traiter	Travail individuel.	Ils traitent l'exercice.

Source : http://dpfc-ci.net, consulté le 26/03/2018.

Il faut préciser que cette recherche ne prétend pas que l'APC est la meilleure méthode pédagogique pour enseigner les mathématiques. Il s'agit ici de s'appuyer sur un outil de travail recommandé par le ministère de l'éducation nationale et appliqué sur le terrain afin d'observer les écarts avec les pratiques enseignantes courantes.

2.3.Les pratiques courantes d’enseignement selon le profil des enseignants

Différentes séances de mathématiques sont observées en CP, en CE et en CM dans les classes retenues. Nous avons observé au CM2 une leçon sur le litre et ses sous-multiples, au CM1 une leçon sur les grandeurs mesurables (le calcul de la dimension réelle), au CE1 une séance de géométrie sur le pavé droit et le cube et au CP2 une leçon de géométrie sur le classement des solides.

Qu’observons-nous dans les classes tenues par les enseignants titulaires d’un baccalauréat littéraire (A2)?

Tableau 3
Les activités observées dans les classes tenues par les enseignants ayant un profil de littéraire (bac A2)

Les étapes du déroulement du cours	Les tâches exécutées par l'enseignant	Stratégies pédagogiques appliquées par le maître	Les activités des élèves
1. PRÉSENTATION **-Pré-requis** **-Présentation de la situation**	-Rappel des pré-réquis, -Met le titre de la leçon au tableau.	-Usage d'une fiche mal maîtrisée.	Les élèves sont interrogés et la réponse tarde souvent à venir.
2. DÉVELOPPEMENT **a- Résolution de la situation** **b- Présentation de la production** **c- Validation** **d-Synthèse et Fixation**	-Absence de préparation mentale lointaine, -Non-respect de la démarche pédagogique (absence de manipulations et de schématisation), -Hésitations et survol des contenus, -Le temps prévu pour le cours n'est pas respecté (entre 24 et 27 minutes au lieu de 40 minutes), -Absence de fixation et de synthèse.	-Usage du tableau, -Usage du manuel de mathématique, -Pas de groupes de travail, -Le matériel de travail pour les manipulations n'est pas prévu.	Les élèves ouvrent le livre de mathématiques à la page du cours.
3. EVALUATION	Absence d'évaluation ou évaluation collective peu pertinente, sans rapport avec les habiletés prévues ou encore sans consignes claires et précises.	-Des questions orales sont posées à la classe.	Des élèves sont interrogés sur des points de la leçon.

Le premier constat chez les enseignants de profil littéraire est le non-respect de la durée des séances. Le cours de mathématique est survolé en quelques minutes (pratiquement la moitié du temps prévu) et l'enseignant passe à une autre activité. La démarche recommandée en mathématiques (consistant en quatre étapes : manipulations, schématisation, abstraction et fixation) n'est pas suivie. Les élèves ne sont pas organisés en petits groupes de travail et les manipulations d'objet nécessaires pour rendre les contenus plus concrets manquent. En conséquence, les habiletés prévues s'installent difficilement. Concrètement, quand les étapes de manipulation et de schématisation sont négligées dans le cours, il ne reste que l'abstraction. C'est dire que les mathématiques sont présentées sous une forme purement théorique et abstraite dès les classes du primaire. De telles pratiques enseignantes développent finalement chez les élèves une image des mathématiques comme une matière abstraite, difficile et inaccessible.

Qu’observons-nous chez les enseignants titulaires d’un baccalauréat scientifique C ou D?

Tableau 4

Les activités observées dans les classes tenues par les enseignants ayant un profil de scientifique (bac C ou D)

Les étapes du déroulement du cours	Les tâches exécutées par l'enseignant	Stratégies pédagogiques appliquées par le maître	Les activités des élèves
1. PRÉSENTATION **-Pré-requis** **-Présentation de la situation**	-Pré- requis : Un tableau de proportionnalité est présenté (2,7×1000; 3,4×1000; 5,6×1000), -Présentation de la situation : Des questions sont poséesaux élèves pour introduire la situation d'apprentissage, -Des consignes sont données aux groupes pour les recherches, -Des fautes dans l'écriture du titre au tableau.	-Utilisation de règles, de compas, d'équerre, -Des groupes de travail sont constitués, -Des objets (boîtes de croies, d'allumettes) sont distribués aux groupes de travail pour les manipulations.	-Ils répondent aux questions du maître, -La classe participe activement et donne des réponses pertinentes.
2. DÉVELOPPEMENT **a- Résolution de la situation** **b- Présentation de la production** **c- Validation** **d-Synthèse et Fixation**	-Résolution de la situation : Quelques fois, absence de préparation mentale lointaine (absence de fiche préparée), -Présentation de la production : Demander à un élève de présenter le travail de son groupe au tableau, -Validation: Les propriétés du pavé droit et du cube sont données / la formule de calcul de la dimension réelle est présentée / les sous-multiples du litre sont cités, -Synthèse et Fixation : Précision orale et écrite de la bonne réponse.	-Manipulation d'objets dans chaque groupe : utilisation de tubes gradués pour mesurer des quantités d'eau.	-Les groupes cherchent ensemble la solution, -Utilisation des ardoises pour faire les calculs.
3. EVALUATION	-Des exercices individuels sont proposés, -Séance de 40 minutes réalisée en 1 heure et 10 minutes.	-Travail individuel, -Évaluations écrites.	-Des exercices écrits sont traités, –Des exercices tirés du manuel doivent être traités à la maison.

Les pratiques des enseignants de profil scientifique sont plus proches des méthodes recommandées. En effet, la méthodologie de l'enseignement des mathématiques dans le primaire consiste, faut-il le rappeler, à partir de la manipulation à l'abstraction en passant par la recherche. Concrètement, les élèves manipulent des objets suivant les consignes du maître et aboutissent à la découverte d'une propriété ou d'une formule donnée.

La durée prévue dans l'emploi du temps est rarement respectée. Des séances prévues pour 40 minutes sont exécutées en 1 heure et 10 minutes, voire plus. Les enseignants issus des filières scientifiques semblent passionnés par les mathématiques. Ils y consacrent plus de temps de travail avec leurs élèves et partagent avec ces derniers des astuces pour résoudre certains problèmes.

Très à l'aise avec les mathématiques, la rigueur de ce groupe d'enseignants ne s'applique pas aux matières littéraires. Les nombreuses fautes dans l'écriture des titres et les incorrections dans les propos tenus en classe montrent que certains parmi eux ont négligé les matières littéraires pendant leur cycle scolaire. Ils trainent encore ces lacunes et passent peu de temps dans les séances de littérature (expression écrite, lecture, exploitation de texte, grammaire) où des questions posées par les élèves sur le sens de certains mots restent généralement sans réponse.

Les observations directes ont certes donné des résultats sur les pratiques enseignantes dans le primaire en ce qui concerne les mathématiques. Il reste à interroger ces enseignants pour comprendre la nature réelle de leur rapport au savoir mathématique à enseigner.

2.4. Résultats de l'entrevue avec les maîtres

Lors de l'entretien individuel, les enseignants retenus ont donné leur réaction devant deux questions.

Dans vos enseignements, êtes-vous à l'aise avec les séances de mathématiques ?

Réponses des maîtres de profil littéraire (bac A) :

- « J'ai des difficultés avec les maths depuis le collège. En classe de quatrième, le prof de maths n'aimait pas ma tête. Il me donnait toujours de mauvaises notes. Au lycée, je ne suivais plus les cours de maths ».
- « Moi, je n'ai jamais aimé les maths, je préfère donc les petites classes où les enfants ne posent pas trop de questions ».
- « Comme les maths sont un peu difficiles pour moi, j'essaie d'appliquer les fiches que des collègues m'ont données ».

Réponses des maîtres de profil scientifique (bac C ou D) :

- « Je suis à l'aise en maths comme dans les séances de sciences et technologie. Les leçons de maths ne m'effraient pas ».
- « Je suis à l'aise en maths. C'était ma matière de base au lycée. Mes élèves réagissent bien en maths et ont de fortes notes à l'examen régional ».
- « Très à l'aise, c'est même pour cela que j'ai décidé de prendre les classes de CM2. Dans cette classe au moins on fait un peu de maths. Après le bac, je

souhaitais poursuivre des études de maths à l'Université, mais j'ai été mal orienté ».

Ces différents propos montrent que les enseignants n'ont pas le même rapport au savoir mathématique à enseigner. Ce rapport est en relation avec leur passé d'élève et la nature du commerce qu'ils ont eu avec cette matière dans le secondaire. La carrière scolaire les a formatés d'une manière qui justifie désormais leur manière d'enseigner les mathématiques.

À présent, que répondent–ils à la deuxième question?

Comment trouvez-vous les séances de mathématiques?

Maîtres de profil littéraire (bac A) : « Elles sont pénibles », « difficiles », « on est obligé de faire avec », « j'enseigne les maths parce que l'emploi du temps me l'impose », « pour aller vite je survole les leçons de maths trop difficiles », « je ne perds pas trop de temps en maths car les autres leçons attendent ». « Les élèves doivent avant tout apprendre à lire et à écrire ». « Moi, je mets l'accent sur le français car c'est la base de tout ».

Maîtres de profil scientifique (bac C ou D) : « Il n'y a pas assez d'heures de maths dans les emploi de temps », « je préfère ce cours, car j'aime les mathématiques », « c'est mon cours préféré, mes élèves aussi aiment le cours de maths », « pour bien faire les maths il faut prendre les classes de CM2 »,« J'aime la classe de CM2 où je prépare les élèves en mathématiques pour le collège », « je fais beaucoup de mathématiques avec mes élèves, je leur donne des astuces pour résoudre les problèmes », « mes élèves doivent avoir un bon niveau en mathématiques ».

Les opinions des enseignants sur les séances de mathématiques sont également conformes à l'identité scolaire et intellectuelle qu'ils ont développée dans le secondaire. Si les littéraires de formation les trouvent difficiles, pénibles et ont tendance à les survoler, les scientifiques trouvent ces séances agréables et regrettent qu'elles ne bénéficient pas davantage de temps de travail dans les emplois de temps. Le rapport au savoir mathématique à enseigner dépend donc du profil scolaire des acteurs et oriente leurs activités d'enseignement.

3. Discussion

Les résultats de cette étude sont conformes aux objectifs qu'elle s'est assignée. D'abord, l'identité scolaire, la personnalité intellectuelle des instituteurs retenus pour l'étude est connue. Selon la filière d'enseignement suivie au lycée, ils ont une identité de littéraire ou de scientifique. Ensuite, les observations ont montré que la manière d'enseigner les mathématiques est en relation avec l'identité intellectuelle développée au lycée. Les entretiens ont prouvé finalement que le rapport au savoir mathématique des enseignants du primaire dépend également de leur identité de littéraire ou de scientifique. Les trois objectifs de cette étude sont donc atteints. Il reste à vérifier si l'hypothèse émise est validée par les résultats analysés. En effet, à travers les propos tenus à l'entretien et les observations de classes, il est apparu qu'il existe un lien entre le profil d'élève qu'ils ont été et la manière d'apprécier les séances de mathématiques et de les enseigner. Ces résultats valident donc l'hypothèse de recherche : « *Durant leur parcours d'élève, certains enseignants ont suivi des filières littéraires, d'autres, des filières scientifiques, technologiques ou artistiques. Ces filières de formation leur ont donné une identité spécifique qui intervient dans leur rapport aux différentes matières enseignées. Par conséquent, le rapport au savoir mathématique à enseigner chez les instituteurs dépend de la filière d'enseignement suivie au lycée.* ».

La validation d'une telle hypothèse sous-entend trois idées. La première est liée à la formation des enseignants dans les CAFOP. Cette formation de deux années dont une théorique et l'autre sur le terrain de stage n'a pas d'impact décisif sur leur personnalité intellectuelle déjà constituée pendant leur séjour au lycée. Dans l'exercice de leur profession, les maîtres manifestent essentiellement des compétences acquises dans leur trajectoire d'élève. Dans une telle situation, l'effet-maître traduit les compétences d'un maître dont l'efficacité repose sur l'excellence scolaire qu'il a incarné au lycée. L'importance de ce point vient de ce que des études montrent, à savoir que l'effet-maître l'emporte sur l'origine sociale dans certains parcours d'élèves (J.-M. De Queiroz, 1995).

La seconde idée est relative au fait que les enseignants ne transmettent que ce qu'ils ont le mieux assimilé durant leur parcours scolaire. Dans les filières d'orientation du second cycle du secondaire les élèves sont formés par des professeurs qui ont eux-mêmes séjourné dans leur discipline d'enseignement durant deux cycles universitaires. L'impact de leur travail quotidien sur la personnalité des apprenants est donc indéniable. Les bons élèves copient, à travers le type de raisonnement valable dans une matière, des manières d'agir, de penser et de concevoir les choses. S'ils sont bons en classe, c'est généralement dans certaines matières de base. Les élèves sont rarement bons dans toutes les matières à la fois (Daverne, Dutercq, 2013). Ils sont soit littéraires ou scientifiques. En conséquence, un enseignant du primaire ne peut être bon dans toutes les matières qu'il est censé enseigner en principe. D'un maître à l'autre, les élèves apprennent donc différemment.

La troisième idée fait de la réussite des élèves en mathématiques une affaire de chance scolaire. Le futur scientifique ou mathématicien est celui qui a eu la chance de rencontrer dans son cycle primaire des maîtres efficaces en mathématiques qui ont su inculquer en lui le goût de cette matière. Or, une telle rencontre reste très fortuite à l'état actuel du fonctionnement de l'école. La scolarité devient alors une aventure incertaine pour les enfants ainsi que leur famille. Il est très difficile de prédire pour un enfant qui s'inscrit au CP1 une future carrière de mathématicien ou de scientifique. En clair, c'est le fonctionnement même de l'école qui justifie les difficultés des élèves en mathématiques. C'est donc le système scolaire dans son ensemble qui doit se mettre à l'école de la rigueur mathématique si nous voulons libérer les vocations pour les carrières dans les domaines mathématiques. B. Zarca (2012) présente cette science dure comme « la reine des sciences » qui représente le « modèle de la rigueur démonstrative et de la précision conceptuelle. » Cette « science objective et exacte » s'est bâtie, selon lui, sur un imposant édifice durant plusieurs siècles d'histoire émaillée toutefois de crises majeures. Le sociologue cite celle des grandeurs irrationnelles, celle des fondements, sans oublier :

> Le casse-tête des quantités négatives et imaginaires, les paradoxes des sommations infinies, et la « catastrophe » que fut la découverte des géométries non euclidiennes pour les mathématiciens qui croyaient que Dieu avait créé le monde selon les lois de la géométrie euclidienne, qu'ils n'avaient fait, eux, que découvrir et qui, en conséquence, était la seule vraie.(B. Zarca, 2012, p.57).

CONCLUSION

L'enseignement des mathématiques en Côte d'Ivoire est en réalité un problème social. Le système scolaire peine à former les ressources en mathématiques dont le pays a besoin. Les taux d'échec dans les facultés de math-info ou de physique-chimie sont de vrais records, car moins de dix personnes sortent chaque année de ces facultés avec un master. Depuis quelques années, en effet, le concours de recrutement des professeurs de lycée (niveau master en mathématiques ou en physique-chimie), lancé par l'Ecole Normale Supérieure peine à trouver des candidats. Pour 150 places à pourvoir par discipline, il se présente parfois six candidats.

Les résultats de ce travail montrent clairement que l'explication profonde de la pénurie de mathématiciens en Côte d'Ivoire est à rechercher dans l'enseignement primaire. Les pratiques enseignantes des instituteurs doivent être sérieusement interrogées si nous voulons entreprendre des réformes pour améliorer les chances de réussite en mathématiques. Pour cela, les conseillers pédagogiques doivent encourager les maîtres à utiliser le matériel de travail prévu pour les séances d'enseignement en général et de mathématiques en particulier. De plus, il faut renforcer l'encadrement pédagogique et la formation continue des maîtres.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BAUTIER, E. et RAYOU, P. (2009).Les inégalités d'apprentissage. Programmes, pratiques et malentendus scolaires. Paris : Puf.

BAUTIER, E. et ROCHEX, J.-Y. (1998).L'expérience des nouveaux lycéens. Démocratisation ou massification ? Paris : Armand colin.

CHERKAOUI, M. (1979).Les paradoxes de la réussite scolaire. Paris :Puf.

COTE D'IVOIRE. Rapport d'analyse statistique du système éducatif 2015-2016.

DAVERNE, C. et DUTERCQ, Y. (2013).Les bons élèves. Expériences et cadres de formation. Paris : Puf.

DE QUEIROZ, J.-M. (1995).L'école et ses sociologies. Paris : Nathan.

ISAMBERT-JAMATI, V. (1995), Les savoirs scolaires. Enjeux sociaux des contenus d'enseignement et de leurs réformes. Paris: L'Harmattan.

KROUÉLÉ, T. (2012). Filières d'enseignement et identités scolaires et sociales des lycéens en Côte d'Ivoire, InRevue ivoirienne des sciences de l'éducation(n°12, p.86-97).

ZARCA B. (2012).L’univers des mathématiciens. L’éthos professionnel des plus rigoureux des scientifiques. Rennes : Pur.

TANAR 10 : UN AUXILIAIRE DIDACTIQUE PERTINENT POUR L'APPRENANCE DES MESURES PHYSIQUES RÉELLES DANS L'ENSEIGNEMENT SESONDAIRE

José-Emmanuel MATA TOMBO
Professeur à l'UPN / Physique et Sciences Appliquées, RD Congo

José INDENGE Y'ESAMBALAKA
Professeur à l'UPN / Mathématique et informatique, RD Congo

Stéphane N'GUIZANI ZA MAKIONA
Chef de Travaux à l'UPN / Physique et Sciences Appliquées, RD Congo.

RÉSUMÉ

Conçue pour rendre aisé et convivial le calcul sur les approximations des mesures physiques réelles, notées *MPR*, la Table des Nombres réels Arrondis à dix pour cent près – *TANAR 10 en sigle* - permet de recadrer des concepts usuels courants – ambigus à la fois : *les chiffres significatifs* et *les nombres arrondis*.

Pour disposition, une nouvelle table numérique - *TANAR 10* – qui s'offre pour besoin de l'observation empirique en sciences physiques, s'apprête à lever toute équivoque. La recherche de la valeur ohmique des résistors au carbone sert de matière.

MOTS CLÉS

Apprenance – Chiffres significatifs – *ESN* - Instruments – MPR - Ordre de grandeur - *TNR* - *RCA – R.10% – TANAR 10.*

SUMMARY

Conceived to make easy and convivial calculation on the approximations of real physical measurements, noted *MPR*, the Table of the real Numbers Rounded to ten percent close - noted *TANAR 10* - allows to rehabilitate at these current concepts – but often ambiguous : *significant figures* and *numbers rounded*.

For provision, a new numerical table - *TANAR 10* - which is offered for need for empirical observations in physical sciences is on the point of raising any ambiguity. Then the research of the Ohm value of the carbon resistors is used as matter.

KEYWORDS

Apprenance - Significant figures - standardized scientific Writing (*ESN*) - Instruments – MPR - Order of magnitude - principle running of truncation of numbers (*TNR*) - Current rule of round (*RCA*) - Rule of the ten percent (R.10%) - *TANAR 10*.

INTRODUCTION

À l’heure des applications informatiques à outrance, l’ingénierie pédagogique n’a pas encore présenté l’instrument pertinent devant accompagner les prescrits curriculaires élaborés pour des apprentissages de qualité encourant les mesures physiques réelles – *MPR* en sigle – réputées *toujours entachées d’erreurs*. Pourtant l’enseignement actuel de cette matière, dans bien de systèmes éducatifs du monde, est caractérisé par de petits écarts imprévisibles de mesure qu’il y a lieu d’estimer au mieux.

Face à cette situation de manque, une table numérique a été conçue et est régulièrement testée : la table de nombres réels arrondis à dix pour cent près, *TANAR 10* en sigle (KATUKA et al., 2012 ; MATA TOMBO, 1990, 2006, 2009 et 2013 ; MATA TOMBO et al., 2004 et 2017). *TANAR 10* ambitionne de rendre aisé et convivial le calcul sur les approximations de mesures.

Depuis, *TANAR 10* est restée sur le banc d’essai en terre congolaise, bravant critiques diverses sans être ébranlée de quelque manière. En novembre 2009, comme sur le fond baptismal. Elle va constituer l’un de points focaux dans la présentation et soutenance publique d’un mémoire de DEA, à l’Antenne de Kinshasa / UPN de la CUSEAC / UMNG CUSEAC / UMNG (MATA TOMBO, 2009). Entre temps, de tentatives audacieuses entreprises permettent de numériser ladite table au point d’élargir son champ d’application de 0,5 à 50,0% (MATA TOMBO et KEDI, 2017).

Pour large diffusion et agrément, la version initiale de la table *TANAR 10* est présentée ce jour aux autres scientifiques de l’Afrique, pendant les assises du colloque d’ADiMA 2.

Quid *TANAR 10* ? Quel est son impact dans l’enseignement des *MPR*? Apporte-telle innovation dans le calcul des approximations, en physique expérimentale notamment? Mérite-elle une attention particulière sur les chemins de l’apprendre scolaire et dans la formation des enseignants de sciences physiques ?

Une série d’interrogations auxquelles le présent exposé tentera de répondre, préoccupations qui convergent vers la question essentielle : *Qui du mathématicien puriste et du physicien exploite à suffisance les chiffres significatifs, et ce, avec quel instrument spécifique*, laquelle conséquemment motive comme fondement l’hypothèse de la réflexion en cours :

La nouvelle table numérique *TANAR 10* sert dans l’enseignement des mesures physiques réelles au secondaire. Il est possible de l’intégrer dans la formation initiale de l’enseignant de physique.

Entre autres moyens d’études, la mise à disposition principalement des résultats d’études antérieures élaborées et/ou publiées.

Pour ce, le plan de textes élaborés se présente, outre l’Introduction et la Conclusion (Considérations + Perspectives), comme suit :

- 1. Les mesures physiques réelles. Quid?
- 2. Essentiels de calcul et protocole pour chiffrer les *MPR*
- 3. *TANAR 10* pour le recadrage des notions *MPR* usuelles. Discussions

1. Les mesures physiques réelles. Quid?

Le contenu relatif aux incertitudes de mesure – c'est nous qui disons *mesures physiques réelles*, et notons *MPR* – est sujet à des imprécisions de mesure qu'il y a lieu d'estimer nécessairement par un calcul spécifique. Lequel contenu paraît pourtant rebuté par la multitude, alors que le progrès technico-scientifique de l'heure est tributaire de l'exploitation minutieuse de petits écarts de mesures.

1.1. Formulation requise et spécifications des *MPR*

De différentes formulations préconisées et proposées, nous avons opté pour le modèle (F-1.1) de BRASSEUR et al. (1973), dont justifications et motivations suivent en termes de spécifications.

$$\boldsymbol{G} \pm \Delta\boldsymbol{G} = (\boldsymbol{X} \pm \boldsymbol{Y})\ \boldsymbol{unit}\text{é}\ \boldsymbol{de\ mesure} \qquad \text{(F.1-1)}$$

1.2. Spécifications et caractéristiques des *MPR*

Les incertitudes de mesure ou incertitude dans les mesures, nous disons *MPR*, est un contenu de la sous-branche métrologie, codé CDU 530.083. Déjà en classe d'initiation scientifique au lycée, son enseignement n'affiche ni qualité ni attraction manifeste chez les apprenants (MATA TOMBO, 2009 : 32).

Ci-dessous relevées les principales caractéristiques des *MPR*

a) $\boldsymbol{G} = \boldsymbol{X}\ \boldsymbol{un.mes}$, le mesurande ou la composante observable de la mesure $(\boldsymbol{X} \in \mathbb{R})$.

b) $\Delta\boldsymbol{G} = \boldsymbol{Y}\ \boldsymbol{un.mes}$ est l'erreur de mesure sur G $\left(\boldsymbol{Y} \leq \frac{\boldsymbol{X}}{\boldsymbol{10}}\right)$.

c) $\boldsymbol{G}$ et $\Delta\boldsymbol{G}$ s'expriment avec la même unité de mesure (celle de $\Delta\boldsymbol{G}$ servant de référent).

d) L'*ordre de grandeur*[26] de $\Delta\boldsymbol{G}$ est un prévalue exigible au su de la *précision* $(\boldsymbol{not}\text{é}\boldsymbol{e}\ \boldsymbol{\varepsilon_G})$, fixée sur des observations chiffrées - opérées et gérées.

Dans l'enseignement général, de nombreux scientifiques – dont BRASSEUR et al. (1973), DEBOT al. (1953), D'HAINAUT (1968), HAELTERMAN et al. (2012), KANE et al. (1992) ; TAYLOR (2000) – observent un taux d'erreur (= *précision*) n'excédant pas $\boldsymbol{10}$ %.

---

[26] L'*ordre de grandeur* représente la valeur arrondie d'un nombre, exprimée en termes de puissance de 10 (D'Hainaut, 1968).

e) Le mesurande ne peut que contenir des chiffres significatifs (0, 1, 2, …, 8 ou 9), comptés au plus égal à l'*ordre de grandeur* de l'erreur $\Delta \boldsymbol{G}$ qui l'affecte (BRASSEUR et al., 1974).

2. Essentiels de calculs et protocole pour chiffrer les *MPR*

Pour les mêmes auteurs, généralement l'estimation de l'erreur de mesure (ΔG) précède l'évaluation du mesurande (G). Pour cela, nous nous appliquons avec deux outils de calcul : *TNR* et *TANAR 10*[27], pour dire respectivement le principe de troncature des nombres réels et la table de nombres réels arrondis à dix pour cent près (KATUKA et al., 2012 ; MATA TOMBO, 2006, 2009 et 2013).

2.1. Le principe de troncature des nombres réels (*TNR*)

En lieu et place de *la règle courante d'arrondi* (*RCA*), nous suggérons le terme *TNR* - préféré - car justifié par l'action qu'il génère : *circonscrire* (= couper l'écriture du) le coefficient *Y à un rang donné* (MATA TOMBO 2006 et 2009). Et, *TNR* y concourt en abrogeant pas à pas la suite de la partie non significative de chiffres composant le mesurande (G).

Après ses études primaires, l'élève s'exerce à *tronquer* les nombres décimaux (aux rangs des unités, des dixièmes, voire de centièmes) dans les calculs courants, alors que les sciences physiques n'ont pas encore résolument pris forme dans le cursus du secondaire. Des directives officielles sont édictées sur des chiffres significatifs, au point de ne faire plus tard de la physique un beau champ de mathématiques (MINEPSP-1, 1988 ; MINEPSP-2, 2009).

La figure 2,1 - reprise de même MATA TOMBO – dessine le schéma illustratif de l'applicabilité de *TNR*. Un exemple chiffré est présenté dans la suite.

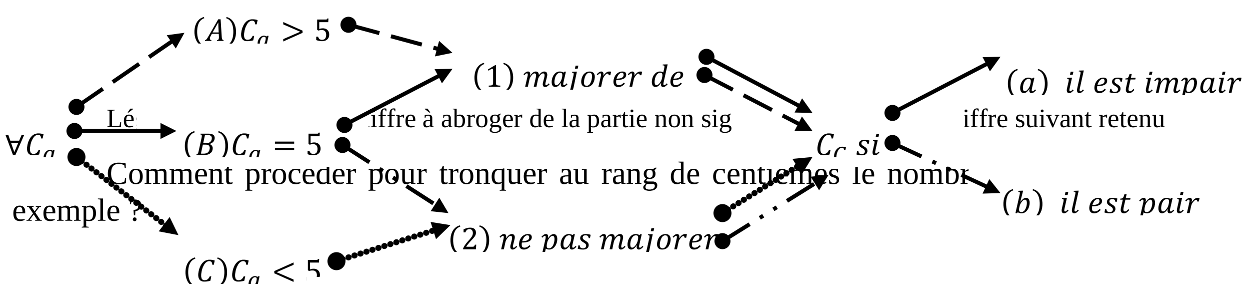


Figure 2,1 : *Processus d'applicabilité du*

---

[27] Transfuge de *la règle des dix pour cent* (R.10 %, telle que discutée par les scientifiques de UCL (DEBOT et al., 1953 ; BRASSEUR et al., 1974)

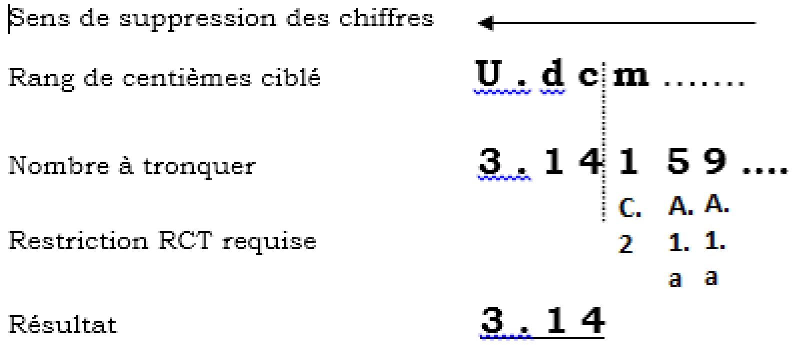
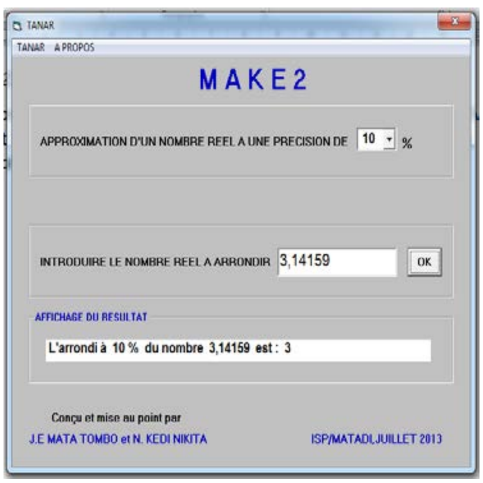
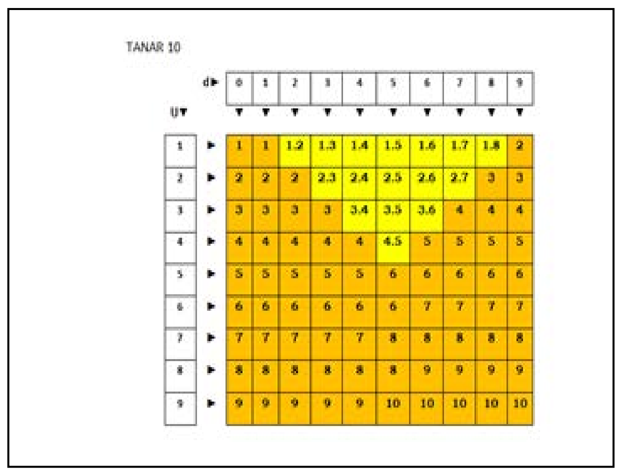


Figure 2 : Application de TNR sur l'irrationnel π tronqué à 3.14

2.2. La table des nombres réels arrondis à dix pour cent (*TANAR 10*)

Le projet du logiciel *MAKE 2* (Figure 2,3) s'ouvre sur la gamme de tables numériques *TANAR*, dont *TANAR 10* (Figure 2,4), applicable dans les classes d'initiation scientifique au lycée, pour l'approximation de nombres à 10 % près.




TANAR 10

U ▼ \ d ►	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2
2	2	2	2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3	3
3	3	3	3	3	3.4	3.5	3.6	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4.5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8
8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10

Figure 2,3 : Page d'accueil du logiciel MAKE 2

Figure 2,4 : Format structural de TANAR 10

Les seuls arrondis $\boldsymbol{A_o = U.d}$ affichés dans la table *TANAR 10*, avec un maximum d'au plus deux chiffres significatifs, sont ainsi libellés : ∀ réel $\boldsymbol{Y}$**,** en format décimal, est arrondi à au plus deux chiffres marqués, soit :

$$\boldsymbol{A = U.d} \qquad \text{(F.2-1)}$$

Pour peu que **U** = $\boldsymbol{d} \in$

1]1,12 1,81[

Tableau 2-1 : *Arrondis A_o à 02 chiffres significatifs et intervalles de*

2	]2,23	2,72]
3	]3,34	3,63]
4	]4,45	4,54]

Comment procéder pour arrondir à 10% près l'irrationnel π?

Tableau 1
TANAR 10 appliquée sur le nombre irrationnel π = 3.141 59…

Phase	Action	Application	Observation
P 1	*Mettre* $\boldsymbol{Y}$ en *écriture scientifique normalisée (ESN)*	$Y \in \mathbb{R} \mid \boldsymbol{Y} = \boldsymbol{A} \times \mathbf{10}^{\boldsymbol{n}}$ (F-2.2) avec $1 \leq \boldsymbol{A} < 10$ et $\boldsymbol{n} \in \mathbb{N}$	$\pi = 3.141\ 59 \ldots \times 10^0$ $A = 3.141\ 59 \ldots$; $n = 0$
P 2	*Tronquer A au rang de dixièmes, soit :* $\boldsymbol{A_t}$	$\boldsymbol{A} \rightarrow \boldsymbol{A_t} = \boldsymbol{U}.\boldsymbol{d}$ (F-2.3) <u>Légende</u> : $\boldsymbol{U}$ = unité $\boldsymbol{d}$ = dixième	$A_t = 3.1$ $U = 3$ *et* $d = 1$
P 3	Dans la table, *lire l'arrondi* $\boldsymbol{A_o}$ de A *à la croisée de* $\boldsymbol{U}$ *et* $\boldsymbol{d}$	$\boldsymbol{d} \downarrow$ (Figu $\boldsymbol{U} \rightarrow$	$\boldsymbol{A_o = 3}$
P 4	*Résultat* (à convertir en format décimal)	$\boldsymbol{Y_o} = \boldsymbol{A_o} \times \mathbf{10}^{\boldsymbol{n}}$ (F-2.2')	$\boldsymbol{\pi_o = 3 \times 10^0 = 3}$ Note : $10^0 = 1$

Certes, la démarche ici étayée simplifie significativement *la règle des dix pour cent* (*R.10 %*), conseillée et appliquée par les mêmes auteurs (BRASSEUR et DEBOT ; D'HAINAUT), pour arrondir à ce taux d'erreur les nombres réels.

Toute activité humaine d'envergure est un travail de suite, dit-on. *TANAR 10* prend appui sur *R.10%* et elle constitue l'un des attributs du logiciel MAKE 2 (MATA TOMBO et al., 2018).

Déjà sur le chemin de l'apprentissage en République Démocratique du Congo (RDC), la table *TANAR 10* fait tâche d'huile dans l'estimation à 10% près des mesures physiques réelles en classe d'initiation scientifique.

De ce fait, sa contribution est manifeste dans la formulation aisée et conviviale des mesures physiques réelles, réputées *toujours entachées d'erreurs*, exploitables au niveau terminal du secondaire sciences**.**

2.3. Application de notions

L'électronique fonde principalement sur des composants électroniques actifs et passifs, dont les résistors au carbone à quatre anneaux ou bandes (Figure 2,4). Les anneaux ***D***, ***U***, ***E*** et ***T*** permettent de chiffrer la valeur ohmique de cette réalité physique, pouvant de facto être calquée suivant la formulation requise (F-1.1), évoquée plus haut.

1° Décodage des anneaux d'un résistor au carbone

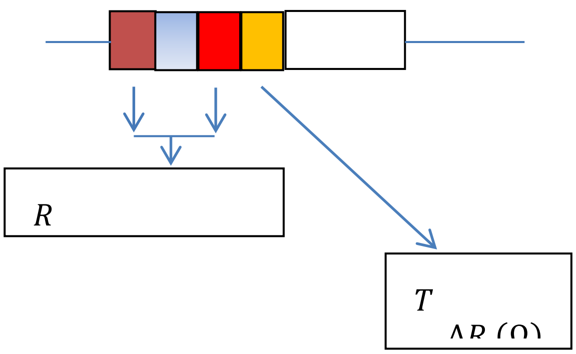


Figure : 2,5 : *Bandes de*

(F-3.1)

(F-3.2)

Se référer respectivement aux expressions (F.3-1) et (F.3-2) pour :

- spécifier les couleurs des trois premiers anneaux conférés au mesurande *R*,
- chiffrer (en pour cent) la couleur du dernier anneau, relative à la tolérance.

En effet, le chiffre ***D*** / ***U***, marque le rang des unités / dixièmes, indiquant la couleur du premier / deuxième anneau, tandis que l'exposant ***E*** signale la couleur du troisième anneau.

2° Le code de couleurs pour résistors au carbone à 4 anneaux

Tableau 2
Code de couleurs pour résistors au carbone à 4 bandes

ande	***oir***	***arron***	***ouge***	***range***	***aune***	***ert***	***leu***	***iolet***	***ris***	***lanc***	***r***	***rgent***	***ncolore***
											1	**2**	**3**
			%	**%**							**%**	**0 %**	**0 %**
	e	**anger**	**ien**	**u**	**eûner**	**oilà**	**ien**	**otre**	**rande**	**êtisé**	**u**	**lors**	**nsolite**

(Tiré de MATA TOMBO, 2013, p. XXXVI)

Note : La dernière ligne du tableau 2 est une astuce en vue de la mémorisation du code de couleurs. Nous ajoutons : *ou – alors – insolite,*

3. *Tanar 10* et la reformulation des notions *mpr* usuelles

Nous discutons, dans cette section, de la formulation requise (F-1.1) de MPR et de ses chiffres significatifs. Les résistors au carbone servent de nouveau comme situation ou matière-support, en explicitant lesdits concepts.

3.1. *TANAR 10* et l'expression requise de *MPR*

E-1 : Soit la mesure :

$$F \pm \Delta F = 7.992\ 354\ 5\ \pm\ 0.047\ 8\ N$$

Il y a lieu de corriger conséquemment cette expression, conformément à (F-1.1).

1e correction : les deux composants F et ΔF devront s'e avec la même unité de mesure (N) :

cf. Spécifications de composantes d'une MPR /. paragraphe 1.2c

$$F \pm \Delta F = (7.992\ 354\ 5\ \pm 0.047\ 8)\ N$$

Arrondir ΔF à 10 % près

2e correction : Appliquer *TANAR 10* sur l'erreur de mes

Passer en revue les différentes étapes du processus y afférent (cf. Tableau 1)

Mettre ΔF en format décimal

$\Delta F = 0.047\ 8\ N$, estimant au taux de 10 % près son coefficient chiffré (Y = 0.047 8).

En effet,

a) $Y = 4.78 \times 10^{-2}$ (A = 4.78 n = -2)
b) Du facteur libellé (A) au tronqué A_t :
$A \Rightarrow A_t = 4.8$ (U = 4 d = 8)
c) L'arrondi A_o = 5 est lu à la croisée de
U = 4 et d = 8, dans la table TANAR 10
d) $Y_o = 5 \times 10^{-2}$

De lors, l'erreur de mesure estimée est :

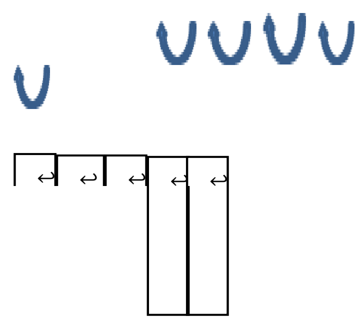
$$\Delta F = 0.05\ N$$

arrondie au rang de centièmes de l'unité de mesure.

3e correction : Au su de l'ordre de grandeur ainsi estin circonscrire la valeur chiffrée du mesurar F au rang de centièmes de l'unité de masure N, des r trictions *TNR* concourant.

Troncature du coefficient de F au su de l'ordre de grandeur de ΔF

7 . 9 9 2 7 5 4 5



$$X = 7.99\mathbf{2\ 754\ 5} \quad \Rightarrow \quad X = 7.99$$

D'où, le résultat

$$\underline{F \pm \Delta F = (7.99 \pm 0.05)\ N} \qquad \text{(F-1.1)}$$

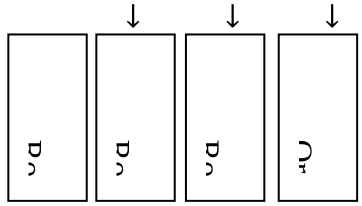
$$(\varepsilon_F = 0.62\ \%)$$

Les deux exercices de la suite portent sur les résistors au carbone, tels qu'évoqués plus haut (Figure 2,5).

E-2 **D U E T** anneau

↓ ↓ ↓ ↓

Caractéristiques des anneaux du résistor

-  valeurs codées

TANAR 10 appliquée sur 2200 l'arrondit à 2000 !

$$R_1 = 22 \times 10^2\ \Omega \qquad \text{(F-3.1a)}$$

$$\Delta R_1 = \frac{5 \times 2\,000\ \Omega}{100} = 100\ \Omega \qquad \text{(F-3.2a)}$$

$$\underline{R_1 \pm \Delta R_1 = (2\,200 \pm 100)\ \Omega}$$

$$(\varepsilon_{R_1} = 4.6\ \%)$$

Pour compter les chiffres significatifs dans la mesure obtenue, la formuler en écriture scientifique normalisée (ESN), soit :

$$R_1 \pm \Delta R_1 = (22 \pm \mathbf{1})\ 10^2\ \Omega$$

Ainsi, les 2 chiffres marqués du ***mesurande*** $\boldsymbol{R_1}$ sont significatifs (2 et 2), étant au moins de même ordre de grandeur que $\Delta \boldsymbol{R_1}$**.**

Certes, il s'agit ici d'un point de vue du physicien, plus explicite que la vision formaliste du mathématicien puriste (Vanhamme, 1973 ; www.mathematiquesfaciles.com).

En effet, déjà à l'origine du concept, nous noterions que rien n'a été dit sur cette interrogation, aussi simpliste que fondamentale - formulée comme suit : ***significatifs*** *par rapport à quoi ?* Pourtant en physique expérimentale, cette préoccupation trouve bonne réplique :

Des chiffres ***significatifs*** *du mesurande au su de l'ordre de grandeur de l'erreur de mesure qui l'affecte* (BRASSEUR et al., 1973 ; D'HAINAUT, 1978 ; KANE et al., 1997 ; KATUKA et al., 2012 ; MATA TOMBO, 2006, 2009 et 2013).

Il faut toutefois reconnaitre que les considérations mathématiques tout-à-fait orientent le physicien dans ses observations du réel vécu - *contextualisées et contextualisables.* Les deux exemples précédents étayés confirment cette allégation, de même la situation (E-3) qui suit :

E-3 : $50\ \text{k}\Omega\ (\pm 20\ \%)$ (F-3.3)

C’est là une autre manière d’exprimer couramment les résistors au carbone. Dans le cas d’espèce, retrouvons la formulation conviviale (F-1.1) : $R_2 \pm \Delta R_2 = (X \pm Y)\ \Omega$

Restriction 1 : retrouver l’erreur de mesure ΔR_2, partant de (F-3.2),

$$\Delta R_2 = T\ (20\ \%)$$

avec $R_2 = 50\ k\Omega$ et T = 20 %

mieux,

$$\Delta R_2 = \frac{20 \times 50\ 000\ \Omega}{100} = 1\ 000\ \Omega$$

TANAR 10 appliquée sur 1 000 ne modifie nullement le mesurande

Restriction 2 : reformuler enfin le résultat $R_2 \pm \Delta R_2$:

$$\underline{R_2 \pm \Delta R_2 = (50\ 000 \pm 1\ 000)\ \Omega}$$

$$(\boldsymbol{\varepsilon_{R_2}} = \mathbf{20}\ \%)$$

ou

$R_2 \pm \Delta R_2 = (50 \pm 1)\ 10^3\ \Omega$

Combien de chiffres significatifs y’a-t-il dans le mesurande R_2 ?

D’où, **5** et le zéro (**0**), qui le suit, sont les seuls chiffres significatifs du mesurande R_2, au regard de l’ordre de grandeur de l’erreur de mesure ΔR_2 qui l’affecte.

En effet, certains zéros alignés dans R_2 = 50 000 Ω ne servent qu’à compléter les rangs, ils ne sont nullement significatifs dans le présent contexte (les trois derniers!).

Spécifier les quatre couleurs d’anneaux caractéristiques du résistor sous examen est cet exercice que pourra aisément opérer le lecteur, en misant sur les algorithmes (F-3.1) et (F-3.2) et, de facto, vérifier que la valeur nominale [marquée : $\boldsymbol{R_2}$ *(±T %)*] et la valeur ohmique calculée du résistor ($R_2 \pm \Delta \boldsymbol{R_2}$) soient identiques aux erreurs expérimentales près, en considérant l’intersection (F-3.4), repris de MATA TOMBO (2018, p. 24-25).

$$[\boldsymbol{R}\ (\pm\ \boldsymbol{T}\ \%)] \cap (\boldsymbol{R} \pm \Delta \boldsymbol{R}) \neq \{\mathbf{0}\} \qquad \text{(F.3-4)}$$

3.2. Deux notions *MPR* ambiguës : *RCA* et nombres arrondis

C'est l'occasion de justifier l'objection faite plus haut (cf. Paragraphe 2.1) de considérer raisonnablement le néologisme *TNR* plutôt que la règle courante d'arrondi (*RCA*), l'attribut *arrondi* faisant débat !

Dans le résultat de E-1, le coefficient 799 serait-il logiquement un nombre *arrondi* (pour y avoir appliqué *RCA*) ? C'est bel et bien *un nombre tronqué* généré par application conséquente de *TNR.*

Quel serait, par ailleurs, l'arrondi à 10 % près de l'irrationnel π = 3.141 59 … ? Certes, l'effet de la suite sera différent du résultat que va afficher – pour ce faire - le croquis illustratif (Figure 2,2), modélisant le processus *TNR*.

De même pour le cas du résistor dont la valeur ohmique est :

$$R_3 \pm \Delta R_3 = (340 \pm 17)\,\Omega$$

l'erreur de mesure affichée est en fait marquée par un nombre arrondi à 10 % près, *TANAR 10* (Figure 2,2) s'impliquant.

Bref, tout nombre réel arrondi au taux d'approximation de 10 % n'est pas nécessairement marqué par *un zéro* en fin de l'écriture. Avec *TNR*, on ne peut que *tronquer* un nombre réel. Ainsi, serait-il moins ambigu de dire *tronquer un nombre réel au rang de dixièmes* que de l'*arrondir au dixième.*

4. Considérations et perspectives

De ce qui précède**,** il y a intérêt manifeste que le mathématicien puriste et le physicien adoptent une attitude conciliante, face au vocable *chiffres significatifs*.

Les chiffres significatifs composent en fait *le mesurande* dans une mesure physique réellement observée. Pour BRASSEUR et al. (1973), D'HAINAUT (1968), KANE et al. (1997), il s'agit de *l'un ou l'autre chiffre (0, 1, 2, … , 8 ou 9) y marqué, ayant au moins le même ordre de grandeur que l'erreur de mesure correspondant* (repris par KATUKA et al., 2012, p. 137 et MATA TOMBO, 2006, p. 09 et 2009, p. 116);

Il vaut aussi de reprendre ici *in extenso* les propositions faites jadis par KATUKA et al. (2012, p. 139), pour lever l'équivoque sur un verbe *MPR* usuel, mais ambigu : *arrondir*.

Tableau 4
Des corrections à opérer sur l'action MPR courante arrondir

Dire	En lieu et place de	Le procédé évoqué	Vocable proposé
Tronquer *un nombre réel au rang de dixièmes*	*Arrondir un nombre réel au dixième*	*RCA*	*TNR*
Estimer *un nombre réel à 10 % près*	*Arrondir à 10 % près un nombre réel*	*R.10 %*	*TANAR 10*

(Tiré de MATA TOMBO et al., 2017 : 21 et complété).

Autant qu'il y a des méthodes pour observer, autant qu'il y en a des procédés, dit-on souvent. Pourtant, il est possible de cheminer à l'unisson – toute la classe entière – quant à l'apprendre consensuel les notions y afférentes. La didactique actuelle l'exige !

Certes, toutes les mesures sont entachées d'erreurs et il est bon de le faire savoir aux élèves et de le faire pratiquer, dès les premières applications numériques.

La physique est une science exacte, mais qui n'ignore jamais les limites de sa précision. Chaque nouveau chiffre significatif représente un progrès de méthodes de mesure et beaucoup de recherche, de temps … et de l'argent (MINEPSP-1, 1988, p. 06 ; MOREAU, 2001; ZADOU-NAISKI, 1954).

La table numérique TANAR 10 – ici présentée – s'offre pour rendre aisée et conviviale l'estimation des mesures physiques réelles. Son intégration dans la formation initiale de l'enseignant de physique au secondaire le rendrait compétent, lors de l'appropriation des savoirs cognitifs et savoir-agir expérimental par les apprenants, exploitant en situations les mesures physiques réelles (www.cudc.uqam.ca-cahier33, p. 29). Qu'elle serve alors utile !

Où situer alors la présente communication qui traite de l'auxiliaire *TANAR 10*, spécifique en physique expérimentale ? Certes, en plein **dans le champ du didactique** ; en effet, *non pas par un simple effet cumulatif, mais parce que ce débat* ouvert *nous fait atteindre un degré de généralité, … d'inter-disciplinaire et de trans-disciplinaire* … , mieux *d'**inter-didactique** et de **trans-didactique*** … , pour reprendre le propos fédérateur de RAISKY et al. (1996, p. 15).

Faudra-t-il, quant à ce, rappeler que la vision de vouloir confronter les résultats de recherche de didacticiens de disciplines différentes a fait du chemin depuis les premières assises du réseau Recherches en Education et Formation (REF), tenues à Liège en 1991?

En formation initiale, les futurs enseignants de sciences de mathématiques pour les lycées de la RDC ont, durant leur cursus universitaire, des enseignements de physique avec des séances de laboratoire, en vue de l'observation effective du réel vécu. De lors, une initiation conviviale aux mesures physiques réelles ne peuvent qu'ouvrir des perspectives louables rassurantes et souhaitables. Nous souscrivons et nous engageons *mordicus*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BRASSEUR, R. et al. (1973). Travaux pratiques de physique. Liège : : ULg / Institut de Physique (inédit)

DEBOT, R. et FALLA, L. (1953). Travaux pratiques de physique. Liège : ULg / Institut de Physique (inédit).

D'HAINAUT, L. (1968). Arrondir et estimer pour mieux calculer. Paris : Classiques Hachette.

HAELTERMAN, M., DEWANDRE, A., GONZE, A. et al. (2012). Notes de laboratoires du cours de Physique générale. Bruxelles : ULB / Fac. Sciences appliquées – Service OPERA (Tapuscrit du cours). htpps://www.mathematiquesfaciles.com/chiffressignificatifs_2_88414.htm (consulté le 13 juillet 2018). htpp://www.cudc.uqam.ca-[CUDC/UQAM, Cahier 33] (consulté le 01 décembre 2015).

KAMBALE, M. G. (2009). Appropriation des mesures physiques réelles par les élèves de 3e et 4e scientifique**.** TFC de graduat. Kinshasa : UPN (inédit).

KANE, J. et STERNHEIM, M. (1997). Physique. Paris : Masson / InterEditions

KATUKA, O. G., KITENGE, O. S., MATA-TOMBO, M. I. et NGUIZANI, M. S. (2012). *Un néologisme français qui vient de la mesure scientifique*. In **CRUPN** n° 051b (2012) : Avril – Juin 2012 : 131-41.

LUVEMBA N. S. (1994). Les chiffres significatifs – Place et impact dans l'enseignement de la physique**.** TFC de graduat. Mbanza-Ngungu : ISP (inédit).

MARLIER, P. (1985). Approximations.*in* Mathématiques et Pédagogie n° 53 (1985) : 67 -78.

MATA TOMBO, J-E. (1990). Réflexions sur l'enseignement des incertitudes de mesure au secondaire. *in* Scientia n° Vol V n° 2 (1990) : 114 – 139.

MATA TOMBO, J-E. (2006). TANAR 10 et l'estimation à 10 % près des mesures physiques réelles / Fiche technique d'une invention (monographie revue). Anvers : EPO.

MATA TOMBO, J-E. (2008). Les tables de nombres réels arrondis à 05, 10 et 20 près – Mémoire descriptif**.** Soumis pour agrément au Ministère congolais de l'Economie et PME.

MATA TOMBO J-E. (2009). Restructuration curriculaire des mesures physiques réelles enseignées dans les lycées scientifiques *Math-Physique* (à Kinshasa, dans la Lukaya et les Cataractes) – Impact de TANAR 10. Mémoire de DEA. Brazzaville : UMNG – CUSEAC, Antenne de Kinshasa UPN

MATA TOMBO, J-E. (2013). D3F – TANAR 10 – TSM : Auxiliaires de l'ingénierie pédagogique pertinents dans la formation de l'enseignant de physique compétent en vue de l'appropriation des mesures physiques réelles dans les lycées Math-Physique. Thèse de doctorat. Kinshasa : UPN / Ecole Doctorale.

MATA TOMBO, J-E. (2018a). Physique expérimentale – Techniques et instruments de mesure / Aperçu et appropriation des esssentiels. Notes rédigées à l'attention des formateurs de futurs enseignants de physiques et de sciences appliquées dans les lycées scientifiques et techniques. Kinshasa : UPN / Ecole Doctorale. Juin Thèse de doctorat. Kinshasa : UPN / Ecole Doctorale (Inédit)..

MATA TOMBO, J-E. (2018b). Le timing de 2 x 50 minutes requis pour une initialisation conviviale à l'emploi de l'emploi de l'auxiliaire didactique TANAR 10. Article en lecture en vue de sa publication (Professeur Jonnaert Ph. CUDC – UQAM).

MATA TOMBO, J-E. et KEDI, N. N. (2018). Le logiciel MAKE 2 justifiant TANAR 50, 20, 10, 05, 02, 01 et 0.5 - Critère d'applicabilité et tables numériques**.** Article soumis en lecture (Professeur Jonnaert P. de CUDC – UQAM)

MATA TOMBO, J-E., MATA-TOMBO, M. I. et NGUIZANI, M. S. (2017). Cohérente implication du carré pédagogique et de 02 auxiliaires de l'ingénierie pédagogique dans les travaux pratiques de physique générale. (2013). *in* CRIDUPN n° 70b. Janvier – Mars 2017 : 251 – 275.

MATA TOMBO, J-E. ; MAKUMBU, N.M. et KITENGE, O.S. (2004). Nombres réels arrondis avec 02 chiffres significatifs au plus – Projet d'un logiciel sur le principe directeur de TANAR 05, 10 et 20. *in* CRPA Vol. 013 Spécial Physique (Mai – Juin 2004) : 157-178.

MINEPSP / DIPROMAD-1 (1988). Programme National de Physique / Enseignement général. Kinshasa : Dipromad.

MINEPSP / DIPROMAD-2 (2009). Programme National de Mathématiques. Kinshasa : CEREDIP.

MOREAU, R. (2003). *L'expérience de cours.* in La pluridisciplinarité dans les enseignements scientifiques. Les Actes de l'université d'été, du 09 au 11 juillet 2001, Cachan. Publiés par le Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation nationale et de la Recherche /Direction de l'Enseignement scolaire- Eduscol le 01 avril 2003

RAISKY, C. et CAILLOT, M. (1996). Au-delà des didactiques, le didactique / Débats autour de concepts fédérateurs. Paris, Bruxelles : De Boeck et Larcier S.A. / De Boeck Université.

TAYLOR, J. (2000). Incertitudes et analyse des erreurs dans les mesures physiques. Paris : Dunod

TOKO, M. (2007). TANAR 10 e a estimacao das medidus Fisnas reais numa perspectiv didactica relativamente functionel. Traduction portugaise du Monographie de Mata Tombo (2006).

ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DE LA FORMATION CONTINUE DES ENSEIGNANTS DE MATHÉMATIQUES DU SECONDAIRE EN RDC

Benjamin MUGARU DAWA
Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématique (IREM) de Kinshasa - RD Congo

Pierre Claver BOMA KITIR
l'Inspection Générale de l'Enseignement (IGE) - RD Congo

Godefroid MBALA MOKE
Enseignement Primaire & Secondaire et Professionnel (EPSP) - RD Congo

RÉSUMÉ

L'enseignement des mathématiques en République démocratique du Congo connait une crise très profonde d'efficacité. Une prise de conscience en termes de rupture avec le passé colonial était plus que nécessaire. Emettant l'hypothèse que la solution durable à cette crise ne pourrait se trouver que dans les interactions continues entre chercheurs (université) et le terrain c'est-à-dire EPSP (Enseignement Primaire & Secondaire et Professionnel), une collaboration IREM-IGE (Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques - Inspection Générale de l'Enseignement) était indispensable. L'IREM restant dans son rôle d'interface entre les deux mondes. Les actions conjointes entreprises sur le terrain, guidées par la didactique des mathématiques, sont essentiellement motivées pour modifier l'enseignement des mathématiques en RDC qui consiste en un ensemble d'informations données aux élèves ; l'aspect signification de la notion n'y étant pas. En conséquence, la formation continue se focalise essentiellement sur le changement de conception de l'enseignement. Enseigner veut dire permettre l'accès des élèves au sens.

1. Situations en République démocratique du Congo

Avec des implications sur le système éducatif, l'histoire politique de la République Démocratique du Congo s'est déroulée en deux temps : colonisation et décolonisation, avec trois grandes étapes dans l'évolution de la seconde.

MOPONDI A. et al. (2009) donnent, de manière détaillée, une analyse très pertinente de notre système éducatif. Ils donnent un tableau en trois grandes périodes :

- *Période de la convention du 26 mai 1906 (1906 à 1950)* : c'est la période de mise en place du système. L'église catholique se charge de l'implantation des écoles avec essentiellement deux visées : l'expansion du catholicisme et la formation très rapide d'une main d'oeuvre au service de la métropole.

  Période des mouvements d'indépendance (1950 à 1970) : des pressions internes et externes poussent à l'amélioration des structures d'enseignement et à la qualité de l'enseignement. Il faut faire évoluer les conditions sociales tout en préparant les nationaux à assumer les responsabilités du pays, d'où la création des humanités complètes et des structures universitaires dans divers domaines.

- *Période de remise en question du système de 1906 (1970 à 1980) :* Où la contextualisation[28] de l'enseignement et la signification (sens) de ce qui est enseigné sont prioritaires.

Nous notons, quant à la remise en question, une évolution remarquable en termes d'infrastructures, en nombre du personnel enseignant et d'élèves (avec un ratio garçon-fille qui a bien évolué). Mais toujours est-il que la remise en question en termes de contenu d'enseignement pour une rupture avec le passé colonial reste encore à faire, nous semble-t-il.

En effet, il y a eu quelques tentatives dès après l'indépendance (1960). Nous pouvons citer par exemple la création de la Commission Nationale de Réforme (CNR) ; de l'Institut de Formation des Cadres de l'Enseignement Primaire et Secondaire (IFCEPS) et du Service National de Formation (SERNAFOR) en 1984. Mais dans un régime de fonctionnement par « urgence » (il fallait rapidement trouver du personnel pouvant administrer le pays et assurer l'éducation) le contenu enseigné n'était pas de nature à promouvoir les réflexions sur le savoir ou à permettre un développement dans le contexte socioculturel du pays.

Par conséquent, malgré le fait que le nombre d'années du secondaire doive passer de 1 ou 2 à 6, et la création des institutions supérieures, les pratiques de l'enseignement, nous parait-il, n'ont pas subi de vraies mutations. La priorité est restée la même : mettre sur terrain et très vite, des techniciens exécutants. Il n'est pas question de prendre une distance critique nécessaire par rapport à son métier, mais de l'exécuter. Cela a conduit à un enfermement dans des ressources disponibles qui, pour la plupart, viennent d'ailleurs. Des ressources non suffisamment interrogées en termes des besoins réels du pays et des enjeux des connaissances. Un exemple éloquent est celui des mathématiques dites « modernes ». Alors que du recul a été suffisamment pris par rapport à cette mise en perspective des mathématiques sous d'autres cieux, ce n'est que dans le programme de 2005 que les mathématiques modernes ont été purement et simplement déboutées ; malheureusement, sans aucun détail ni articulation possible. Du coup, les enseignants, pour la plupart dégoutés ou incertains, s'interrogèrent sur ce brusque changement intervenu comme une « génération spontanée ». C'est ainsi que, démunis ou livrés à eux-mêmes dans ces péripéties, certains enseignants reviennent aux mathématiques modernes!

À cette situation à multiples facettes, la solution est au moins à trois volets : politique, social et scientifique. Notre intervention se situe donc au dernier volet et la didactique des mathématiques nous parait un outil incontournable d'analyse et de recherche de solutions aux crises profondes dans l'enseignement-apprentissage des mathématiques en RDC.

[28] MOPONDI, A. (2010). Approches socioculturelles de l'enseignement en Afrique subsaharienne, ed l'Harmattan,

L'inefficacité de l'enseignement des sciences en général et des mathématiques en particulier présente un tableau alarmant à ce jour. A telle enseigne que même les élèves sont peu motivés aujourd'hui pour embrasser les filières scientifiques et expriment ouvertement leur dégout pour les sciences et les mathématiques.

En voici un extrait très éloquent des sentiments de LOLA ZOLA[29]

> [….]Notre système d'enseignement ne nous apprend pas comment lier la théorie reçue au quotidien de tous les jours et encore moins comment développer l'esprit créatif enfui en chacun de nous. [….]. À quoi servent les formules ? Quelle est la différence entre une égalité, une identité et une équation? Entre l'algèbre et l'arithmétique?
>
> Les mathématiques, à quoi peuvent-elles nous " servir "? Ont-elles une histoire? Y a-t-il encore des résultats à découvrir? [...]

Émettant l'hypothèse que la solution durable à cette crise ne pourrait se trouver que dans les interactions continues entre chercheurs (université) et enseignants (enseignement primaire, secondaire et professionnel), une collaboration IREM-IGE (Inspection Générale de l'Enseignement) était indispensable. L'IREM restant dans son rôle d'interface entre les deux parties.

2. Collaboration irem-ige

Depuis le 25 août 2015, des rencontres de travail n'ont cessé de se multiplier entre le Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Professionnel et l'Université Pédagogique Nationale (UPN) par le truchement de leurs organes respectifs l'IGE et l'IREM. Il était question de faire un état des lieux d'un système en panne généralisée dont la mission était confiée au Directeur de l'IREM sous la supervision de l'Inspecteur Général de l'enseignement primaire et secondaire. Les conclusions générales de ces bipartites se présentent dans le tableau suivant :

3. Les actions sur le terrain

Les actions sur le terrain procèdent de la détermination des deux parties (IREM-IGE) à trouver des solutions aux crises de l'enseignement des mathématiques que traverse la RDC. Les actions entreprises sur le terrain sont essentiellement motivées par **le fait que l'enseignement des mathématiques en RDC consiste en un ensemble d'informations données aux élèves** ; l'aspect « **signification ou sens de la notion** » n'est pas toujours pris en compte. Les enseignements donnés ne poussent pas à la réponse tant attendue à la question « **A quoi servent les maths** ? » comme le souligne LOLA ZOLA. Et pourtant l'expérience montre actuellement que les mathématiques interviennent un peu partout dans nos activités quotidiennes. Quoi de plus normal que les enseignants doivent être ceux qui poussent plus les jeunes (apprenants) à cultiver le goût de cette science.

[29] Une lycéenne de Kinshasa (2016) lors d'une conférence sur les maths à Kinshasa

3.1. Les fondements ou les sources des problèmes

- Beaucoup d'enseignants n'ont pas reçu une formation professionnelle initiale de qualité : leurs compétences professionnelles sont peu avérées. Ces faiblesses sont fortement ressenties sur la qualité des apprentissages des élèves.
- Absence de coordination dans les différents projets ponctuels de formation (appelés communément recyclage, atelier, séminaires, etc.) initiés ou appuyés par certains partenaires éducatifs en faveur des enseignants en général et de ceux de mathématiques en particulier (nous citons par exemple coopérations belge, espagnole, suisse et Unicef).
- Ces projets évoqués ci-dessus portent essentiellement sur l'aspect pédagogique ou méthodologique, très peu sur les contenus mathématiques au secondaire.
- Absence de structure (ou cadre) d'organisation de formation continue des enseignants accordant une place de choix à la mathématique en tant que science. Un cadre où les enseignants trouvent des réponses aux différents problèmes sur l'enseignement des sciences en général et de mathématiques en particulier.
- L'immensité des besoins en formation et l'étendue du pays constituent des défis réels face auxquels les méthodes traditionnelles de formation ont montré leurs limites. C'est ce qui nécessiterait de recourir aux approches innovantes, notamment celles sur les TICE.
- Le dégoût et le manque de motivation des jeunes à embrasser les filières scientifiques, notamment les mathématiques (au secondaire comme au supérieur) comme conséquence de tout ce qui précède.

3.2. Premières actions : observations des classes

Tous ces éléments, et particulièrement « le dégoût et le manque de motivation des jeunes à embrasser les filières scientifiques », expliquent l'urgence de l'organisation d'une rencontre, qui a eu lieu le jeudi 04/03/2017, entre les chercheurs de l'Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques de l'Université Pédagogique Nationale (IREM/UPN) et les Inspecteurs et Enseignants de mathématiques du Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Professionnel (EPSP) pour réfléchir sur les modalités des éléments de solution à apporter.

Il a résulté de cette réflexion la décision de l'envoi sur le terrain, du 06 au 09 mars 2017, d'une équipe formée par les membres des deux institutions pour suivre les enseignements de mathématiques dans un échantillon d'établissements de la ville de Kinshasa afin d'en établir un état des lieux, sur le plan scientifique et pédagogique, des mathématiques qui y sont dispensées.

Comme établissements scolaires visités par Province Educationnelle, nous avons :

- Kin-Est : ITP Passio de Kimbaseke – Institut Scientifique et Commercial de Masina
- Kin-Centre : Lycée Motema Mpiko – Institut Djyalanda de Kasa-Vubu
- Kin-Ouest : Lycée Mgr Shaumba, Ecole de Récupération de la Gombe.

Au total : - 06 établissements scolaires sélectionnés;

- 18 enseignants suivis

Résumé des observations de classes

Après trois jours dans des établissements scolaires, nos constats sont les suivants :

- Les enseignants ont un niveau de formation mathématique, et proviennent essentiellement de l'ISTA, l'IBTP, l'ISP, l'ISPT, l'IPN ou l'UPN30;
- Mais la majorité qui vient de l'ISTsA, ISPT et IBTP n'est pas qualifiée pour le métier d'enseignant.
- Tous les enseignants s'expriment devant les élèves selon un schéma standard, simplifié où :

  L'enseignant monopolise la parole;

  Il maintient l'attention des élèves par des questions/réponses;

  Il n'a pas de contradicteur ; les informations qu'il donne sur une notion sont les seules qui constituent le bilan de la leçon;

  Les élèves sont rarement envoyés au tableau.

Le plus important pour eux, c'est de terminer la séance dans le temps imparti.

Observations de type didactique

- Après ces observations de classes, nous nous sommes demandé si *l'objectif de la séance* est le « *timing* » ou *l'apprentissage*, encore faut-il se mettre d'accord sur ce que nous attendons de l'apprentissage ?
- Le schéma standard suivi par les enseignants soulève des interrogations. La première est sur la « *formulation de tous les objectifs des séances* » par « *… être capable de + un verbe d'action* ».

[30]Institut des Sciences et des Techniques Appliquées (ISTA) – Institut du Bâtiment et de Travaux Publiques – Institut Pédagogique National (IPN) – Institut Supérieur Pédagogique (ISP) – Institut Supérieur Pédagogique et Technique (ISPT).

Il semble, par cette formulation, que le travail de l'apprentissage est réduit à la maîtrise de l'algorithme des calculs.

Nous pensons que l'apprentissage a trois composantes :

- La composante signification (sens) de la notion à enseigner ; elle suppose :
  - se référer à son histoire ou épistémologie,
  - de partir d'un fait de société pour que l'apprenant accroche à la réalité du milieu.
- La composante algorithme des calculs,
- La composante réinvestissement dans sa vie sociale ce que l'élève aura appris.

Et pour les deux composantes, la participation active des élèves dans les activités s'impose ce qui va de pair avec le lâcher prise du professeur qui doit rendre ses élèves autonomes dans leur recherche. L'apprentissage se réalise alors dans la gestion, lors d'un débat, des productions d'élèves.

Cela suppose trois composantes de l'objectif d'un apprentissage :

- D'abord la *signification* (ou sens) à donner à la notion,
- Ensuite la *maîtrise des procédures de résolution*,
- Enfin le *réinvestissement* de la notion.

L'enseignement des mathématiques au secondaire en RDC semble se limiter à la maîtrise des procédures de résolution. *Ce qui nous conduit à constater le « survol » de l'enseignement des mathématiques au secondaire en RDC.*

3.3. Deuxième action : Formation continue des Inspecteurs et quelques Enseignants de la ville de Kinshasa du 02 au 09 août 2017

Cette formation avait comme but essentiel de **présenter et de sensibiliser** les Inspecteurs et les enseignants sur « **une nouvelle conception de l'enseignement des mathématiques** » ; conception dont l'épicentre est le **travail sur le contenu mathématique**. La démarche combine principalement des outils théoriques tels que :

- La TSD (Théorie des Situations Didactiques de G. Brousseau, 1998)[31] : pour l'ingénierie, l'analyse a priori, la conduite de classe et surtout les différents types de situation (action, formulation, validation, institutionnalisation).
- Ethnomathématique (Gerdes, 2009) et sociomathématique (Claudia Zaslavsky, 1973) : trouver des situations locales de contextualisation

[31] Brousseau, G. (1998), Théorie des situations didactiques, La Pensée sauvage, Grenoble.

- Histoire et épistémologie des mathématiques : pour creuser le sens des notions. Répondre à la question « à quoi ça sert ? »

Cette formation a permis de recentrer certains concepts tels que : apprentissage, évaluation pédagogique, situation, analyse a priori, élaboration et présentation d'une fiche de préparation par l'approche par situation.

À la fin, il a été montré la **place de la didactique de mathématiques** dans l'enseignement des notions mathématiques.

Travail didactique

Le travail didactique dans le processus de la formation continue s'est focalisé essentiellement sur **l'analyse a priori**. Les pédagogues parlent de la « préparation d'une leçon ». Elle part de l'épistémologie et de l'histoire mathématique de la notion à enseigner pour savoir à quel moment elle apparaît en mathématiques, à quel problème mathématique posé elle donne une réponse, comment elle a évolué dans le temps, etc. Ce questionnement devrait conduire à préciser l'objectif de l'apprentissage, à identifier ce qui a varié dans le temps (nous parlons de variables) et à mettre en place une progression d'apprentissage où ces variables sont gérées. Quelques exemples ont été traités : parallélogramme, équation, théorème de Thalès, proportionnalité, etc.

CONCLUSION

Le système éducatif en RDC a connu une certaine évolution dans le temps. Nous ne pouvons tout de même pas nous empêcher de mettre au clair le contraste criant entre ce qu'il produit et les besoins réels de la société congolaise. Nous ne voyons pas pour l'instant un meilleur argument qui explique la situation en dehors de celui du manque de contextualisation de l'enseignement du pays.

Le défi est énorme. La prise de conscience collective à tous les niveaux (politique, social, scientifique) est indispensable. Sous-tendue par une réelle volonté politique, une dialectique continue entre recherche (universités) et terrain (IGE) nous parait une base importante à la recherche de solutions à la crise de pertinence dont souffre notre système éducatif. C'est pourquoi, il a été proposé au ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Professionnel la mise sur pied d'un cadre permanent d'organisation de formation continue où les chercheurs et enseignants travailleront continuellement ensemble.

Les séminaires, colloques, ateliers, recyclages, etc. sont des leviers indispensables pour la redynamisation de notre enseignement.

Pour ce faire, la didactique de mathématiques nous semble une excellente voie pour marquer une grande rupture avec des « traditions » inefficaces héritées des passés douloureux!

C'est ici le lieu de remercier l'Inspecteur Général de l'Enseignement Primaire Secondaire et Professionnel pour sa disponibilité et surtout sa ferme volonté à résoudre les problèmes identifiés ci-haut, nous servant constamment de tremplin important pour avancer dans le processus.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BROUSSEAU, G. (1998), Théorie des situations didactiques, La Pensée sauvage, Grenoble.

GERDES, P. (2009). L'EthnoMathématiques en Afrique, CEMEC, Maputo

MOPONDI A. (2010) Approches socioculturelles de l'enseignement en Afrique subsaharienne, Ed. L'Harmattan

MOPONDI A. et al. (2009) Objectif de l'enseignement et de formation des enseignants en RDC

PROGRAMME NATIONAL DE MATHEMATIQUES, Edition du Département de l'Enseignement Primaire et secondaire, EDIDEPS, B.P. 32. Kinshasa Gombe, 1988

PROGRAMME NATIONAL DE MATHÉMATIQUES, Cellule de Mathématique, Centre d'Edition, de Recherche et de Diffusion de l'Information Pédagogique (CEREDIP) EDIDEPS, 2005.

UNESCO, projet sur l'état des lieux de la formation des enseignants en RD Congo, inédit

ZASLAVSKY C. (1973) l'Afrique compte : Nombres, formes et démarches dans la culture, Ed du choix, Paris

COMMENT DES ÉLÈVES BÉNINOIS DE TERMINALE SCIENTIFIQUES METTENT EN ŒUVRE LA DEUXIÈME LOI DE NEWTON APPLIQUÉE À UN SOLIDE EN MOUVEMENT SUR UN PLAN INCLINÉ : OUTILS ET MÉTHODES D'INVESTIGATION

Sègbégnon Eugène OKE
Enseignant-Chercheur (MA) au FAST & IMSP, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Danhin Aimé Comlan KANFFON
Enseignant au secondaire, Doctorant au IMSP, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

Joël TOSSA
Enseignant-Chercheur (PT) au IMSP, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

RÉSUMÉ

Lors des résolutions de problèmes, nécessitant l'application de la deuxième loi de Newton, le passage d'un système physique modélisé ou semi-modélisé aux relations mathématiques semble poser des difficultés aux élèves. L'exploration des conduites chez ceux-ci a été faite à la lumière de la théorie des champs conceptuels. Nos sujets d'étude sont dans des établissements du sud, du centre et du nord du Bénin. Ils ont répondu à un questionnaire écrit en autonomie totale. Leurs productions écrites ont été analysées à l'aide d'une grille d'analyse établie à partir des notions de concept et de schème. Les premiers résultats nous montrent que les deux premières composantes que sont les buts et anticipations d'une part et les règles d'action d'autre part sont bien mobilisées par les sujets de notre étude. La composante du schème relative aux artefacts semble leur poser des difficultés.

MOTS CLÉS

Loi de Newton, concepts-en-acte, difficultés, terminale scientifique.

1. Quelques résultats de travaux antérieurs et Problématique

La relation logico-mathématique ($\sum \vec{F} = m\vec{a}$) de la deuxième loi de Newton constitue l'élément pivot du théorème du centre d'inertie-en-acte. L'élaboration d'un modèle explicatif de cette relation a fait l'objet d'une étude menée avec des lycéens par Robardet (1995). Cet auteur a utilisé une démarche qui s'inscrit dans une perspective cognitive, pour montrer qu'en procédant à un enseignement/apprentissage par changement conceptuel progressif basé sur la résolution de situations-problèmes et l'élaboration de façon graduelle de modèles explicatifs, la majorité des élèves parvient à donner plus de sens à la deuxième loi de Newton. Le chercheur constate également que le changement conceptuel est d'autant plus efficace que s'il s'opère à travers un ensemble cohérent de situations-problèmes dans une démarche de modélisation progressive au cours de laquelle nous faisons fonctionner les conceptions des élèves comme des pré-modèles au sens de Johsua (1989).

Viennot (1989) a analysé certaines difficultés des élèves et les enjeux didactiques à propos du concept de bilan de forces et de la loi des actions réciproques. Elle constate que les difficultés des élèves à faire un bilan exhaustif des forces appliquées à un corps (ou un système), objet d'étude, proviennent aussi d'une étude mal faite des interactions. Pour Viennot (1989), bien que l'étude des interactions se fasse dans le cadre de l'application de la troisième loi de Newton, sa maîtrise aiderait à la réussite du bilan de forces pour l'application de la deuxième loi. Dumas-Carré et Goffard (1997) recommandent que le concept de force soit abordé par l'étude des interactions et que cette dernière soit faite avec une technique adéquate pour favoriser, chez les élèves, une bonne appropriation du concept de bilan de forces-en-acte.

Les vecteurs constituant une composante essentielle du langage mathématique de la physique, plusieurs chercheurs se sont intéressés à leur utilisation en physique. Une étude (Reif et Allen, 1992), menée auprès des étudiants et des enseignants d'une faculté de physique sur la description de la direction du vecteur accélération pour des mouvements le long d'une variété de voies, a permis de constater qu'étudiants comme enseignants avaient des difficultés sur des questions qualitatives relatives à la nature du vecteur-accélération. Les deux chercheurs ont relevé également, de la part des enseignants, que même s'ils parviennent à répondre à la question, ils ont une tendance initiale à raisonner de façon inappropriée sur la base des forces (grandeurs dynamiques) plutôt que de répondre purement sur la base de la cinématique. Il s'agit là, d'une confusion dans le traitement, même de la part des enseignants, des grandeurs cinématiques et dynamiques. Dans le même ordre d'idées, Shaffer (1993) a demandé à ses étudiants de montrer la direction du vecteur-accélération d'un enfant en oscillation dans une variété de positions. Très peu sont parvenus à fournir de bonnes réponses. En explorant quelques-unes des sources des erreurs dans les raisonnements, il a constaté que les réponses les plus incorrectes provenaient du fait que les étudiants faisaient allusion soit à la composante normale seule, soit à la composante tangentielle seule du vecteur-accélération.

Saglam-Arslan et Devecioglu (2010) ont examiné la compréhension et les modèles qui sous-tendent les raisonnements des élèves-enseignants et des lycéens sur les lois de mouvement de Newton. De cet examen, les deux chercheurs ont constaté que les élèves-professeurs, qui sont pratiquement prêts à enseigner ces lois, ont encore des faiblesses significatives à comprendre les termes de connaissance fondamentale desdites lois. Ils pensent alors que cet état de chose peut être dû à une absence, chez ceux-ci, des possibilités de relier les connaissances scientifiques à des phénomènes réels et des expériences de vie. Pour ces chercheurs, c'est la question des relations modèles-réels et/ou résultats mathématiques-résultats physiques qui se pose dans l'enseignement/apprentissage des lois de la physique. Sur des questions relatives à la deuxième loi de Newton, adressées aux élèves, l'analyse des résultats montre que le modèle inapproprié est le plus dominant dans les raisonnements. Pour Saglam-Arslan et Devecioglu (2010), ce constat est dû au fait que la deuxième loi de mouvement de Newton est généralement liée à des connaissances théoriques plutôt qu'aux applications de la vie quotidienne.

Une étude (Koffi, 2014) portant sur l'influence des éléments contextuels dans l'apprentissage de la mécanique newtonienne en classe de seconde, a exploré quelques difficultés de conceptualisation du concept de force. En comparant les productions obtenues à la conception newtonienne du concept de force, à travers la deuxième loi de Newton, le chercheur a constaté que les conceptions erronées des élèves varient d'une situation à une autre. Le chercheur conclut alors que « *les objets, les événements, les phénomènes que l'on utilise dans les énoncés des situations influencent les conceptualisations des élèves* » (Koffi, 2014).

Nguessan (2016) a montré que des étudiants[32] ne maîtrisent pas les structures syntaxiques dominantes des fondements des lois de mouvement de Newton. En effet, en les soumettant à des reformulations desdites lois, les résultats ont révélé qu'ils ont encore une connaissance superficielle du vocabulaire spécifique utilisé dans les différentes reformulations. Ceci pose l'épineux problème de l'association des aspects qualitatifs et quantitatifs de ces lois lors de leur enseignement/apprentissage, en ne privilégiant pas uniquement les derniers à travers les résultats mathématiques que fournissent les relations logico-mathématiques. Sans quoi, nous assisterions à une mathématisation pure et simple de la mécanique newtonienne. Par ailleurs, Nguessan (2016) a constaté aussi que ces étudiants n'ont pas une bonne maîtrise des éléments constitutifs des domaines de validité de ces lois car de l'enquête menée sur les conditions d'applicabilité des lois de mouvement de Newton, il ressort des taux de réponses incorrectes élevés. Il conclut alors que ces étudiants en fin de cycle appliquent de façon abusive ces lois, sans une connaissance adéquate des conditions d'ouverture et de fermeture de leur mise en œuvre ainsi que de leurs contenus physiques.

Ces études ainsi que d'autres ont montré que les difficultés des élèves et des étudiants sur l'appropriation et la mise en œuvre de la deuxième loi de Newton lors de la résolution de problème sont nombreuses, que ce soit du domaine de la physique elle-même ou des mathématiques.

Dans le contexte béninois, lors d'une résolution de problème de physique en situation scolaire, l'élève est appelé à travailler pour la plupart non pas sur des situations réelles mais plutôt et surtout sur des situations modélisées ou semi-modélisées, qui sont généralement des modèles mathématiques ou physico-mathématiques. L'explication ou l'interprétation d'un phénomène ou d'un événement nécessitant la mise en œuvre d'une loi quantitative ou mixte de la physique, comme la deuxième loi de Newton encore appelée théorème du centre d'inertie, trouvera son efficacité dans le sens physique qu'acquièrent les résultats mathématiques, dans un système de validation de la physique, en tant que discipline. Pour Borromeo (2006), au cours de la modélisation d'une situation physique, le passage d'un modèle mathématique aux résultats mathématiques, en vue de leurs interprétations et de leurs validations pour obtenir des résultats physiques, constitue une étape importante. C'est le cas de l'application de la deuxième loi de Newton pour expliquer ou interpréter le mouvement

[32] Ce sont des étudiants de Licence et Master professionnels en contexte ivoirien.

d’un solide sur un plan incliné. Cette loi fédère un certain nombre de concepts de la physique (masse, vitesse, accélération, force) interconnectés dans une relation mathématique.

Dans cette présentation, nous examinons dans le contexte béninois, les conduites des élèves lors de la mise en œuvre de ladite loi. Il s’agit d’explorer comment ils articulent les différents concepts impliqués dans l’utilisation de cette loi au cours de leurs raisonnements en situation de résolution de problèmes. Nous cherchons à identifier chez nos sujets, la (les) composante(s) de schème relative à la mathématisation, qui leur est (sont) difficile(s) et qui les empêche(nt) d’appliquer correctement la deuxième loi de Newton à un solide en mouvement sur un plan incliné.

2. Cadre théorique

Nous fondons ce travail sur la théorie des champs conceptuels (Vergnaud, 1990) pour analyser les raisonnements dans les productions des élèves en réponse à un questionnaire écrit. Nous empruntons essentiellement les notions de concept et de schème.

Pour Vergnaud (1990), le concept n’est pas réduit à sa définition, ni à son utilisation. Il est défini par un triplet de trois ensembles $\boldsymbol{C} = \{\boldsymbol{s}, \boldsymbol{I}, \boldsymbol{S}\}$ où,

> ***s*** *est l’ensemble des situations qui donnent du sens au concept (**la référence**);*
>
> ***I*** *est l’ensemble des invariants sur lesquels repose l’opérationnalité des schèmes (**le signifié**);*
>
> ***S*** *est l’ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (**le signifiant**) » (Vergnaud, 1990).*

Un concept-en-acte n’est pas un concept et de même, un théorème-en-acte n’est pas un théorème.

Un schème est, pour sa part, une « *organisation invariante de la conduite pour une classe de situations donnée* » (Vergnaud, 1990). Le schème comporte à la fois l’organisation des gestes, des formes langagières et non langagières, des opérations de pensées, des interactions sociales qui permettent de traiter une classe de situations. Un schème est formé de quatre composantes que Coulet et al (2009) ont contribué à expliciter. Dufour (2011) les rapporte ainsi qu’il suit :

Tableau 1
Définition des composantes d'un schème (Dufour, 2011)

Éléments composant le schème	Définitions des éléments
Les buts, les sous-buts et les anticipations	Attentes en termes de résultats produits grâce à cette activité.
Les règles d'action, de prise d'information et de contrôle, dont la fonction est de générer la conduite	Règles de mise en œuvre de l'activité pour traiter la tâche. Actions et opérations permettant de réaliser concrètement l'activité.
Les invariants opératoires (concepts-en-acte, théorèmes-en-acte) qui permettent de sélectionner l'information pertinente et de la traiter	Conceptualisations de la situation, de la tâche et de l'activité à partir des représentations telles que : - les connaissances, valeurs, théories, principes, etc. - les concepts utiles voire indispensables, pour « penser » cette activité. Parmi l'ensemble des invariants opératoires, certains sont plus saillants que d'autres : il s'agit des invariants opératoires pivots.
Les possibilités d'inférences	Ajustements de la mise en œuvre de l'activité à partir des paramètres qui caractérisent de manière spécifique la situation (prise en compte d'éléments circonstanciels) dans laquelle se déroule l'activité.

Rabardel (1995) complète la modélisation d'un schème par la notion d'instruments. Ces instruments sont appelés « artéfacts » et permettent de médiatiser le schème. En effet, pendant que l'individu mène son activité, il utilise des instruments et des outils : ce sont les artéfacts. Ils se caractérisent autant par des outils « matériels », physiques, concrets, que par des outils « mentaux », des représentations, des principes, des symboles (Dufour, 2011). Dans la mise en œuvre de la deuxième loi de Newton, le concept de bilan de forces-en-acte et celui de force-en-acte constituent des invariants opératoires pivots (Dufour, 2011). Les concepts de système d'étude et de bilan qualitatif des forces extérieures appliquées au système-en-acte constituent les briques avec lesquelles le théorème du centre d'inertie-en-acte sera fabriqué (Vergnaud, 2007).

3. Méthodologie de collecte et de traitement des données

Notre méthodologie consiste à rechercher essentiellement si tous les indicateurs essentiels de composantes prévus pour la résolution de certaines situations-problèmes, impliquant la mise en œuvre de la deuxième loi de Newton, sont présents dans les productions de nos sujets (apprenants). Nous établissons le nombre d'élèves qui mobilisent chaque indicateur de schème dans chacune des composantes du schème. Cela nous permet de faire ressortir les composantes qui constituent des sources d'inertie ou d'erreur pour eux lors de l'application de ladite loi.

3.1. Outils de collecte et sites de recherche

Notre étude s'inscrit dans une démarche d'exploration qui a pris en compte trois collèges d'enseignement général (CEG) du Bénin qui sont loin des grands centres urbains que constituent Cotonou et Porto-Novo. Le CEG Akodéha (55 élèves) au sud-ouest, le CEG1 de Dassa-Zoumè (165 élèves) au centre puis le CEG Hubert MAGA et le Lycée Mathieu Bouké de Parakou situés dans le nord du pays avec 243 élèves. Soit un échantillon de 463 élèves. C'est un questionnaire papier-crayon que les apprenants ont reçu et qui leur a permis de faire les productions que nous avons examinées à l'aide d'une grille. Cette grille est conçue à partir des composantes du schème que nous étudions chez les élèves : « appliquer la deuxième loi de Newton à un chariot en mouvement sur un plan incliné ». Pendant l'administration du questionnaire, des films vidéo ont été pris en vue d'explorer comment les élèves utilisent les instruments de géométrie.

3.2. Grille d'extraction des indicateurs de composantes de schème

Les résultats obtenus sont dépouillés grâce aux éléments de réponse attendues et à la confection d'une grille d'extraction des indicateurs de composantes de schème ci-dessous :

Tableau 2
Grille d'extraction des indicateurs de composantes de schème étudié

Éléments composant le schème	**Indicateurs d'explicitation des composantes du schème : « appliquer la deuxième loi de la dynamique de Newton à un chariot en mouvement sur un plan incliné : de l'équation vectorielle aux équations algébriques ».**
Buts et anticipations (BA)	- Ecrire une équation vectorielle par application de la deuxième loi de la dynamique de Newton au chariot en mouvement sur le plan incliné. ($\boldsymbol{BA_1}$) - Exploiter des représentations graphiques des forces extérieures appliquées au chariot sur le plan incliné. ($\boldsymbol{BA_2}$) - Ecrire des équations algébriques issues d'une équation vectorielle par

	projection suivant les axes du repère. ($\boldsymbol{BA_3}$)
Règles d'actions (RA)	- Préciser le système d'étude. ($\boldsymbol{RA_1}$) - Préciser le référentiel d'étude. ($\boldsymbol{RA_2}$) - Préciser le repère d'étude. ($\boldsymbol{RA_3}$) - Faire le bilan qualitatif des forces extérieures appliquées au système d'étude. ($\boldsymbol{RA_4}$) - Représenter sur les schémas (situations 1, 1bis, 2 et 2bis) les forces ci-dessus citées. ($\boldsymbol{RA_5}$) - Préciser la relation à utiliser : le théorème du centre d'inertie. ($\boldsymbol{RA_6}$) - Projeter les forces représentées suivant les deux axes du repère. ($\boldsymbol{RA_7}$) - Exploiter les projections pour écrire les équations algébriques que donne le théorème du centre d'inertie suivant les axes du repère. ($\boldsymbol{RA_8}$)
Invariants opératoires (IO)	- Le concept de système d'étude-en-acte. ($\boldsymbol{IO_1}$) - Le concept de bilan qualitatif des forces extérieures appliquées au système-en-acte. ($\boldsymbol{IO_2}$) - Le concept de force-en-acte : représentation graphique des forces extérieures (le poids $\vec{P}$ du chariot, la réaction normale $\vec{R}_n$ du plan incliné, la tension $\vec{T}$ du fil et la force $\vec{f}$ de frottement) appliquées au système avec leurs caractéristiques bien définies. ($\boldsymbol{IO_3}$) - Le théorème du centre d'inertie-en-acte : $\vec{P}+\vec{T}+\vec{R}_n+\vec{f}=m\vec{a}$. ($\boldsymbol{IO_4}$) - Le concept de projection orthogonale-en-acte : ❖ 2- situations 1 et 2 : faire la projection orthogonale du poids $\vec{P}$ du chariot suivant les deux axes du repère ; ($\boldsymbol{IO_5}$) ❖ 2- situations 1bis et 2bis : ✶ Faire la projection orthogonale de la tension $\vec{T}$ suivant les deux axes du repère ; ($\boldsymbol{IO_6}$) ✶ Faire la projection orthogonale de la réaction normale $\vec{R}_n$ suivant les deux axes du repère ; ($\boldsymbol{IO_7}$) ✶ Faire la projection orthogonale de la force $\vec{f}$ de frottement suivant les deux axes du repère. ($\boldsymbol{IO_8}$)

<table>
<tr>
<td></td>
<td>- Le concept de translation vectorielle-en-acte : faire la translation vectorielle de $\vec{T}$ et de $\vec{R}_n$ (4-situations 1, 1bis, 2 et 2bis) pour ramener leurs points d'applications au centre de gravité du chariot. ($\boldsymbol{IO_9}$)

- Les concepts d'angles alternes internes, d'angles correspondants, d'angles à côtés respectivement perpendiculaires, etc.-en-acte : identification de l'angle α dans les triangles rectangles obtenus après les projections orthogonales. ($\boldsymbol{IO_{10}}$)

- Des propriétés trigonométriques-en-acte :

❖ 2- situations 1 et 2 : $\begin{cases} Psin\alpha \;\; suivant\ (Gx) \\ Pcos\alpha\ suivant\ (Gy) \end{cases}$ ($\boldsymbol{IO_{11}}$)

❖ 2- situations 1bis et 2bis : $\begin{cases} Tcos\alpha \quad suivant\ (Gx) \\ Tsin\alpha \quad suivant\ (Gy) \end{cases}$ ($\boldsymbol{IO_{12}}$)

$\begin{cases} R_n sin\alpha \quad suivant\ (Gx) \\ R_n cos\alpha \quad suivant\ (Gy) \end{cases}$ ($\boldsymbol{IO_{13}}$)

$\begin{cases} fcos\alpha \quad suivant\ (Gx) \\ fsin\alpha \quad suivant\ (Gy) \end{cases}$ ($\boldsymbol{IO_{14}}$)</td>
</tr>
<tr>
<td>Inférences (I)</td>
<td>- Le chariot étant en mouvement, la force nette est dans la direction du mouvement pour chacune des situations. ($\boldsymbol{I_1}$)

- Frottement non nul, donc précision de la réaction normale $\vec{R}_n$ et non la réaction $\vec{R}$ tout court. ($\boldsymbol{I_2}$)

- Modifications de sens de déplacement et de repère ; donc raisonnement sur les signes des grandeurs algébriques :

❖ 2- situations 1 et 2 : $\begin{cases} P_x = -Psin\alpha \\ T_x = T \end{cases}$ ($\boldsymbol{I_3}$)

$\begin{cases} P_x = Psin\alpha \\ T_x = -T \end{cases}$

❖ 2- situations 1bis et 2bis : $\begin{cases} T_x = Tcos\alpha \\ R_{nx} = -R_n sin\alpha \\ f_x = -fsin\alpha \end{cases}$</td>
</tr>
</table>

	$(\boldsymbol{I_4})$ $\begin{cases} T_x = -T\cos\alpha \\ R_{nx} = R_n\sin\alpha \\ f_x = f\sin\alpha \end{cases}$ - Combinaison des grandeurs algébriques obtenues pour écrire les deux équations algébriques issues de l'équation vectorielle par projection. $(\boldsymbol{I_5})$
Artéfacts (A)	- Les représentations graphiques des forces sont faites à l'aide d'un crayon à papier. $(\boldsymbol{A_1})$ - Le traceur (double décimètre) est utilisé dans le tracé des droites d'action de $\vec{T}$ et de $\vec{f}$. $(\boldsymbol{A_2})$ - L'équerre est utilisée dans le tracé des droites d'action de $\vec{P}$ et de $\vec{R}_n$. $(\boldsymbol{A_3})$ - L'équerre est utilisée lors des projections orthogonales de vecteurs-forces suivant les axes du repère. $(\boldsymbol{A_4})$ - L'utilisation des instruments comme compas, traceur lors des translations de $\vec{T}$ et de $\vec{R}_n$ (4-). $(\boldsymbol{A_5})$ - La rédaction du raisonnement est faite avec un stylo. $(\boldsymbol{A_6})$

4. Premiers résultats et discussions

4.1. Résultats indiquant les taux de mobilisations des indicateurs du schème

Nous présentons dans les tableaux qui suivent le nombre d'élèves qui mobilisent chaque indicateur du schème et le pourcentage de l'effectif correspondant.

4.1.1. Résultats relatifs aux buts et anticipations

Tableau 3
Proportions d'élèves mobilisant des indicateurs relatifs aux buts et anticipations

	BA_1	**B**A_2	**B**A_3
effectifs	420	197	259
pourcentages	90,1%	42,6%	55,9 %

4.1.2. Résultats relatif aux règles d'action

Tableau 4
Proportions d'élèves mobilisant des indicateurs relatifs aux règles d'actions

	RA_1	**R**A_2	**R**A_3	**R**A_4	**R**A_5	**R**A_6	**R**A_7	**R**A_8
effectifs	441	441	441	454	454	347	208	208
pourcentages	95,3%	95,3%	95,3%	98,1%	98,1%	75,0%	44,9%	44,9%

4.1.3. Résultats relatif aux invariants opératoires

Tableau 5
Proportions d'élèves mobilisant des indicateurs relatifs aux invariants opératoires

	IO_1	**I**O_2	**I**O_3	**I**O_4	**I**O_5	**I**O_6	**I**O_7	**I**O_8
effectifs	133	151	40	372	187	72	163	94
pourcentages	28,7%	32,6%	8,6%	80,3%	40,5%	16,6%	35,2%	20,3%

	O_9	**I**O_{10}	**I**O_{11}	**I**O_{12}	**I**O_{13}	**I**O_{14}

effectifs	1	9 3	1 39	4 9	4 9	7 1
pourcentages	,5%	2 0,1%	3 0,0%	1 0,6%	1 0,6%	1 ,0%

4.1.4. Résultats relatif aux inférences

Tableau 6
Proportions d'élèves mobilisant des indicateurs relatifs aux inférences

	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
effectifs	2	67	24	25	56
pourcentages	0,4 %	14,5 %	5,2 %	5,4 %	12,1 %

4.1.5. Résultats relatif aux artefacts

Tableau 7
Proportions d'élèves mobilisant des indicateurs relatifs aux artéfacts

	$\mathbf{A_1}$	$\mathbf{A_2}$	$\mathbf{A_3}$	$\mathbf{A_4}$	$\mathbf{A_5}$	$\mathbf{A_6}$
effectifs	463	441	191	167	0	457
pourcentages	100 %	95, 3%	41, 3%	36, 1%	0,0 %	98, 7%

4.2. Premières interprétations et discussions

Les premiers résultats de l'analyse à l'aide de la grille des contenus des productions discursives et schématiques des apprenants montrent globalement que les buts et anticipations, qui précèdent et accompagnent l'activité de résolution du problème, ont été mobilisés à plus de 50% de façon globale. De même le tableau n°4 nous montre que nos sujets d'étude connaissent bien les règles d'action qui interviennent dans l'application de la deuxième loi de Newton. C'est la partie génératrice du schème d'application puisque ce sont les règles d'action, de prise d'information et de contrôle. Cela veut dire que les élèves objets de cette étude savent que pour appliquer la deuxième loi de Newton, il faut exploiter des représentations graphiques des forces extérieures appliquées au chariot sur le plan incliné, préciser le référentiel, le repère et système d'étude, écrire une relation vectorielle, en déduire des relations algébriques par projection orthogonale, tout ceci en utilisant des instruments de géométrie. Les élèves sont donc nombreux à montrer les indicateurs relatifs aux buts et anticipations, ainsi que ceux relatifs aux règles d'action.

Ceci nous amène à dire que la plupart de ces élèves devraient pouvoir hiérarchiser de façon séquentielle et temporelle leurs productions dans la résolution du problème. C'est l'analyse des productions pour déterminer la mobilisation des indicateurs relatifs aux invariants opératoires, aux inférences et artefacts qui pourrait nous situer. En effet, nous considérons que la concrétisation ou la matérialisation de l'action ou de l'activité permet d'apprécier le degré de conceptualisation.

Le passage en revue des films vidéo pris lors des activités d'élaboration des productions par nos sujets d'étude nous révèle qu'au cours de la mise en œuvre du concept de projection orthogonale-en-acte, des élèves se sont heurtés à des difficultés de choix et d'utilisation d'artéfacts adéquats comme l'équerre. Cet artéfact est même remplacé, dans son rôle, par le double décimètre chez certains. Ceci est confirmé dans le tableau n°7 avec les indicateurs A3, A4 et A5. C'est comme si pour certains de ces élèves les manipulations de l'équerre, du compas et du double décimètre posent problème.

CONCLUSION

Au cours de l'application de la deuxième loi de Newton, le passage d'un système mathématique c'est-à-dire un système modélisé ou semi-modélisé aux résultats mathématiques constitue une étape importante. Dans cette présentation, nous avons montré que de nombreuses recherches se sont intéressés à l'enseignement et à l'apprentissage de la mécanique, domaine de la physique auquel appartient la deuxième loi de Newton. Au Bénin, aucune étude n'a été faite encore. C'est pour cela que nous avons choisi d'investiguer le contexte béninois avec des élèves de terminale scientifiques dans différents établissements du pays du sud au nord. Nous avons proposé un questionnaire que les élèves ont rempli et nous avons filmé vidéo quelques élèves lors des activités d'élaboration de leur production en réponse au questionnaire. Nous avons élaboré une grille d'analyse des productions des élèves en nous appuyant sur la théorie des champs conceptuels. Cette grille présente les différentes composantes du schème étudié et les indicateurs correspondants. Les premiers résultats nous montrent que les deux premières composantes que sont les buts et anticipations d'une part et les règles d'action d'autre part sont bien mobilisées par les sujets de notre étude. En sera-t-il de même pour les invariants opératoires et les inférences?

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BORROMEO, F., R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik 38(2), 86-95.

DUFOUR, F. (2011). Approche dynamique de l’intelligence économique en entreprise : apport d’un modèle psychologique des compétences : contribution à l’élaboration de programmes d’actions de la CCI de Rennes. Psychologie. Université Rennes 2; Université Européenne de Bretagne, 2010. Français. <tel-00551654>

DUMAS-CARRE, A. et GOFFARD, M. (1997). Rénover les activités de résolution de problèmes en physique. Concepts et démarches. Paris, France : Armand Colin.

Johsua, S. (1989). Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire. Aster n°8 29-53

KOFFI, K. I. (2014). Influence des éléments contextuels dans l’apprentissage de la mécanique Newtonienne en seconde en Côte d’Ivoire. Liens n°18, 38-54.

NGUESSAN, K. (2016). Les Lois de Mouvement et les Théorèmes en Mécanique Classique. Repérage de Quelques Difficultés et Obstacles Chez les Étudiants en Formation Professionnelle. Canadian Social Science, 12(1), 59-68

RABARDEL, P. (1995). Les hommes et les technologies : une approche cognitive des instruments contemporains. Paris : Armand Colin.

REIF, F. et ALLEN S. (1992). Cognition for interpreting scientific concepts: A study of acceleration, Cognition Instruction 9, 1- 44.

ROBARDET, G. (1995). Situations-problèmes et modélisation ; l'enseignement en lycée d'un modèle newtonien de la mécanique. Didaskalia n° 7, 129-143.

SAGLAM-ARSLAN, A. et DEVECIOGLU, Y. (2010). Student teachers’ levels of understanding and model of understanding about Newton's laws of motion. Science Learning and Teaching, volume 11, Issue 1, Article 7, p.2

SHAFFER, P. (1993). ‘‘The use of research as a guide for instruction in physics,’’Ph.D. dissertation, Department of Physics, University of Washington.

VERGNAUD, G. (1990) La théorie des champs conceptuels, Recherches en Didactique des Mathématiques, vol.10 n°2-3, 133-170.

VERGNAUD, G. (2007), Représentation et activité : deux concepts étroitement associés, Recherches en éducation, n°4, 9-22.

VIENNOT, L. (1982). L’action est-elle bien égale à la réaction ? Bulletin de l’Union des Physiciens n° 640, 479-488.

VIENNOT, L. (1989). Bilan de forces et loi des actions réciproques. Bulletin de l’Union des Physiciens n° 716, 951-970.

ANNEXES

Eléments de réponses attendues au questionnaire

Nom : ....

Prénoms : ....

Sexe : .... Age : .... Classe..........................

Activité de réinvestissement

Les dispositifs schématisés ci-dessous sont constitués d'un chariot sur un plan incliné, solidaire d'un solide S par l'intermédiaire d'un fil.

Dans un premier temps le chariot est entraîné par le solide S vers le haut (situations 1et 1bis). Dans un second temps, c'est le chariot chargé qui entraîne le solide en descendant (situations 2 et 2bis).

L'ensemble des frottements s'exerçant sur le chariot est équivalent à une force constante $\vec{f}$ de même direction que le déplacement mais de sens contraire.

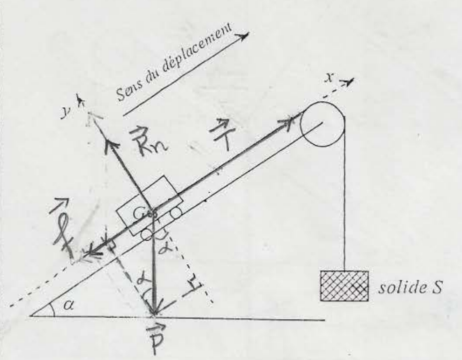
1- Par une étude dynamique, déterminer l'expression vectorielle de la deuxième loi de Newton appliquée au chariot en mouvement.

- Système d'étude : Chariot de masse m
- Référentiel d'étude : référentiel terrestre supposé galiléen
- Repère d'étude : $(G, \vec{i}, \vec{j})$
- Bilan qualitatif des forces extérieures appliquées au système :
  - le poids $\vec{P}$ du chariot appliqué en son centre de gravité ;
  - la tension $\vec{T}$ du fil appliquée au point d'attache ;
  - la réaction normale $\vec{R_n}$ du plan appliquée au point de contact entre le chariot et le plan incliné ;
  - la résultante $\vec{f}$ des forces de frottement appliquées au point de contact entre le chariot et le plan incliné.
- Représentation des forces sur un schéma (Voir schémas ci-dessous)
- Le théorème du centre d'inertie appliqué au chariot en mouvement donne :

$$\vec{P} + \vec{T} + \vec{R_n} + \vec{f} = m\vec{a}$$

2- Retrouver les relations algébriques obtenues suivant les axes à partir de la relation vectorielle précédente dans les quatre situations ci-dessous.

Situation 1

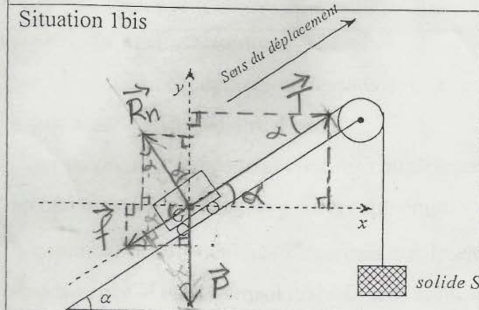


$$\begin{cases} P_x + T_x + R_{nx} + f_x = ma_x \\ P_y + T_y + R_{ny} + f_y = ma_y \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} -P\sin\alpha + T + 0 - f = ma_x \\ -P\cos\alpha + 0 + R_n + 0 = ma_y \end{cases}$$

Soit $\boxed{\begin{cases} -mg\sin\alpha + T - f = ma_x \\ -mg\cos\alpha + R_n = ma_y \end{cases}}$

Situation 1bis

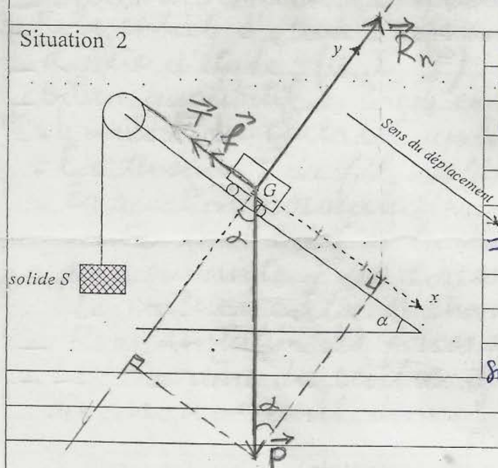


$$\begin{cases} P_x + T_x + R_{nx} + f_x = m a_x \\ P_y + T_y + R_{ny} + f_y = m a_y \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 0 + T\cos\alpha - R_n \sin\alpha - f\cos\alpha = m a_x \\ -P + T\sin\alpha + R_n\cos\alpha - f\sin\alpha = m a_y \end{cases}$$

soit $\boxed{\begin{cases} T\cos\alpha - R_n\sin\alpha - f\cos\alpha = m a_x \\ -mg + T\sin\alpha + R_n\cos\alpha - f\sin\alpha = m a_y \end{cases}}$

Situation 2

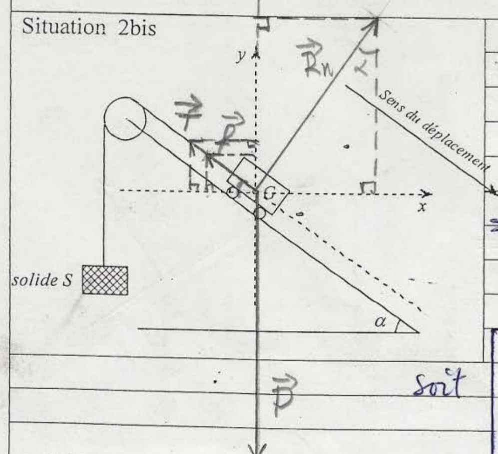


$$\begin{cases} P_x + T_x + R_{nx} + f_x = m a_x \\ P_y + T_y + R_{ny} + f_y = m a_y \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} P\sin\alpha - T + 0 - f = m a_x \\ -P\cos\alpha + 0 + R_n + 0 = m a_y \end{cases}$$

soit $\boxed{\begin{cases} mg\sin\alpha - T - f = m a_x \\ -mg\cos\alpha + R_n = m a_y \end{cases}}$

Situation 2bis



$$\begin{cases} P_x + T_x + R_{nx} + f_x = m a_x \\ P_y + T_y + R_{ny} + f_y = m a_y \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 0 - T\cos\alpha + R_n\sin\alpha - f\cos\alpha = m a_x \\ -P + T\sin\alpha + R_n\cos\alpha + f\sin\alpha = m a_y \end{cases}$$

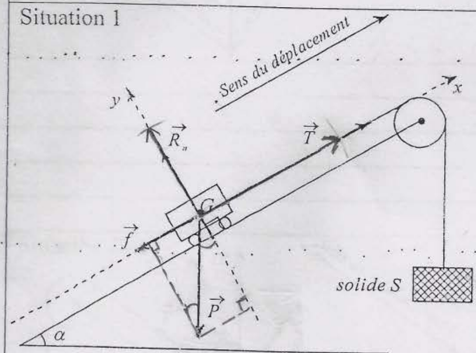
soit $\boxed{\begin{cases} -T\cos\alpha + R_n\sin\alpha - f\cos\alpha = m a_x \\ -mg + T\sin\alpha + R_n\cos\alpha + f\sin\alpha = m a_y \end{cases}}$

3- Reprendre l'expression vectorielle de la deuxième loi de Newton appliquée au système, en te basant sur l'une des représentations ci-dessous.

$$\vec{P} + \vec{T} + \vec{R_n} + \vec{f} = m\vec{a}$$

4- Retrouver les relations algébriques obtenues suivant les axes à partir de la relation vectorielle précédente dans les quatre situations ci-dessous.

Situation 1

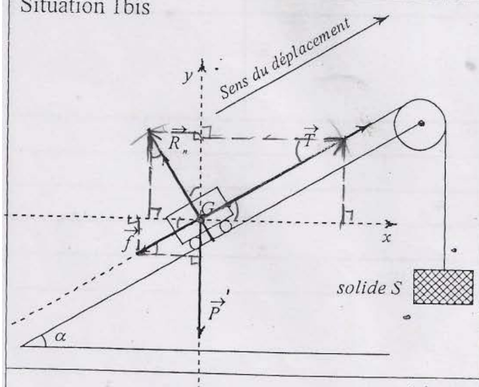


$$\begin{cases} P_x + T_x + R_{nx} + f_x = ma_x \\ P_y + T_y + R_{ny} + f_y = ma_y \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} -P\sin\alpha + T + 0 - f = ma_x \\ -P\cos\alpha + 0 + R_n + 0 = ma_y \end{cases}$$

soit $\boxed{\begin{cases} -mg\sin\alpha + T - f = ma_x \\ -mg\cos\alpha + R_n = ma_y \end{cases}}$

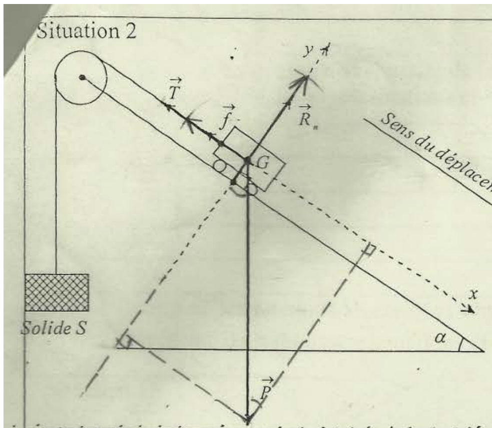
Situation 1bis



$$\begin{cases} P_x + T_x + R_{nx} + f_x = ma_x \\ P_y + T_y + R_{ny} + f_y = ma_y \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 0 + T\cos\alpha - R_n\sin\alpha - f\cos\alpha = ma_x \\ -P + T\sin\alpha + R_n\cos\alpha - f\sin\alpha = ma_y \end{cases}$$

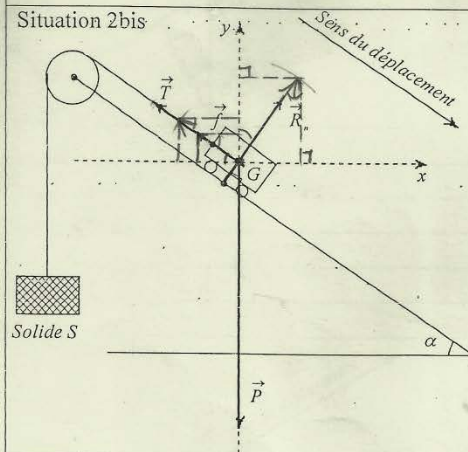
soit $\boxed{\begin{cases} T\cos\alpha - R_n\sin\alpha - f\cos\alpha = ma_x \\ -mg + T\sin\alpha + R_n\cos\alpha - f\sin\alpha = ma_y \end{cases}}$



$$\begin{cases} P_x + T_x + R_{nx} + f_x = ma_x \\ P_y + T_y + R_{ny} + f_y = ma_y \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} P\sin\alpha - T + 0 - f = ma_x \\ -P\cos\alpha + 0 + R_n + 0 = ma_y \end{cases}$$

soit $\boxed{\begin{cases} mg\sin\alpha - T - f = ma_x \\ -mg\cos\alpha + R_n = ma_y \end{cases}}$



$$\begin{cases} P_x + T_x + R_{nx} + f_x = ma_x \\ P_y + T_y + R_{ny} + f_y = ma_y \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 0 - T\cos\alpha + R_n\sin\alpha - f\cos\alpha = ma_x \\ -P + T\sin\alpha + R_n\cos\alpha + f\sin\alpha = ma_y \end{cases}$$

soit $\boxed{\begin{cases} -T\cos\alpha + R_n\sin\alpha - f\cos\alpha = ma_x \\ -mg + T\sin\alpha + R_n\cos\alpha + f\sin\alpha = ma_y \end{cases}}$

INITIATIVES DES ÉLÈVES DANS L'APPRENTISSAGE DES STATISTIQUES DESCRIPTIVES : ANALYSE DE MANUEL

Delon Fabrice RODOUMDJE
CREAD EA 3875, ESPA de Bretagne - Université de Bretagne Occidentale

RÉSUMÉ

Nous nous intéressons aux initiatives possibles des élèves dans l'apprentissage des statistiques descriptives. Nous analysons un manuel scolaire pour évaluer ces possibilités. Pour cette analyse de manuel, nous nous plaçons dans le cadre de la théorie anthropologique du didactique (TAD) de Chevallard (1998), à travers l'approche praxéologique et la notion de topos, complétées par le concept de registre de représentation de Duval (1993). Nous présentons d'abord une analyse globale du chapitre de statistiques descriptives, ensuite nous proposons une vue globale des exercices, suivie d'une analyse praxéologique d'un exercice résolu du manuel Transmath 2de (p. 125-150). Nous regardons le topos laissé aux élèves dans les organisations praxéologiques mises en place dans le manuel.

MOTS CLÉS

Praxéologie, théorie anthropologique du didactique, manuel, registre de représentation sémiotique, statistiques descriptives, topos de l'élève.

INTRODUCTION

Notre étude concerne l'enseignement de la statistique descriptive au niveau du lycée. Notre objectif est d'examiner les responsabilités laissées, ou qui peuvent être laissées, aux élèves dans cet enseignement. Interroger l'enseignement de la statistique descriptive passe d'abord par une étude de la transposition didactique (Chevallard 1985). Cette analyse de la transposition peut s'appuyer dans un premier mouvement sur l'analyse des manuels scolaires (Chaachoua 2014).

L'utilisation des manuels scolaires dans l'enseignement-apprentissage de statistiques occupe une place importante dans différents pays, en particulier la France et la République Centrafricaine. Ces manuels sont largement utilisés par les enseignants et servent aussi de soutien aux apprentissages des élèves.

La politique de choix du manuel scolaire varie d'un pays à l'autre. En Centrafrique, il y a un seul manuel officiel au programme de mathématiques le CIAM (Collection Inter Africaine de Mathématiques) avec l'obligation d'utilisation et chaque enseignant peut choisir un deuxième manuel pour sa classe alors qu'en France, le manuel est choisi par le conseil d'enseignants qui réunit les professeurs d'une même discipline.

Notre étude s’inscrit dans le cadre d’une thèse en didactique des mathématiques, qui considérera plus particulièrement la question des initiatives des élèves par rapport à l’apprentissage de la statistique descriptive, pour des élèves de terminale S en Centrafrique.

Cette thèse est effectuée dans le cadre d’un partenariat entre l’École Normale Supérieure (ENS) de Bangui et l’Université de Bretagne Occidentale (UBO).

Régnier (2005) a analysé les difficultés liées à la formation de l’esprit statistique. En effet, en statistiques les modes de raisonnement et de validation diffèrent des autres domaines mathématiques. Régnier met en évidence l’importance de trois aspects : la modélisation statistique, l’analyse statistique et l’interprétation statistique. Dans notre travail, nous nous intéresserons à l’initiative des élèves pour chacun de ces trois aspects.

Actuellement, il y a assez peu des travaux en didactique de la statistique dans le contexte africain. Nous nous appuyons sur les travaux de Dandjinou & Bronner (2017) qui se situent dans le contexte de l’enseignement de la probabilité au secondaire en posant la question de l’apprentissage de la notion de hasard. A l’issue de ce travail, les auteurs ont conclu que la notion de hasard est mal comprise par les élèves du secondaire au Benin.

Dans ce texte, nous allons voir d’abord dans la première partie, en plus de présenter notre question de recherche, les outils théoriques employés : la théorie anthropologique du didactique, mais également la notion de registre de représentation sémiotique. Dans la deuxième partie, nous allons présenter notre méthodologie d’analyse de manuel alors que dans la dernière partie, nous allons effectuer l’analyse globale du manuel avant de nous centrer sur l’analyse d’un exercice résolu du manuel.

OUTILS THÉORIQUES ET MÉTHODOLOGIE

1. Outils théoriques et question de recherche

1.1. La théorie anthropologique du didactique : praxéologie et topos

Pour analyser un manuel scolaire, nous nous plaçons dans le cadre de la théorie anthropologique du didactique (TAD) de Chevallard (1998), à travers l’approche praxéologique.

La praxéologie, ou organisation praxéologique notée **[T/t/ θ/Θ]** : le grec praxis, qui signifie « pratique » (savoir-faire) et logos qui signifie « raison » (savoir).

La mise en œuvre de cette approche praxéologique pour l’analyse des manuels s’organise autour des types de tâches **T**. Pour un type de tâches **T** donné, une praxéologie relative à **T** précise une manière d’accomplir, de réaliser les tâches: à une telle manière de faire, τ, nous donnons ici le nom de technique (du grec tekhnê, savoir-faire) (Chevallard, 1998). Nous entendons par technologie, et nous notons généralement θ, un discours rationnel (logos) sur la technique la tekhnê τ, discours ayant pour objet premier de justifier « rationnellement » la technique τ, en nous assurant qu’elle permet bien d’accomplir les tâches du type **T**, c’est-à-dire de réaliser ce qui est prétendu (Chevallard, 1998). Donc, la technologie a pour rôle de justifier, d'expliquer la technique utilisée. Et toute technologie a besoin à son tour d'une justification, que nous appelons la théorie associée à cette technologie technique Θ.

La théorie anthropologique du didactique nous permet aussi de modéliser ce que nous avons nommé, à l'origine de notre travail, l'initiative de l'élève. En effet, Chevallard (2001) définit le « topos » de l'élève comme l'ensemble des gestes que celui-ci aura à accomplir en autonomie didactique. Le grec topos (qui correspond au latin locus) signifie « lieu » : le topos de x_i, c'est le « lieu de x_i », sa « place », l'endroit où, psychologiquement, x_i éprouve la sensation de jouer, dans, l'accomplissement de tâches t, « un rôle bien à lui ». Dans le cas d'une classe, nous parlerons ainsi du topos de l'élève et du topos du professeur. Proposer un exercice relève du topos du professeur. La tâche consistant à produire par exemple par écrit une solution de l'exercice relève à l'opposé le plus souvent du topos de l'élève.

Par exemple, en statistique descriptive, l'élève peut avoir à choisir des indicateurs statistiques, des graphiques ou même à collecter des données. Ou bien, il peut seulement appliquer des indicateurs à un ensemble de données qui lui est fourni. Ainsi, notre étude de l'initiative des élèves passe par la détermination de leur topos.

1.2. Les registres de représentations sémiotiques

Duval appelle registre de représentation tout système sémiotique permettant d'accomplir les trois activités cognitives fondamentales à la sémiosis : la formation d'une représentation identifiable, le traitement et la conversion.

La formation d'une représentation identifiable constitue une trace ou un assemblage de traces perceptibles qui sont identifiables comme une représentation de quelque chose dans un système déterminé.

Le traitement, c'est une transformation interne à un registre.

Convertir les représentations produites dans un système en représentations d'un autre système, de telle façon que ces dernières permettent d'expliciter d'autres significations relatives à ce qui est représenté ; c'est ce que Duval appelle la conversion (Duval, 1993).

1.3. Question de recherche

Notre travail concerne le topos des élèves concernant la statistique descriptive. Dans un premier temps, nous cherchons à observer ce topos en analysant les praxéologies dans un manuel scolaire. Ainsi notre question de recherche est :

« Quel est le topos des élèves, dans les praxéologies proposées par un manuel scolaire dans le champ de la statistique descriptive? »

2. Méthodologie

Pour des raisons d'organisation, nous avons débuté notre travail avec l'analyse d'un manuel français pour la classe de seconde : le manuel Transmath seconde (2014).

Nous avons fait une analyse globale des contenus de statistique dans le manuel ainsi que l'analyse plus précise de certains exercices, dont nous développons un exemple ici.

Pour l'analyse de l'exercice, nous cherchons à identifier dans chaque question le type de tâches en lien avec la question posée, la technique associée à ce type de tâches et la technologie qui justifie la technique utilisée. Nous observons également les changements de registres nécessaires et les prises d'initiatives attendues des élèves.

3. Analyse

Nous allons commencer par présenter l'analyse globale du manuel Transmath 2de (2014), ensuite nous allons analyser un exercice résolu du manuel.

Nous avons choisi le manuel Transmath 2de (2014) pour trois raisons :

- - le programme cadre bien avec le programme scolaire de la Centrafrique qui verra l'objet de notre thèse,
- - il s'agit de l'un des manuels couramment utilisés en France,
- - ce choix a été guidé par la densité dans ce manuel des activités de recherche, c'est-à-dire des exercices qui demandent des prises d'initiatives et qui peuvent être vus comme des problèmes ouverts.

3.1. Analyse globale, organisation du chapitre

Le chapitre sur la statistique commence par un rappel et questions-tests sur les notions de fréquences, d'effectif et de la représentation graphique. Le contenu du chapitre est structuré en trois sections :

La première section aborde des concepts de statistiques (effectifs, effectifs cumulés, fréquences, fréquences cumulées, etc.). Ces concepts de statistiques sont caractérisés par les caractères qualitatifs et/ou les caractères quantitatifs discrets et continus.

Les caractères quantitatifs discrets sont des variables numériques ayant des valeurs dénombrables entre deux valeurs. Une variable discrète est toujours numérique. Un caractère quantitatif est dit continu lorsque les nombres qui le mesurent peuvent prendre, a priori, toutes les valeurs d'un intervalle.

Les séries qui sont étudiées dans ce manuel sont des séries dont le caractère est quantitatif discret ou continu; plus de 65 % des données sont des données discrètes.

La deuxième section est centrée sur les différents registres de représentation.

Ces différentes représentations permettent de représenter différemment les données statistiques par des graphiques avec des variables discrètes ou des variables continues, c'est-à-dire elles permettent de passer d'un registre de représentation à un autre registre ou d'effectuer une transformation graphique à l'intérieur d'un même registre. Dans la partie « exercices », il est demandé aux élèves d'interpréter aussi les graphiques ; dans ce type de tâches se manifeste plus particulièrement le degré d'initiative des élèves.

Divers registres de représentations sémiotiques sont utilisés dans la partie cours pour expliciter des concepts de statistiques comme :

- Le registre numérique des variables quantitatives discrètes : 9-9-7-8-20-6-8-11-8-8-…
- Le registre des tableaux des variables quantitatives discrètes :

X	6	7	8	9	11	…
Effectif	1	1	3	2	1	…

- Le registre des représentations graphiques variables quantitatives discrètes.

Quant à la dernière section, elle aborde les notions de paramètres de positions (la moyenne, la médiane et les quartiles) et de dispersion (étendue) ainsi que leurs applications. La détermination de ces paramètres s'appuie sur des calculatrices et des logiciels.

En ce qui concerne la notion de moyenne, elle est définie d'abord en fonction des effectifs et ensuite en fonction des fréquences. La médiane, les quartiles et l'étendue sont définis avec des mots ayant un sens à la fois technique et courant, tels que les mots : inférieure ou égale, supérieure ou égale, grande valeur, petite valeur, etc.

Pour l'utilisation des calculatrices (Casio, TI), les élèves entrent les données dans la calculatrice sous forme des listes et ils choisissent l'instruction. Par la suite, la calculatrice affiche les résultats des paramètres ou des graphiques demandés.

3.2. Analyse globale, exercices

Pour l'analyse des exercices, nous nous limiterons aux notions de moyenne, de médiane, de quartiles et de l'interprétation graphique.

Le choix de ces notions s'explique par le fait que sur les 73 exercices du manuel, plus de 42 exercices abordent ces notions. Plus précisément, 18 exercices abordent la notion de moyenne, 11 exercices la notion de médiane, 10 exercices la notion de quartiles et 14 l'interprétation graphique (Tableau 1).

Tableau 1
Tableau récapitulatif des exercices

Thème	Nombre d'exercices	Nature des données
La moyenne de la série statistique quantitative	18	Les données utilisées dans les exercices sont : - Des données fabriquées dans un contexte concret ;

		- Et des données théoriques
La médiane de la série statistique quantitative	11	Les données utilisées dans les exercices sont : - Des données fabriquées dans un contexte concret ; - Et des données théoriques
Les quartiles de la série statistique quantitative	10	Les données utilisées dans les exercices sont : - Des données fabriquées dans un contexte concret ; Et des données théoriques
Interprétation graphique de la série statistique quantitative	14	

Pour la moyenne, 3 exercices sur les 18 demandent à l'élève de la calculer où les données sont proposées sous forme de tableaux statistiques. Dans ce type de tâches, le topos de l'élève est presque négligeable, du fait que ces exercices sont des applications du cours. Les données sont fournies et l'élève doit effectuer un calcul, ce qui fait en sorte que nous ne pouvons pas considérer que certains gestes d'étude sont effectués de manière autonome.

Dans les 15 autres exercices, les tâches sont des questions ouvertes, où il est demandé à l'élève de calculer la moyenne puis d'interpréter le résultat ou encore de calculer la moyenne en utilisant les données graphiques. Pour ce type de tâches, le topos de l'élève est plus important. En effet, après avoir effectué le calcul, l'élève est autonome pour la proposition d'une interprétation. En lien avec les données graphiques, l'élève est relativement à la conversion de registres, c'est-à-dire des données graphiques à des données numériques. Interprétation et conversion entrent alors dans le topos de l'élève. En ce qui concerne la médiane, 6 exercices sur les 11 sont des exercices d'application du cours pour lesquels le topos de l'élève est négligeable.

Les 5 autres exercices demandent une autonomie de la part de l'élève pour la résolution du problème. Dans ces exercices, il doit interpréter les indicateurs (médiane) qui ont été calculés. Nous retrouvons à nouveau l'interprétation dans le topos.

Pour la notion des quartiles, 5 exercices sur les 10 sont des exercices d'applications techniques, ce qui fait en sorte que l'élève n'a pas une grande responsabilité dans la technique de résolution de ces exercices. Quant aux cinq derniers exercices, l'élève a des responsabilités dans le choix de la méthode graphique pour la résolution du problème : ici nous voyons entrer dans le topos de l'élève le choix de méthode.

En ce qui concerne l'interprétation graphique, les 14 exercices font appel à l'autonomie de l'élève pour l'interprétation graphique, qui se situe dans le topos de l'élève.

Dans certains exercices, les questions sont des questions fermées comme calculer ou déterminer la moyenne, l'effectif, la fréquence, etc. Ce sont des questions pour lesquelles le degré de responsabilité de l'élève est presque négligeable.

Et dans d'autres exercices, les questions des exercices sont des questions plus ouvertes, où il est demandé à l'élève d'interpréter. Dans ces exercices, nous avons vu que majoritairement le topos de l'élève comporte l'interprétation statistique à la suite d'un calcul ou à partir d'un graphique. Ce topos peut aussi comporter des conversions de registres, ou même un choix de représentation graphique.

3.3. Analyse d'un exercice résolu

Nous choisissons un exercice résolu A dans le manuel Transmath 2de à la page 130 (Annexe) qui porte sur la représentation d'une série et le calcul de la moyenne. Nous avons choisi cet exercice parce qu'il mobilise plusieurs registres de représentation sémiotique, et que, comme nous allons le voir, le topos de l'élève n'est pas négligeable, si l'énoncé de cet exercice est donné tel quel sans indications sur sa résolution. Cet exercice comporte trois questions.

La question 1 est : « Représentez cette série par un diagramme adapté »

Étant donné que les valeurs du caractère (les notes) sont au nombre de 18, le diagramme en bâtons est approprié pour représenter cette série. En abscisse : les notes et en ordonnée: l'effectif correspondant. Le type de tâches est donc : identifier le diagramme adapté puis le construire. Pour identifier et construire le diagramme, la technique est d'analyser le type de données (nature, nombre, etc.) afin de choisir la représentation adaptée. Pour construire le diagramme, la technique est de choisir l'échelle et de bien placer les valeurs du caractère en abscisse et l'effectif en ordonnée.

La technologie en jeu concerne des connaissances sur le type de données du tableau et les différentes représentations possibles ainsi que la notion de repère orthonormé.

Nous voyons ici un exemple d'exercice pour lequel le choix d'une représentation graphique entre dans le topos de l'élève. De plus, la production de cette représentation demande une conversion de registre qui fait également partie du topos de l'élève.

La question 2 est : « Calculez la note moyenne arrondie à 0,01 près.»

Les valeurs du caractère sont associées à des effectifs, donc la moyenne pondérée est appropriée pour le calcul. Le type de tâches est : calculer la moyenne puis arrondir le résultat à 0,01 près.

Pour calculer la moyenne, la technique consiste à diviser la somme des produits des valeurs du caractère (les notes) par leurs effectifs, par l'effectif total. Pour l'arrondir, nous prenons deux chiffres après la virgule. La technologie associée à la technique est la définition de la moyenne pondérée, qui est liée aux contenus autour de la proportionnalité.

Ici, le topos de l’élève est réduit, même si une difficulté existe et est liée à la moyenne pondérée et à la prise en compte des effectifs.

La question 3 est : « Quel est le pourcentage (arrondi à 0,1 % près) de candidats qui ont obtenu moins de 8? »

L’identification de la note 8 dans le tableau permet de calculer le pourcentage des candidats qui ont obtenu une note inférieure à 8. Le type de tâches est : calculer le pourcentage puis donner l’arrondi. Pour calculer le pourcentage, la technique est de cumuler les effectifs des candidats qui ont obtenu les notes strictement inférieures à 8. Puis, nous divisons l’effectif cumulé par l’effectif total, le tout multiplié par 100. Pour obtenir l’arrondi à 0,1 près, nous prenons un chiffre après la virgule.

La technologie correspond à la notion de pourcentage, en lien avec la proportionnalité.

L’élève doit par lui-même choisir les bonnes colonnes du tableau et lire les effectifs associés, ce choix fait partie de son topos.

Tâches	Techniques	Technologies
Question 1 : Choisir le diagramme adapté Construire le diagramme	- Avec 18 valeurs : choix du diagramme en bâtons - Choisir l’échelle et représenter le diagramme	- Les différents types de diagrammes permettent de représenter des données statistiques. Pour des valeurs discrètes en petit nombre, le diagramme en bâtons est adapté. - Connaissances sur le repère orthonormé
Question 2 : Calculer la moyenne Donner l’arrondi	Diviser la somme des produits des valeurs du caractère (les notes) par leurs effectifs, par l’effectif total. X=(2×1+3×2+4×2+5×4+6×6+7×5+8×4+9×5+10×11+11×5+12×6+13×6+14×5+15×4+16×3+17×5+18×2+19×1)/(1+2+2+4+6+5+4+5+11+5+6+6+5+4+3+5+2+1)=10,61	Définition de la moyenne pondérée, proportionnalité

Question 3 : Calculer le pourcentage Donner l'arrondi	- Chercher le nombre de candidats ayant obtenu moins que 8 : 1+2+2+4+6+5=20 (20/77)×100=26,0	Pourcentage et proportionnalité

Le degré d'autonomie de l'élève est moyen, pour cet exercice. Par rapport à la première question il a à sa charge une décision judicieuse sur le choix du diagramme adapté à la série, et pour la représentation de la série il utilise la conversion de registre des représentations numériques en registre de représentations graphiques des variables. Nous trouvons alors dans le topos de l'élève le choix de représentation et la conversion de registre.

Ensuite les questions 2 et 3 sont plus techniques, centrées sur la connaissance respectivement de la moyenne pondérée et du pourcentage. Cependant, la question 3 replace dans le topos de l'élève le choix d'une utilisation d'une partie des données du tableau.

CONCLUSION

Nous avons tenté de montrer, à travers cette présentation, en quoi l'analyse des manuels pouvait éclairer la manière dont la statistique descriptive est enseignée au niveau du lycée. Nous avons pour cela analysé le contenu d'un manuel, d'une manière générale. Ensuite nous avons centré l'analyse sur un exercice résolu, en utilisant l'analyse praxéologique.

En se référant à notre question de recherche qui est :

« Quel est le topos des élèves, dans les praxéologies proposées par un manuel scolaire dans le champ de la statistique descriptive ? »

Nous avons observé que dans certains exercices le topos de l'élève est négligeable : les données statistiques sont fournies, et il suffit d'effectuer un calcul en appliquant une formule vue en cours.

Ce topos est plus important dans d'autres exercices.

Dans divers exercices, l'interprétation des résultats obtenus fait partie du topos de l'élève. Le recours au registre graphique enrichit aussi ce topos. En effet, la conversion vers le registre graphique peut être dans le topos de l'élève, ainsi que le choix même du type de graphique. Pour ce qui est du choix des résumés statistiques, en revanche, nous ne l'avons pas vu apparaître dans le topos de l'élève.

Il serait possible par exemple dans certains exercices de demander aux élèves, selon la question que nous souhaitons étudier, s'il est plus pertinent de calculer la moyenne ou la médiane, mais ceci n'apparaît pas dans les exercices.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARRA, R. (Dir.) (2014). *Transmath 2^De^* Paris : Nathan.

CHAACHOUA, H. (2014). Le rôle de l'analyse des manuels dans la théorie anthropologique du didactique. Université de Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, LIG.

CHEVALLARD, Y. (1985). *La transposition didactique – du savoir savant au savoir enseigné.* Grenoble : Pensée sauvage.

CHEVALLARD, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : L'approche anthropologique. *Actes de l'Université d'été de la Rochelle,* (p. 91-120) IREM de Clermont-Ferrand.

CHEVALLARD, Y. (2001). Organiser l'étude 1. Structures et Fonctions, in J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, R. Floris (dir.) *Actes de la XIème École d'été de didactique des mathématiques, Corps* (p. 3-32). Grenoble : La Pensée Sauvage.

DANDJINOU, H., & BRONNER, A. (2017). Rapport personnel à l'objet hasard dans l'enseignement secondaire au Benin. *Revue de Mathématiques pour l'École 228,* 42-48.

DUVAL, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives 5,* IREM de Strasbourg. p. 37- 65.

REGNIER, J. C. (2005). Actes du séminaire national de didactique des mathématiques. Dans Castela, C. & Houdement, C. *Formation de l'esprit statistique et raisonnement statistique. Que peut-on attendre de la didactique de la statistique? (p. 13 – 37).*Paris : ARDM, IREM de Paris 7.

EXERCICES
→ APPLICATION

OBJECTIF 1 Calculer différents paramètres

- **Moyenne $\overline{x}$ d'une série statistique :**

$$\overline{x} = \frac{n_1x_1 + n_2x_2 + \ldots + n_px_p}{\text{N}}$$

n_i est l'effectif associé à la valeur x_i
N est l'effectif total EXERCICE RÉSOLU A

- **Médiane Me et quartiles Q_1 et Q_3**

La liste des N valeurs est rangée par ordre croissant et chacune apparaît un nombre de fois égal à son effectif.
EXERCICE RÉSOLU B

- Si N = 2k, alors Me est la demi-somme des valeurs de rang k et k + 1.
- Si N = 2k + 1, alors Me est la valeur de rang k + 1.

Il résulte de la définition que Q_1 et Q_3 sont respectivement les valeurs de la liste de rang $\frac{\text{N}}{4}$ et $\frac{3\text{N}}{4}$ si $\frac{\text{N}}{4}$ est entier, ou du rang immédiatement supérieur sinon.

EXERCICE RÉSOLU A Représenter une série, puis calculer sa moyenne

Le tableau indique les relevés de notes d'un jury à l'épreuve de mathématiques du baccalauréat.

Note x_i	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Effectif n_i	1	2	2	4	6	5	4	5	11	5	6	6	5	4	3	5	2	1

1. Représentez cette série par un diagramme adapté.

2. Calculez la note moyenne arrondie à 0,01 près.

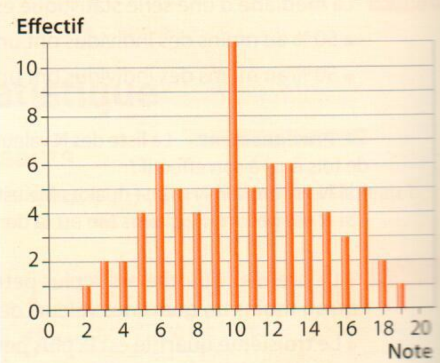
3. Quel est le pourcentage (arrondi à 0,1 % près) de candidats qui ont obtenu moins de 8 ?

Méthode

- Le tableau indique les valeurs du caractère (notes) et les effectifs correspondants.
Un diagramme en bâtons est bien adapté à ce type de situation.
- La taille du dessin doit permettre de lire les données.
– En abscisse, on repère les notes (caractère).
Ainsi, les graduations vont de 0 à 20.
– En ordonnées, on repère les effectifs.
L'effectif le plus grand est 11, donc il faut prévoir les graduations au moins jusqu'à 11.

Solution

1. On représente la série par un diagramme en bâtons.



Méthode

- On applique la formule avec les effectifs.
- La calculatrice affiche :

```
817/77
  10.61038961
```

Pour obtenir l'arrondi à 0,01 près, on regarde le 3^e chiffre après la virgule.

Solution

2. La note moyenne $\overline{x}$ est :

$$\overline{x} = \frac{1 \times 2 + 2 \times 3 + \ldots + 2 \times 18 + 1 \times 19}{1 + 2 + \ldots + 2 + 1}$$

$\overline{x} = \frac{817}{77}$ donc $\overline{x} \approx 10{,}61$.

Méthode

- On cumule les effectifs des candidats qui ont obtenu moins de 8 : 1 + 2 + 2 + 4 + 6 + 5 = 20.
- Le pourcentage est défini par :

$$\frac{\text{effectif de la catégorie}}{\text{effectif total}} \times 100.$$

Solution

3. 20 candidats ont une note inférieure à 8.

D'où le pourcentage : $\frac{20}{77} \times 100 \approx 26{,}0$.

26 % des candidats ont obtenu moins de 8.

ANALYSE DES ERREURS EN RÉSOLUTION DE PROBLÈMES MATHÉMATIQUES DANS LES CLASSES DE CM1 DE LA CEB DE OUAGA 11 ET LES STRATÉGIES DE LEUR GESTION

Timbila SAWADOGO
École Normale Supérieure, Université Norbert ZONGO, Burkina Faso

Valentin DOAMBA
École Normale Supérieure, Université Norbert ZONGO, Burkina Faso

RÉSUMÉ

L’erreur en situation d’enseignement-apprentissage est un « message » qui interpelle l’enseignant sur les difficultés de l’apprenant. La compréhension des causes et des procédures de production de ces erreurs ne saurait donc passer sous silence (Bachelard, 1999 ; Astolfi, 1997). Notre étude a porté sur l’analyse des erreurs en résolution de problèmes mathématiques au cours moyen (CM) au Burkina Faso. Les résultats des élèves et les pratiques des enseignants en mathématiques montrent que la résolution de problèmes mathématiques est la « bête-noire » des élèves. Malheureusement, la prise en compte de l’erreur par les enseignants lors de la résolution de problèmes n’est pas toujours une réalité dans les CM1 des circonscriptions d’éducation de base (CEB) par les enseignants. À partir de problèmes soumis aux élèves des classes concernées et d’entretiens, nous avons pu cerner les erreurs récurrentes de ceux-ci et les stratégies de leur gestion par les enseignants.

MOTS CLÉS

Résolution de problème mathématique, erreur, pratiques enseignantes, Burkina Faso

ABSTRACT

The error in a teaching-learning situation is a "message" that challenges the teacher about the learner's difficulties. An understanding of the causes and production procedures of these errors can not be ignored (Bachelard, 1999 ; Astolfi, 1997). Our study focused on the analysis of errors in solving mathematical problems in the middle course (MC) in Burkina Faso. Student results and teacher practices in mathematics show that mathematical problem solving is the student's "black-fool". Unfortunately, the inclusion of error in problem-solving exercises is not always a reality in primary school districts (CEBs) by teachers. From the problem presented to the pupils of the classes concerned and interviews, we were able to identify recurrent errors of these and strategies of their management by teachers.

KEYWORDS

Mathematical problem solving, error, teaching practices,

INTRODUCTION

« L'école a ses péchés, la recherche est sa conscience » (Férole, J. & Chevrel, A., 1995). Cette affirmation traduit le rapport entre la recherche en éducation, notamment en didactique et les pratiques scolaires des enseignants. Conscient de cette réalité que nous avons entrepris de nous pencher sur la problématique de l'analyse des erreurs en résolution de problèmes mathématiques à l'école primaire.

Les résultats des élèves et les pratiques des enseignants montrent que la résolution de problèmes mathématiques est la « bête-noire » des élèves. Malheureusement, la prise en compte de l'erreur dans les exercices de résolution de problèmes par les enseignants n'est pas toujours une réalité dans les classes du cours moyen (CM).

La place de l'erreur est indéniable dans le processus d'enseignement-apprentissage. Elle est un « message » qui interpelle l'enseignant sur les difficultés de l'apprenant. La compréhension des causes et des procédures de production de ces erreurs ne sauraient donc passer sous silence. La présente étude se propose d'identifier des causes éventuelles de ces difficultés vécues par les élèves en résolution de problèmes mathématiques et de cerner les stratégies de leur gestion par les enseignants.

1. Problématique

Dans ce paragraphe, nous déclinons le problème de l'étude.

D'une manière générale, le constat dans les écoles primaires est que les mathématiques enregistrent beaucoup d'échecs tant dans les évaluations formatives que celles dites certificatives[33]. Les enquêtes d'évaluation des acquis scolaires dirigées par la Direction des Études et de la planification (DEP) de 2005 à 2014 ont également fait ressortir un taux d'échec d'une moyenne de 47 % pour le français contre 42 % pour les mathématiques en l'occurrence la résolution de problèmes mathématiques (RPM)[34]. Les mathématiques sont considérées comme une discipline rebutée par les élèves (Doamba, 1999 ; Sawadogo, 2000 ; Traoré, 2002) et souvent même par certains enseignants. Le domaine des mathématiques qui expliquerait plus ces échecs serait la résolution de problèmes mathématiques reconnue comme l'exercice de synthèse des disciplines du calcul à l'école primaire.

Malheureusement, lorsqu'il s'agit de réfléchir sur les difficultés liées à la résolution des problèmes mathématiques, beaucoup d'études ont porté sur les méthodes de résolution de problèmes (Sawadogo, 2006 ; Traoré, 2010), d'autres (Sori, 1996 ; Zoungrana, 2006) se sont plus penchées sur les facteurs des échecs dans ce domaine de connaissances et d'autres (Zongo, 2006 ; Savadogo, 2013) sur les compétences à développer dans le processus de résolution des problèmes mathématiques.

---

[33] Certificat d'Etudes Primaires (CEP) sanctionnant la fin de l'école primaire et entrée en classe de sixième ($6^{ème}$) première classe de collège.
[34] MEBA, Direction des études et de la planification, Évaluation des acquis scolaires 2006-2007, MEBA, Burkina Faso.

Très peu d'études se sont intéressées spécifiquement à la problématique de l'analyse de l'erreur en résolution de problèmes mathématiques (RPM) à partir de productions d'élèves. Or, dans la « **pratique classe** », une enquête exploratoire nous a permis de comprendre que les pratiques des enseignants sont très loin des réalités didactiques liées à l'analyse des erreurs. Ils ignorent formellement ou négligent littéralement l'importance de l'analyse des erreurs dans le processus enseignement/apprentissage de la RPM.

Par ailleurs, les quelques études qui se sont appesanti sur la problématique de l'erreur ont invariablement porté leur réflexion sur la gestion et/ou l'exploitation de l'erreur en mathématique. La problématique de l'erreur en résolution de problèmes mathématiques sur la base de travaux d'élèves préalablement conçus et analysés a très peu été une préoccupation dans les études. Pourtant, nous estimons qu'en mathématique et mieux en RPM l'analyse de l'erreur doit être un processus à part entière qui s'inscrit dans le processus de la gestion et/ou de l'exploitation des erreurs des élèves en résolution de problèmes. Autrement dit, il faut s'attaquer à la racine du mal à travers un diagnostic des causes des erreurs récurrentes.

C'est fort de tout cela que cette étude a trouvé judicieux de porter la réflexion sur le thème de l'analyse des erreurs en résolution de problèmes mathématiques dans les classes du cours moyen en partant du processus enseignement/apprentissage.

2. Cadre théorique

Dans ce paragraphe consacré aux aspects théoriques de notre étude, nous définissons la notion d'erreur et son entendement dans les courants pédagogiques.

2.1. L'erreur dans l'apprentissage

Définition de l'erreur Pour Daniel Descomps (1999, p.20) l'erreur est considérée comme « un processus non conforme au contrat ». L'erreur témoigne donc des processus intellectuels de l'individu. L'erreur ne caractérise pas seulement le résultat, mais la démarche de prise de décision. Une décision peut être dite causée par une erreur lorsque celui qui a pris cette décision peut la remettre en question, en regard des conséquences il sait pouvoir lui associer. L'erreur qualifie la connaissance qui a permis la décision lorsqu'elle est identifiable et identifiée. Pour l'élève, l'interprétation de l'échec en termes d'erreurs nécessite :

- un constat de l'échec du résultat,
- l'attribution de l'échec à des choix qu'il a fait et dont il peut assumer la responsabilité (ce qui implique le rejet de causes comme le hasard, la fatalité, le rejet de la culpabilisation et du dénigrement de soi-même, etc.),
- la recherche d'identification des relations entre choix et résultats,
- une modification de ses choix de manière plus adéquate.

2.2. Du statut de l'erreur à travers les courants pédagogiques

Dans les conceptions transmissives de l'apprentissage, l'erreur est signe d'un travail insuffisant de l'élève qui n'a pas encore pu ou su enregistrer un savoir suffisant pour lui permettre d’éviter cette erreur. C'est une faute de la part de l'élève et un échec de l'enseignant. Pour traiter l’erreur, le professeur, dans son intervention pédagogique essaie de prévenir les erreurs en mettant des balises là où fréquemment les élèves en commettent (il les met en garde); si un élève est en erreur, le professeur explique, explique à nouveau, punit souvent.

Les béhavioristes excluent la survenance de l'erreur. L’approche pédagogique sert à inculquer des comportements, des attitudes, des gestes professionnels, des réactions par le biais de répétitions. L'erreur dans cette vision surviendrait à la suite d’un défaut de planification. Le traitement a priori de l'activité d'enseignement-apprentissage préviendrait les erreurs.

Dans la conception socioconstructivistes de l'apprentissage, l’élève se construit des connaissances à partir de ses connaissances antérieures. L’erreur est perçue comme une manifestation d’une connaissance antérieure mal construite. L’erreur n’est pas due à une absence de connaissance, mais à des connaissances erronées à propos d’un savoir, des connaissances erronées faites de conceptions spontanées ou préconstruites que l’élève s’est fait à propos du savoir. L’erreur est un indicateur du processus didactique de l’élève, des tâches intellectuelles qu’il réalise et des obstacles qu’il rencontre.

Sur le plan de l’élaboration des savoirs eux-mêmes l’erreur est aujourd’hui reconnue comme un moment constitutif de la démarche scientifique et du progrès des connaissances. « Cette perspective d’erreurs rectifiées caractérise à notre avis la pensée scientifique. (…) En revenant sur un passé d’erreurs, on trouve la vérité en un véritable repentir intellectuel. En fait on connaît contre une connaissance antérieure, en détruisant des connaissances mal faites, en surmontant ce qui, dans l’esprit même fait obstacle à la spiritualisation. » (Bachelard, 1983, p. 10).

2.3. De la gestion de l'erreur

L’erreur possède donc une logique et pour y remédier, il faut la découvrir, l’analyser en vue d’élaborer des stratégies de remédiation adéquates.

La remédiation d’une erreur du type obstacle nécessite qu’il soit créé un conflit cognitif (confrontation entre les conceptions antérieures de l’élève avec la nouvelle connaissance). Il faut que l’élève soit en situation de rupture cognitive (si des faits ont contredit sa conception et qu’il prend conscience qu’elle doit être abandonnée) pour adopter la nouvelle connaissance.

L’analyse de l’erreur orale ou écrite est intéressante à la fois pour l’enseignant et pour l’élève :

- Pour l’enseignant, l’analyse des erreurs a une double signification :
    - il découvre les démarches d’apprentissage de chaque élève.
    - il différencie sa pédagogie et évalue sa pertinence.

- Pour l’élève, comprendre où et pourquoi il s’est trompé est producteur de savoir. Il découvre son propre fonctionnement, ce qui l’amène à plus d’autonomie

De nombreux auteurs (Cote, 1980 ; Charnay, 1990 ; Brousseau, 2000 ; Artigues, 2009) se sont intéressés à l'erreur dans les domaines mathématiques et les niveaux d’enseignement, établissant des typologies d’erreurs, contribuant à la rendre intelligible en décortiquant les mécanismes de production. Les écarts entre la production de l’apprenant et celle souhaitée par l’enseignant peuvent être attribués à une mauvaise application de connaissances ayant été enseignées et institutionnalisées, à des conceptions erronées de l’apprenant, à des connaissances inappropriées.

La transformation de l’échec en erreur est la condition d’un progrès, d’un apprentissage.

> En mathématiques, les erreurs des élèves sont fréquemment attribuées par les enseignants à l’inattention, à l’étourderie, au manque de travail ··· Pourtant, le plus souvent, il est possible de les analyser et de leur trouver des causes plus profondes. Certaines erreurs ne sont pas significatives mais d’autres, souvent récurrentes, doivent attirer l’attention de l'enseignant. (Berté, A. et al. 2013).

Brousseau (2000, p. 15) souligne que pour traiter l'erreur en mathématique, que ce soit par le professeur, par l'élève ou par l'environnement, il est nécessaire de lui attribuer un statut et une origine.

3. Une vision socioconstructiviste dans notre approche de l’erreur

Les erreurs sont diversement appréhendées par les différents courants pédagogiques et didactiques. Ainsi, ceux-ci proposent-ils chacun à sa manière un cadre théorique prenant en compte l’erreur dans son rapport aux apprentissages scolaires.

Pour le constructivisme piagétien, l’individu est programmé pour acquérir les connaissances par « construction » et dans un ordre à condition que le milieu fournisse les stimulations nécessaires au moment voulu (Raynal et Rieunier, 1997, p. 90). L’erreur est positivement appréciée puisqu’elle renseigne sur les processus mentaux de l’élève. C’est pourquoi il est de plus en plus reconnu qu’au sens constructiviste, l’erreur dérive d’une logique que seul l’élève appréhende ou souvent même ignore.

Le socioconstructivisme met en pole position le rôle de l’environnement social dans l’acquisition des connaissances. Dans ces conditions, les élèves s’inspirent des erreurs de leurs camarades pour mieux comprendre les problèmes et les résoudre en toute autonomie. C’est par là qu’ils peuvent apprendre à dédramatiser l’erreur et à démythifier les mathématiques et par ricochet la résolution des problèmes mathématiques.

4. Aspects méthodologiques

Nous avons utilisé une approche qualitative de recherche. La population d’enquête comprend principalement les élèves de la classe de CM1et des personnes ressources. Les élèves des classes du cours moyen première année d'une circonscription d'éducation de base (CEB) de la ville de Ouagadougou, celle de Ouaga 11 constitue le groupe d'élèves concerné par l'enquête. Le choix de niveau fut motivé par le fait qu'il est une classe d'initiation à la résolution de plusieurs types de problèmes dont le problème multiplicatif au sens de Gérard Vergnaud retenu comme support d'analyse dans la présente étude[35].

Les personnes ressources quant à elles regroupent respectivement les enseignants, les directeurs d'écoles et les encadreurs pédagogiques de la CEB Ouaga 11.

De façon pratique, l'étude a procédé à l'identification des erreurs récurrentes et significatives commises par les élèves en résolvant le problème proposé, puis à déterminer les causes possibles des erreurs commises à partir du processus enseignement/apprentissage avant de proposer des stratégies de gestion de ces erreurs. Pour parvenir à ces résultats, l'étude s'est munie d'un cadre méthodologique qualitatif.

Faute de pouvoir prendre en compte toute la population d'enquête pour des raisons d'ordre pratique, l'étude a procédé à un échantillonnage stratifié. L'échantillonnage des écoles puis celui des élèves à enquêter. Le choix des (06) écoles a été fait à partir de trois critères précis que sont le taux d'échec en RPM, la présence de classes de CM1 et la disponibilité des enseignants pour les entretiens.

Pour la constitution de l'échantillon des élèves dans ces six écoles, la technique de choix aléatoire a été jugée nécessaire puisqu'elle assure une équiprobabilité à tous les élèves d'être interrogés. Mais pour des raisons de faisabilité, trois (03) élèves par école et par classe ont été retenus.

Les enseignants des classes retenues ainsi que leurs directeurs respectifs sont d'office choisis pour les entretiens autour de la gestion des erreurs dans cette étude. Pour le choix des encadreurs, le chef de la circonscription d'éducation de base et trois conseillers pédagogiques itinérants sur les cinq se sont prêtés aux questions des guides d'entretien.

La spécificité de l'analyse des erreurs en didactique des mathématiques a également permis d'inscrire cette étude dans l'esprit de la démarche inductive.

Pour opérationnaliser ces deux types d'approches, l'étude s'est servie de techniques d'analyse des erreurs d'une part et des outils de collectes de données d'autre part.

Les techniques d'analyse ont concerné spécifiquement l'analyse *a priori* et l'analyse a posteriori. L'analyse a priori, un des moyens de l'ingénierie didactique, consiste à construire un processus d'apprentissage d'un contenu fixé en s'appuyant sur des hypothèses théoriques, à faire une analyse a priori des effets possibles, à observer les effets produits et à les comparer aux prévisions. C'est ainsi que très vite la notion d'ingénierie didactique s'est transportée au sein même de la recherche (Artigues & Douady, 1985). Si l'analyse a priori se singularise par son caractère descriptif et prédictif des erreurs, l'analyse *a posteriori* quant à elle s'appuie sur

[35] MEBA/DGRIEF. (2010). Mathématiques CM1 et CM2. Livre de l'élève

le contenu de l'analyse *a priori* et les résultats issus du problème multiplicatif traité par les élèves pour mettre en évidence les écarts éventuels.

Pour ce qui est des outils de collectes de données, un guide semi directif et un guide d'explicitation ont respectivement été soumis aux élèves après la leçon pratique et le test sur le problème mathématique.

Les enseignants concernés ont également été soumis à un guide semi-directif après la séance pratique en RPM. Par contre un guide directif a été adressé aux directeurs et aux encadreurs.

Par ailleurs, des grilles d'analyse des cahiers de devoirs et de brouillons ainsi que les grilles d'observation des leçons ont complété les contenus des guides dans l'analyse du fait de l'étude.

Le dépouillement des données s'est fait manuellement et nous a permis de prendre en compte les données chiffrées dans des tableaux et de faire une analyse de contenu des réponses des enquêtés issues des différents guides et grilles utilisés qui constituent l'essentiel des résultats atteints de la présente étude.

5. Résultats de l'étude

5.1. L'analyse a priori du problème soumis aux élèves

Voici le problème posé aux élèves des classes de CM1 :

Problème : Un commerçant a vendu 87,50 mètres de tissus. Combien gagne-t-il si le mètre de tissu vaut 850 F ?

<u>Procédures de résolution du problème</u>

Procédure n° 1 : Je calcule ce qu'il gagne : 850 F x 87, 50 = 74 375 F

Ou encore

Procédure n° 2 : Je calcule d'abord le prix des 87 mètres de tissu :

850 F x 87 = 73 950 F

Je calcule maintenant le prix des 0,5 mètres de tissu restant

850 F x 0,50 = 425 F

Je calcule enfin le gain du commerçant

73 950 F + 425 F = 74 375 F

À travers ce problème, nous cherchons à comprendre les erreurs liées au transfert des notions et des outils de l'arithmétique en résolution de problèmes mathématiques. Activité centrale en mathématique dans les écoles primaires, le contenu des problèmes est généralement une synthèse d'éléments ou mieux une combinaison de notions d'autres disciplines en l'occurrence les disciplines du calcul : l'arithmétique, le système métrique et la géométrie. Le présent problème contient des notions et des outils relatifs à l'arithmétique. Il s'inscrit ainsi dans l'esprit de la classification de Vergnaud (1981, 1983) des problèmes multiplicatifs par sa structuration et les relations qu'entretiennent ses différents éléments. Un problème multiplicatif est un problème arithmétique simple qui nécessite pour sa résolution que nous fassions appel à des opérations sur les nombres et sur leurs propriétés.

L'analyse de ce problème s'est faite selon le plan suivant : les savoirs et savoir-faire en jeu, les procédures de résolution, les difficultés éventuelles des élèves, les erreurs possibles et les causes probables. Deux types de procédures de résolutions du problème ont été prévus. Pour sa résolution, il est donc attendu de l'enfant qu'il mobilise des savoirs sur le sens de la multiplication, c'est-à-dire la recherche d'un produit de deux nombres, ainsi que des savoirs procéduraux sur les techniques des opérations de la multiplication des nombres entiers avec des nombres décimaux. Mais pour y arriver l'élève doit être à mesure d'investir sans aucune erreur les contenus des tables de multiplication et de se munir de procédures bien appropriées. L'élève peut procéder par exemple à une représentation de la situation-problème de la façon suivante :

1mètre = 850 F

87,50 mètres = ? F

Ce qui donne dans la pratique : 850 F x 87,50 mètres / 1mètre. Toutefois, bien poser l'opération n'est pas suffisant dans l'esprit de la résolution de ce problème. Il faut que l'élève parvienne à adjoindre dans la résolution de cette opération du problème, la technique opératoire de la multiplication, la gestion des zéros inutiles, des retenues et des virgules. Juste pour dire que des procédures multiplicatives : le calcul de l'algorithme et l'utilisation adéquate des tables sont nécessaires ici.

Il était prévu par ailleurs que les élèves pouvaient commettre des erreurs liées au sens de la multiplication et à l'usage adéquat des techniques opératoires du produit à calculer.

Pour Brousseau (1982a), un champ de problèmes peut être engendré à partir d'une situation par la modification des valeurs de certaines variables qui, à leur tour, font changer les caractéristiques des stratégies de solution (coût, validité, complexité, etc.) […]Seules les modifications qui affectent la hiérarchie des stratégies sont à considérer (variables pertinentes) et parmi les variables pertinentes, celles que peut manipuler un professeur sont particulièrement intéressantes : ce sont les variables didactiques. ». Ainsi ressort-il qu'au regard des variables didactiques[36] (Brousseau, 1982a) contenues dans ce problème, les erreurs

[36] Variables numériques (décimaux).

liées à l'emplacement de la virgule, les opérations mal calculées c'est-à-dire les erreurs de tables de multiplication, le non décalage des produits intermédiaires, la mauvaise gestion des retenues et des zéros sont susceptibles d'être commises par les élèves (Brun, J. &al. 1994).

Par ailleurs, toutes ces erreurs probables trouvent l'essentiel de leurs sources ou causes dans le processus enseignement-apprentissage de la RPM dans les CM1 de la CEB de Ouaga 11.

Pour pouvoir vérifier le contenu de l'analyse a priori, le problème fut soumis aux élèves de l'échantillon d'étude.

5.2. L'analyse a posteriori

L'analyse des copies des élèves nous a permis de relever les erreurs des élèves dans leur tentative de résolution de ce problème. Le tableau ci-dessous résume l'essentiel du contenu des productions des élèves relativement aux erreurs qu'ils contiennent et leurs fréquences d'apparition.

Tableau 1
Types d'erreurs et leurs fréquences d'apparition

Types d'erreurs	Fréquences en %
Les erreurs de table de multiplication	55,55
Les retenues non prises en compte	5,55
Le sens de la multiplication	5,55
Le mauvais emplacement de la virgule dans le résultat final	0,00
Le non décalage des produits intermédiaires	0,00
Autres types d'erreurs	0,00

À la lecture de ce tableau, il est à retenir que trois types d'erreurs ont été retrouvés sur les copies des élèves. Ainsi dans l'ordre décroissant de leur fréquence d'apparition, nous avons 55,55 % pour les erreurs de tables de multiplication, 5,55 % pour le sens de la multiplication et 5,55 % pour les retenues non prises en compte dans les calculs.

Au regard du fort taux des erreurs de tables de multiplication et de l'effet de la non maitrise de ces tables sur la qualité des résultats des problèmes multiplicatifs en mathématique, l'analyse des erreurs liées aux tables a été priorisée dans cette étude. Nous partons du principe que si l'élève ne maitrise pas du tout les tables, ses efforts en résolution de problèmes seront tout simplement voués à l'échec. Mais quelles peuvent être les sources ou les causes de ces erreurs de table de multiplication ?

À ce niveau, force est de constater que le processus enseignement-apprentissage semble être tout indexé comme un facteur générateur d'erreurs en résolution de problème dans les CM1 de la CEB de Ouaga 11. En effet, l'analyse indexe les pratiques enseignantes en gestion des éléments des tables de multiplication en situation de RPM et l'incapacité des élèves à faire un usage approprié de l'addition réitérée dans les problèmes multiplicatifs comme étant les causes ou les sources probables des erreurs en RPM dans les CM1 de la CEB de Ouaga 11.

À la suite de l'analyse du test des élèves, il a été procédé à l'analyse a posteriori. Le contenu de cette analyse a situé sur les erreurs de tables de multiplication susceptibles d'être analysées et a permis par la suite de proposer des stratégies de gestion de ces erreurs.

À cet effet, trois profils de résolution d'élèves dont les productions sont significatives et donnent une vision holistique de toutes les erreurs de tables de multiplication commises par les élèves des CM1 soumis au test ont été retenus puis décrits.

L'entretien avec les acteurs fut abondamment utilisé pour comprendre les causes ou les sources de ses erreurs de tables de multiplication. Cela a donné l'occasion de comprendre que ces erreurs proviennent d'une part des élèves par le mauvais usage de l'addition réitérée pour retrouver les tables de multiplication en situation de RPM. D'autre part, les causes dérivent des pratiques enseignantes par le mode d'enseignement inapproprié des éléments des tables, les conditions d'apprentissage inopérantes proposées par les enseignants et enfin par l'absence de stratégies d'apprentissages des tables facilitant leur mémorisation.

5.3. De la gestion des erreurs par les enseignants

Les séances de résolution de problèmes mathématiques pratiqués par les enseignants ont été observées dans cette étude pour mieux appréhender le rapport existant entre le processus enseignement-apprentissage en usage dans les classes et la problématique de la gestion de l'erreur. Le tableau ci-dessous nous en donne à cet effet les détails d'une telle réalité.

Tableau 2
Appréciation des activités des enseignants et des élèves lors des six (06) séances

Les activités de l'enseignant et de	Echelle d'appréciation	

l’élève en classe	Jamais	Rarement	Souvent	Toujours	Total
Le maitre prépare sa leçon	**0**	**4**	**2**	**0**	**6**
Le maitre applique une démarche	**0**	**1**	**1**	**4**	**6**
Les élèves se servent de procédures	**0**	**0**	**2**	**4**	**6**
Le maitre détecte les erreurs des élèves	**1**	**2**	**3**	**0**	**6**
Les élèves discutent entre eux sur les sources éventuelles de leurs erreurs	**4**	**2**	**0**	**0**	**6**
Les élèves verbalisent leurs erreurs	**5**	**1**	**0**	**0**	**6**
Le maitre propose des stratégies de gestion	**4**	**1**	**1**	**0**	**6**

De ce tableau, il ressort que les enseignants préparent rarement les séances de résolution de problèmes. Il ressort aussi que les élèves se servent généralement de procédures de résolution. La moitié des enseignants font l’effort de détecter l’erreur de l’enfant mais force est de constater que les occasions d’échanges entre les élèves sur les sources de leurs erreurs et la verbalisation sont pratiquement inexistantes dans les classes observées. Ces échanges sont nécessaires pour permettre à l’élève d’énoncer les décisions qu’il a prises qui ont pu conduire à l’échec du résultat. Ils permettent du même coup à l’enseignant d’identifier les connaissances inadaptées que l’élève a utilisées, pour les déconstruire et permettre à l’apprenant de construire la connaissance adaptée. La fécondité de ces échanges en termes de construction, de déconstruction et de reconstruction des connaissances nous permet de conclure volontiers que les pratiques enseignantes ne sont pas de nature à aider l’élève à réussir en résolution de problèmes mathématiques.

Nous avons eu des entretiens avec les enseignants titulaires des classes où les cours ont été observés. Les questions ont porté sur les stratégies qu’ils utilisent pour l’enseignement de la résolution des problèmes mathématiques et la gestion des erreurs des élèves. Il ressort de ces entretiens que ceux-ci ne privilégient pas la schématisation (modélisation) dans l’apprentissage de la résolution de problèmes. A ce propos, un des enquêtés dira : *« la schématisation est difficile à faire par les enfants. Donc je préfère les faire comprendre vite et autrement le problème que de s’attarder sur des détails encombrant l’esprit des enfants »*. Ces propos, il faut l’admettre, dénotent d’une situation où les procédures de résolution par la schématisation sont très peu valorisées. Pourtant à notre sens la représentation et la modélisation d’un problème passe par sa représentation schématique ou graphique. A la question de savoir comment parviennent-ils à leur faire comprendre autrement sans la schématisation ? La réponse est sans ambages : *« il faut leur expliquer le problème et si possible trouver d'autres problèmes semblables déjà traités pour leur faire saisir le sens du problème en question ».* A notre sens, l'explication pour être efficace doit s'appuyer sur un support et nous pensons que la schématisation en est un. Pourquoi donc s'en passer et croire surtout par ailleurs que la comparaison avec d'autres problèmes semblables aideraient à mieux comprendre surtout que très généralement la structure d'habillage des problèmes peut même induire en erreur.

Au rang des stratégies citées pour la gestion des erreurs, les enseignants proposent la multiplication activités de RPM, l'application de problèmes semblables, la proposition des problèmes ouverts et des problèmes de maison. A la lecture de ces propositions, force est de constater que nous n'avons là que des conseils, mais pas de stratégies en tant que telles à même d'aider à juguler l'erreur. Ce faisant, leur efficacité dans la gestion de l'erreur n'est pas évidente. Multiplier les cas par exemple ne fait pas avancer l'apprenant dans sa conception erronée du fait mathématique. Appliquer le même problème c'est cultiver des automatismes certes mais pas la culture de la réflexion pourtant très chère à l'esprit de la RPM. Les problèmes de maisons ne sont efficaces en gestion des erreurs que lorsqu'ils sont corrigés et traités conséquemment. Les enseignants eux-mêmes reconnaissent que les parents ne jouent pas leur rôle de suivi à la maison. Comment gèrent-ils spécifiquement les erreurs liées aux notions de l'arithmétique en RPM ? Il ressort de leurs réponses, les mêmes stratégies ci-dessus énumérées avec quelques variantes. Ainsi, l'un d'eux a ajouté que la gestion des tables, par exemple, se fait individuellement au fur et à mesure que nous avançons dans le programme.

5.4. Des stratégies proposées

Partant alors du fait que le processus enseignement- apprentissage de la RPM dans les CM1 de la CEB de Ouaga 11 est à la base des erreurs des tables de multiplication, il était de bon aloi de proposer des stratégies de gestion de ces erreurs.

L'analyse des sources ayant révélé deux niveaux de responsabilité, conséquemment deux niveaux de remédiation sont nécessaires pour la gestion de ces erreurs :

5.5. Les stratégies de gestion <u>au niveau des élèves</u>

Il a été constaté dans les réponses des apprenants au problème posé des $7 \times 5 = 30$ alors que le même élève trouve que $5 \times 7 = 35$. La méconnaissance de la table de multiplication par 7 est doublée de celle du sens de la multiplication. Nous recommandons alors aux enseignants de proposer des activités donnant du sens à la multiplication comme addition réitérée puis dans un second temps la déduction des résultats des tables par le décompte de 2 en 2 ou de 3 en 3 par exemple pour installer la notion de réitération.

5.6. Les stratégies de gestion des erreurs <u>au niveau des enseignants</u>

Pour les erreurs liées au mode d'enseignement inapproprié des tables par la mémorisation sans logique, nous avons proposé la stratégie d'apprentissage des tables de Charnay et Aberkane Cerquetti (2012). L'objectif de ces deux stratégies est d'aider l'élève à mémoriser peu et à retrouver plus vite les éléments de tables de multiplication.

Pour ce qui des erreurs relatives au **mode d'enseignement inapproprié des tables par l'appréciation et la verbalisation inadéquates des erreurs,** nous suggérons que le modèle d'appréciation des problèmes multiplicatifs par les enseignants situent les élèves sur l'élément de la table qui fait défaut.

Nous suggérons en plus de cultiver la verbalisation ou le réflexe de l'auto-évaluation de l'erreur de table chez les élèves.

Concernant les erreurs liées aux **conditions d'apprentissages proposés par les enseignants,** nous proposons un apprentissage des tables qui a un sens pour les enfants. Cela facilitera à coup sûr la mémorisation. Ce type d'erreur recommande également un enseignement systématique des tables puis de les faire recopier en mettant en évidence les caractéristiques de chaque table.

Elle nécessite enfin une solution dans l'appréhension par les élèves du lien réciproque entre le calcul mental et la RPM multiplicatif.

Enfin les erreurs relatives à **l'absence des stratégies d'apprentissage des tables** chez les élèves se résolvent par la construction et l'utilisation à bon escient de la table de Pythagore.

L'efficacité de cette table est sa simplicité à retrouver sans trop de peine les éléments des tables et son impact cognitif et surtout socioaffectif. En effet, elle donne l'impression à l'apprenant de participer à la construction des connaissances en mathématique en découvrant lui-même les éléments des tables de multiplication en situation de RPM.

De même, une sensibilisation et un renforcement des capacités des enseignants dans l'analyse et la gestion des erreurs seront d'une grande importance.

CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en évidence les erreurs des élèves en RPM dans les CM1 de la CEB de Ouaga 11. Elle a permis à cet effet de se pencher spécifiquement sur la problématique de l'analyse systématique des erreurs en RPM à partir de production d'élèves. Pour faciliter cette analyse, l'étude a recouru à un dispositif méthodologique avec une analyse principalement qualitative et inductive en se servant d'une technique d'analyse a priori et a posteriori d'un problème test de type multiplicatif.

Il est ressorti que les erreurs de tables de multiplication sont les plus récurrentes lors de la résolution dudit problème par les élèves. Les sources, quant à elles, impliquaient autant les élèves que leurs enseignants dans le processus enseignement-apprentissage de la RPM.

C’est pourquoi, au niveau des élèves, les stratégies de gestion proposées recommandent de clarifier le sens de la multiplication et de faire apprendre les techniques facilitant l’application de l’addition réitérée dans les problèmes multiplicatifs sans oublier de se servir du calcul mental comme tremplin à l’application adéquate de l’addition réitérée.

La remédiation chez les enseignants est principalement didactique. Autrement dit, ce sont les dispositifs d’enseignement des tables qui doivent être revus fondamentalement. Il faut en réalité proposer aux élèves des stratégies qui leur permettent de retrouver facilement les éléments des tables de multiplication sans avoir forcement à les mémoriser tous azimuts et sans aucune logique. La construction et l’utilisation à bon escient de la table de Pythagore est un exemple parmi tant d’autres pour retrouver les tables et réussir conséquemment les problèmes multiplicatifs dans les CM1 de la CEB de Ouaga 11.

Toutefois, cette étude n’est qu’une ébauche d’une contribution avec ses forces et ses faiblesses éventuelles. Des études ultérieures pourraient la compléter ou la parfaire en prenant en compte ses insuffisances ou certains aspects des erreurs en RPM qu’elle n’a pas pu mettre en évidence.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARTIGUE et DOUADY (1985), La didactique des mathématiques en France, Revue Française de Pédagogie n° 76.

ARTIGUES, M. (2009). Le rôle de l’erreur en mathématiques; Tangente Éducation n° 7.

ASTOLFI, J P. (1997), L’erreur, un outil pour apprendre, Paris, ESF.

BACHELARD, G. (1999), La formation de l’esprit scientifique, Paris, Vrin.

BERTE, A. et al. (2013). L’erreur dans l’apprentissage des mathématiques, Petit x N°93, IREM de Grenoble.

BROUSSEAU, G. (2000). Les erreurs des élèves en mathématiques : étude dans le cadre de la théorie des situations didactiques; « petit x » n° 57, pp. 5-30.

BRUN, J., CONNE, F., LEMOYNE, G. & PORTUGAIS, J. (1994). La notion de schème dans l’interprétation des erreurs des élèves à des algorithmes de calcul écrit. Cahiers de la recherche en éducation , 1(1), 117–132. doi:10.7202/1018326ar .

CHARNAY R. (1989-1990). Les enseignants de mathématiques et les erreurs de leurs élèves, Grand N, n° 45, pp. 31-41, IREM de Grenoble.

COTE B. (1980) L'analyse d'erreurs, pour comprendre la démarche d'apprentissage des élèves, Bulletin AMQ, Vol. 20, na 4, pp.10-l6.

FEROLE, J., CHEVREL, A. (1995) Transformer l'école. 210 propositions pratiques, Paris, Hachette livre.

MEBA/DGRIEF. (2010). Mathématiques CM1 et CM2. Livre de l'élève.

SAVADOGO; B. (2013). Contribution des stratégies métacognitives à l'amélioration des compétences des élèves en résolution de problèmes mathématiques à l'école primaire », Mémoire de fin de formation des Inspecteurs du Premier Degré, Ecole Normale Supérieure/Université de Koudougou.

SORI , S. (2006). Causes des échecs des élèves des Cours Moyens en résolution de problèmes mathématiques à l'école élémentaire : cas de la province de la Comoé », Mémoire de fin de formation des Inspecteurs du Premier Degré, ECAP, 1996.

TRAORE, L. A. (2010), Stratégies de résolution de problèmes en mathématiques au Cours Moyen (CM) à l'école élémentaire. Mémoire inédit de fin de formation des Inspecteurs du Premier Degré, École Normale Supérieure, Université de Koudougou.

TRAORE, S. (2002). Gestion des erreurs en mathématique en classe de 4ième au Burkina Faso : cas des régions des Cascades, du Centre, Centre-Ouest et Haut- Bassins, Mémoire de fin de formation des Inspecteurs de l'Enseignement Secondaire, École Normale Supérieure, Université de Koudougou.

VERGNAUD, G. (1981). L'enfant, la mathématique et la réalité, Problème de l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire, Berne, Peter Lang. 6 éditions.

ZONGO, J. A. (2006). Les stratégies pour le développement des capacités en résolution de problèmes mathématiques des classes de CE2 et CM2 au Burkina Faso : cas de la CEB de Ouaga 5. Mémoire de fin de formation des Inspecteurs du Premier Degré, École Normale Supérieure, Université de Koudougou.

ZOUNGRANA, H. (2006). Problématique de l'échec des élèves du CM2 en mathématique dans la résolution de problèmes : Cas de la CEB de Zitenga, Mémoire d'inspecteur de l'enseignement du 1erdegré, École Normale Supérieure, Université de Koudougou.

LES PARTICIPANTS ET PARTICIPANTES AU COLLOQUE DE L'ADIMA 2018

Numéro	Nom et prénoms	Sexe	Pays	Adresse mail
1.	ADIHOU Adolphe	M	Canada/Bénin	Adolphe.Adihou@USherbrooke.ca
2.	BUTLEN Dénis	M	France	denis.butlen@u-cergy.fr
3.	DORIER Jean-Luc	M	Suisse	Jean-Luc.Dorier@unige.ch
4.	KOUKI Rahim	M	Tunisie	rahim.kouki@gmail.com
5.	LARGUIER Mirène	F	France	miren.larguier@gmail.com
6.	MOPONDI BENDEK MBUMBU Alexandre	M	RDC	bendekomopondi@yahoo.fr
7.	NJOMGANG NGANSOP Judith	F	Cameroun	jsadjakam@yahoo.fr
8.	SOKHNA Moustapha	M	Sénégal	moustapha.sokhna@ucad.edu.sn
9.	TRAORÉ Khalifa	M	Burkina Faso	krinkalifa@gmail.com
10.	ABBY-M'BOUA Parfait	M	Côte d'Ivoire	abby_mboua@yahoo.fr
11.	AMBOMO Nicole	F	Cameroun	nicoleaimeea@yahoo.fr
12.	ARCHER Maurice	M	Côte d'Ivoire	archermaurice2@gmail.com
13.	ATTA Kouadio	M	Côte d'Ivoire	leroiyeb@gmail.com
14.	AWOMO ATEBA Jeremie	M	Cameroun	jeremieawomoateba@yahoo.fr
15.	AYINA Bouni	M	Cameroun	ayinabounijp@yahoo.fr
16.	BOMA Kitir Pierre Claver	M	RDC	bomakitirpierre@gmail.com

Numéro	Nom et prénoms	Sexe	Pays	Adresse mail
17.	BOSSONGO Roger	M	France/RCA	rbossongo@gmail.com
18.	DIFFO LAMBO Lawrence	F	Cameroun	yldiffo@yahoo.fr
19.	DOAMBA Valentin	M	Burkina Faso	Doamba.valentin@gmail.com
20.	HATEGEKIMANA LUANDA Emmanuel	M	RDC	hategekimanaemmanuel68@yahoo.fr
21.	INDENGE Y'ESAMBALAKA José	M	RDC	jose.indenge@upn.ac.cd
22.	KOUADIO Kouamé David	M	Côte d'Ivoire	daffeliac@gmail.com
23.	MATA TOMBO José-Em	M	RDC	jose.mata@upn.ac.cd
24.	MBALA MOKE Godefroid	M	RDC	mbaladgg@gmail.com
25.	MOUSSA, Mohamed Sagayar	M	Niger	mmsagayar@gmail.com
26.	MUGARU DAWA Benjamin	M	RDC	benjamin.dawa@yahoo.fr
27.	RODOUMDJE Delon Fabrice	M	France/RCA	malkofabrice@gmail.com
28.	SAWADOGO Timbila	M	Burkina Faso	sawtimbs@gmail.com
29.	TOURE Krouélé	M	Côte d'Ivoire	tk_krouele@yahoo.fr
30.	ZOBA NKONGO Yvonne Areka	F	Cameroun	yvonnezoba@gmail.com
31.	ZONGO Mahamadi	M	Burkina Faso	zongus@live.fr
32.	SANGARE Mamadou S.	M	Mali	mamadoussangare@yahoo.fr

Numéro	Nom et prénoms	Sexe	Pays	Adresse mail
33.	TCHARIE Kokou	M	TOGO	tkokou09@yahoo.fr
34.	KOUAME Koffi Pierre	M	Côte d'Ivoire	koffipierrekouame@yahoo.fr
35.	KWELA TEKILAZAYA Pétronille	F	RDC	
36.	BUAMOKE Lay	M	RDC	
37.	MUANZA KAMUANGA Jean André	M	RDC	
38.	NGWIZANI za MAKIONA Stéphane	M	RDC	
39.	OGOUYANDJOU Carlos	M	Bénin	ogouyandjou@imsp-uac.org
40.	TODJIHOUNDE Léonard	M	Bénin	leonardt@imsp-uac.org
41.	AFFOGNON Gervais	M	Bénin	gervais.affognon@imsp-uac.org
42.	ATTIKLEME Kossivi	M	Bénin	attiklemkossivi@yahoo.fr
43.	COSSOU Magloire	M	Bénin	mag.cossou@gmail.com
44.	DJIHOUESSI Coovi Blaise	M	Bénin	djihouessiblaise2002@yahoo.fr
45.	MARCOS Aboubacar	M	Bénin	abmarcos@yahoo.fr
46.	TOSSA Joël	M	Bénin	joel.tossa@imsp-uac.org

Numéro	Nom et prénoms	Sexe	Pays	Adresse mail
47.	ADJAHO Maurice	M	Bénin	mauriceadjaho@gmail.com
48.	AHODEGNON Zéphyrin Dognon Magloire	M	Bénin	ahodegnonzephyrin.dognon@gmail.com
49.	AYIGBEDE Albert	M	Bénin	albertayigbede@yahoo.fr
50.	BOCO Gabriel	M	Bénin	
51.	DANDJINOU Henri	M	Bénin	hdandjinou@yahoo.fr
52.	GBAGUIDI Ahonankpon Florent	M	Bénin	florent.gbaguidi@imsp-uac.org
53.	KANFFON Danhin Aimé Comlan	M	Bénin	kanffondanhin@gmail.com
54.	LEZINME Sèmassa Euloge	M	Bénin	euloge.lezinme@imsp-uac.org
55.	MAGBONDE Charles	M	Bénin	makosabi@gmail.com
56.	SOSSA S. Boniface	M	Bénin	boniface.sossa@gmail.com
57.	ANAGO Didier	M	Bénin	d_anago@yahoo.com
58.	AFFOLABI Léonce	M	Bénin	leonce.affolabi@imsp-uac.org
59.	OKÉ Eugène	M	Bénin	Eugene.oke@imsp-uac.org
60.	EZIN Jean Pierre	M	Bénin	jeanpierre.ezin@imsp-uac.org

Numéro	Nom et prénoms	Sexe	Pays	Adresse mail
61.	ABATTAN Victorin	M	Bénin	
62.	ADJIBI Hilaire	M	Bénin	hilaire.adjibi@yahoo.fr
63.	ADONNONHOUE Luc	M	Bénin	lucadononhoue@yahoo.fr
64.	AFFOGNON Hyacinthe	M	Bénin	
65.	AGBELELLE Idelphonse	M	Bénin	rostandagbelele@gmail.com
66.	AGBESSI Bernadin	M	Bénin	
67.	AGBODJOGBE Basile	M	Bénin	agbobasiledjogbe@gmail.com
68.	AHOSSOU Félix	M	Bénin	davo.ahossou@imsp-uac.org
69.	AHOUASSA Médard	M	Bénin	medardahouassa@gmail.com
70.	ALI Sabi	M	Bénin	
71.	ALLADAGBE Anselme	M	Bénin	
72.	ATACLE Hans	M	Bénin	hans.atacle@imsp-uac.org
73.	ATOUN Carlos	M	Bénin	
74.	BOURAÏMA Kamar Deen	M	Bénin	deen.bouraima@imsp-uac.org
75.	CAKPO Eric Désiré	M	Bénin	

Numéro	Nom et prénoms	Sexe	Pays	Adresse mail
76.	DANSOU Prosper	M	Bénin	prosper.dansou@imsp-uac.org
77.	DOVONOU Thierry	M	Bénin	dahdovoski@yahoo.fr
78.	EZIN Comlan André	M	Bénin	andrecomlanezin@gmail.com
79.	FOLLY F. Florent	M	Bénin	florent.folly@imsp-uac.org
80.	GBAGUIDI Dètongnon Maxime	M	Bénin	maxime.gbaguidi@imsp-uac.org
81.	GOUTON A. Appolinaire	M	Bénin	appolinaire.agouton@yahoo.fr
82.	HOTESSOU Martin	M	Bénin	hotessoumartin@yahoo.fr
83.	HOUEDOUTO Laurent	M	Bénin	
84.	HOUNGBO Ebenezer	M	Bénin	ebenhoungbo@gmail.com
85.	KOKOU Lucien	M	Bénin	
86.	KPOVIESSI Casimir N.	M	Bénin	
87.	LANKPOEDJA H. Christophe	M	Bénin	lankpoedja7@gmail.com
88.	MARTINS Gilles	M	Bénin	
89.	MITCHOAGAN Mindingoï	M	Bénin	midmichd@yahoo.fr
90.	OGUEBOULE Bachar	M	Bénin	oguboulbacharmoba@yahoo.fr

Numéro	Nom et prénoms	Sexe	Pays	Adresse mail
91.	SENANKPON A. Armand	M	Bénin	
92.	SOYONON Aimé Cyrille	M	Bénin	cyrile.soyonon@imsp-uac.org
93.	TCHATCHABLOUKOU Jean Bernard	M	Bénin	
94.	TCHINKOUN Cyrille	M	Bénin	
95.	YESSOUFOU Fataï	M	Bénin	
96.	ABOKI Chédrac	M	Bénin	
97.	ADANHO Ariel	M	Bénin	Ariel.adanho@imsp-uac.org
98.	ALLANGBA Juanitha	M	Bénin	juanitha.allangba@imsp-uac.org
99.	AMOUSSOU Ninon	M	Bénin	
100.	ASSOGBA Bertrand	M	Bénin	bertrand.assogba@imsp-uac.org
101.	ASSOGBA Kenneth	M	Bénin	
102.	AVOSSEGANMOU Ingride	M	Bénin	
103.	BALIBULO LUGANDA Fidèle	M	Bénin	
104.	DAGOUDO Léonie	M	Bénin	leonie.dagoudo@imsp-uac.org

Numéro	Nom et prénoms	Sexe	Pays	Adresse mail
105.	DAHOUNTO Ismaël Roland	M	Bénin	roland.dahounto@imsp-uac.org
106.	DEDEWANOU Sèmako Justin	M	Bénin	justin.dedewanou@imsp-uac.org
107.	GANHOUNOUTO Serge	M	Bénin	serge.ganhounouto@imsp-uac.org
108.	GOUTON Rocard	M	Bénin	rocard.gouton@imsp-uac.org
109.	HAVYARIMANA Pierre	M	Bénin	pierre.havyarimana@imsp-uac.org
110.	HOUNKPEVI Serge	M	Bénin	serge.hounkpevi@imsp-uac.org
111.	HOUNNAN Sèmédéton Olivier	M	Bénin	
112.	MENONGJI Gladiste	M	Bénin	
113.	MOUNIROU Karimou	M	Bénin	mounirou.karimou@imsp-uac.org
114.	OUTICLISSOU Patrick	M	Bénin	
115.	TAMEKUE WOUDJA Cyprien	M	Bénin	
116.	ZAHOUNDO Lucrèce	M	Bénin	lucrece.zahoundo@imsp-uac.org