Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage

espace mathématique francophone
Alger : 10-14 Octobre 2015

ANALYSE DE DISPOSITIFS ET DE STRATEGIES DE FORMATION INITIALE ET CONTINUE DES ENSEIGNANTS

Compte-rendu du groupe de travail n°2

Claire WINDER* – Mouloud ABDELLI** – Lily BACON*** – Caroline LAJOIE****

I. INTRODUCTION

Ce nouveau rendez-vous du GT2 s'inscrivait dans la continuité des travaux portant sur la thématique des formations développée lors des éditions précédentes d'EMF (Tozeur, 2003 – Sherbrooke, 2006 – Dakar, 2009 – Genève, 2012). Le groupe de travail s'est ainsi engagé à poursuivre la réflexion sur les dispositifs et stratégies de formation initiale et continue mis sur pied dans les pays participants ainsi que sur les cadres théoriques et empiriques auxquels se référer pour les concevoir et sur lesquels s'appuyer pour les analyser. Un bref regard sur les bilans de ces différentes éditions permet de voir les développements discutés jusqu'à présent et de situer les nouvelles contributions.

Ainsi, lors du colloque EMF2006 à Sherbrooke, le groupe de travail n°2 s'était intéressé aux défis de la formation initiale à l'enseignement. Les questions portaient à la fois sur les dispositifs mis en place pour former les futurs maîtres et sur la diversité des acteurs qui les gèrent, et elles avaient conduit à situer la place de la formation didactique à offrir aux futurs maîtres. Les discussions avaient également amené à préciser l'importance des cadres théoriques développés pour interpréter les phénomènes observés dans la classe et pour concevoir des dispositifs de formation. Afin de mieux cerner les besoins des enseignants et de leurs formateurs, il apparaissait important de documenter les caractéristiques du métier d'enseignant ainsi que les contextes dans lesquels ce métier s'exerce.

Le colloque EMF2009 à Dakar avait vu la fusion des groupes de travail n°2 et n°9, qui avaient respectivement pour thèmes l'analyse de dispositifs de formation initiale et continue, et le lien entre les pratiques enseignantes et les apprentissages des élèves. De cette combinaison avait résulté une réflexion portant sur la manière dont ces deux thèmes pouvaient s'éclairer et se compléter. Il s'agissait notamment d'interroger l'impact de résultats

* COPIRELEM, ESPE de Nice – France – claire.winder@unice.fr
** Université de Constantine 1 – Algérie – mldabdelli@umc.edu.dz
*** Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue – Canada – Lily.Bacon@uqat.ca
**** Université du Québec à Montréal – Canada – lajoie.caroline@uqam.ca

Winder C., Abdelli M., Bacon L., Lajoie C. (2105) Analyse de dispositifs et de stratégies de formation initiale et continue des enseignants – *Compte-rendu du Groupe de Travail n°2*. In Theis L. (Ed.) *Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage*– Actes du colloque EMF2015 – GT2, pp. 139-143.

concernant les pratiques enseignantes et les apprentissages des élèves sur l'élaboration de dispositifs de formation.

Lors du colloque EMF2012 à Genève, le groupe de travail n°2 cherchait à explorer les cadres théoriques et empiriques auxquels se référer pour concevoir des dispositifs de formation et les analyser. Il s'agissait de rechercher des régularités et des constantes dans la formation des enseignants de mathématiques. Au-delà de la grande diversité des travaux présentés, des préoccupations communes ont été dégagées dont notamment : la nécessité, pour élaborer une formation, d'une meilleure connaissance des besoins des étudiants-enseignants ; une réflexion de fond portant sur la nature de la formation initiale ou continue (les dispositifs de formation, les stratégies de formation, les « grands principes » qui inspirent les formateurs, les choix de formation, les contraintes institutionnelles qui orientent la formation) ; une analyse de ce qui reste de la formation au moment de l'entrée dans le métier et au-delà. Enfin, l'importance de différents types d'articulation a été soulignée : entre autres, les articulations entre formation et profession (notamment au moment de l'entrée dans le métier) ; les articulations à l'intérieur des formations dans le cas des professeurs des écoles ; les articulations entre les problèmes qui remontent du métier et ceux mis en évidence par les didacticiens ; les articulations entre les savoirs détenus par les différents acteurs (étudiants, professeurs des écoles/professeurs du secondaire, formateurs, professeurs des universités).

Fort de cet héritage, le groupe de travail n°2 de l'EMF2015 à Alger a poursuivi la réflexion en abordant de manière critique diverses questions relatives à la conception, la mise en place et l'analyse de dispositifs et de stratégies de formation initiale et continue des enseignants de mathématiques. Les travaux du groupe se sont ainsi articulés autour de trois grands types de questions présentés lors de l'appel à contribution :

1. Les paradigmes de l'enseignant de mathématiques comme idéal visé par la formation.
2. Les dispositifs de formation.
3. Recherches en didactique des mathématiques et formation des professeurs.

II. L'ESSENTIEL DES CONTRIBUTIONS

Une douzaine de personnes provenant de pays différents sur trois continents (Algérie, Cameroun, France, Québec) ont pris part aux sessions du groupe de travail n°2, apportant leurs points de vue dans les débats très riches qui ont suivi les quatre contributions.

Les intervenants se sont intéressés aux enseignants de mathématiques du secondaire ainsi qu'aux professeurs des écoles. Nous reprenons ici les contributions dans leur ordre de présentation pour en faire ressortir les points marquants.

Les deux premières interventions ont porté sur la présentation et l'analyse de dispositifs de formation initiale des professeurs des écoles en France.

Horoks, Grugeon-Allys et Pézard-Charles ont présenté un dispositif de formation initiale des professeurs des écoles en France dans le cadre d'un module d'initiation à la recherche. Elles ont mis en évidence en quoi des outils issus de la recherche en didactique des mathématiques ont permis l'élaboration de ce dispositif ainsi que l'analyse de ses effets potentiels sur le développement professionnel des enseignants.

La conception d'une évaluation diagnostique en mathématiques a été présentée par Pilet et Grugeon-Allys. Cette évaluation s'adresse à des étudiants futurs professeurs des écoles. Elle est fondée sur une analyse épistémologique, didactique et cognitive sur chaque domaine des mathématiques, permettant de définir un référentiel de connaissances et de compétences. À partir de la présentation des résultats obtenus par des cohortes d'étudiants au cours l'année précédente, les auteurs mettent en évidence la très grande hétérogénéité des connaissances mathématiques des étudiants à l'entrée de leur formation initiale. Les auteurs ont également rendu compte du potentiel de l'évaluation diagnostique élaborée pour déterminer les besoins d'apprentissage des étudiants. Pilet et Grugeon-Allys ont par la suite discuté des possibilités d'exploitation de leur outil pour concevoir et organiser des stratégies de formation mieux articulées aux besoins réels des étudiants.

Dans leur intervention, Feugueng et Vandebrouck ont dressé un état des lieux de pratiques d'enseignants du secondaire du Cameroun utilisant les TICE en vue d'identifier des besoins de formation continue. Cette intervention a mis en évidence certaines contraintes écologiques venant en concurrence avec les demandes de l'Institution.

La dernière intervention présentait un cadre d'analyse à destination des formateurs de professeurs des écoles visant à mettre en évidence les potentialités de situations de formation initiale et continue (Guille-Biel Winder, Petitfour, Masselot et Girmens). Tel qu'il est conçu, ce cadre peut aider à conduire une analyse des ressources conçues pour le formateur dans le but d'en favoriser l'appropriation par le formateur et de l'aider à les adapter aux contraintes de formation.

Les différentes contributions ont ainsi abordé un ou plusieurs des types de questions identifiés *a priori*.

III. BILAN

Lors du bilan, les échanges entre les participants ont tout d'abord porté sur les dispositifs de formation initiale ou continue. Ils ont fait ressortir trois préoccupations principales. La première porte sur l'élaboration d'un cadre pour analyser les dispositifs de formation. La seconde concerne la nécessité d'élaborer un cadre pour analyser l'impact des formations sur les formés. La troisième concerne ce qui peut amener à l'élaboration d'un dispositif : les contraintes institutionnelles ou organisationnelles (ministère de tutelle, cadre universitaire ou pas, durée de la formation, formation diplômante ou non, contenu d'un « référentiel de compétences », …), mais également celles liées au profil du public concerné.

Par ailleurs, les participants ont échangé sur les hypothèses formulées concernant les besoins de formation de formés issus de divers parcours de formation et la place à accorder à un diagnostic des besoins des formés (sur les contenus mathématiques mais également sur le rapport au savoir à enseigner des formés et sur leurs conceptions sur l'apprentissage et l'enseignement). Les réflexions se sont portées sur les relations avec les parties prenantes de la formation (institutions, acteurs).

La place de la recherche en didactique des mathématiques a également été questionnée. Deux niveaux d'intervention de la recherche en didactique des mathématiques peuvent être identifiés :

- la recherche comme outil permettant d'élaborer des formations d'enseignants (initiales ou continues) ou de formateurs d'enseignants, d'analyser ou d'évaluer une formation (impacts sur les formés, pertinence)
- la recherche comme objet d'apprentissage.

La mise en perspective des interventions met en évidence le besoin méthodologique, en termes de cadre théorique, de définir des références permettant de positionner les dispositifs par rapport à différentes entrées :

- stratégies de formation ;
- positions du formés ;
- contenus mathématiques, didactiques, pédagogiques, technologiques (TICE).

IV. CONCLUSION

Les colloques EMF visent à permettre les échanges d'idées, d'informations, d'expériences, de recherche autour des questions vives de l'enseignement des mathématiques, à renforcer la coopération entre les chercheurs, formateurs, enseignants, vivant dans des contextes sociaux et culturels différents, et à contribuer au développement, dans la communauté francophone, de la recherche en didactique des mathématiques et de ses retombées, notamment sur la formation initiale et continue.

Le groupe de travail n°2 du colloque EMF2015 a rempli ce rôle. En effet, une collaboration avec les corps de l'inspection algérien (primaire, secondaire) a été envisagée à l'issue du GT2 avec différents participants de ce groupe de travail. Par ailleurs, ses participants ont souligné la nécessité de continuer à travailler jusqu'au prochain EMF2018. À cet égard, plusieurs pistes de travail ont été relevées.

Une première piste concerne la poursuite de la réflexion sur l'intégration des TICE dans les pratiques enseignantes (et notamment au Cameroun).

De plus, l'idée d'auto-positionnement du formé (en particulier par le biais d'une évaluation diagnostique), nécessite un approfondissement, notamment en s'intéressant aux rapports au savoir des formés et à leurs conceptions de l'apprentissage et de l'enseignement, en réfléchissant sur la manière de provoquer cet auto-positionnement à différents moments de la formation et en explicitant les apports potentiels et les effets engendrés, pour le formé et pour le formateur.

Enfin, une troisième piste porte sur la mise à l'épreuve du cadre d'analyse de situations de formation exposé dans le groupe de travail (Guille-Biel Winder, Petitfour, Masselot & Girmens). La réflexion peut porter sur la conception de dispositifs de formation prenant en compte les caractéristiques de formation mises en évidence dans le groupe de travail. Il s'agit également de mettre en place un travail de coopération pour analyser des dispositifs de formation existants (jeux de rôles, formation par la recherche, dispositifs de formation à distance, …).

En ce qui concerne les évolutions du groupe de travail n°2, les participants souhaiteraient pour EMF2018 que :

- le public du GT2 soit élargi à tous les acteurs de la formation ;
- la formation des formateurs soit étudiée et mieux mise en évidence ;
- les réflexions soient portées sur des ressources de formation à destination des formateurs ;
- des bilans d'initiatives de collaborations (notamment pour la formation de formateurs) soient établis.

Par ailleurs, une nouvelle piste à explorer est proposée pour EMF2018 : envisager une plage commune avec un (ou deux) autre(s) groupe(s) de travail (par exemple le GT1 ou GT6) au cours de laquelle deux contributions, issues chacune de chaque groupe de travail mais ayant une connexion l'une avec l'autre, seraient présentées et discutées.

Quand c'est difficile, c'est alors qu'on doit essayer !
Proverbe camerounais

Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage

espace mathématique francophone
Alger : 10-14 Octobre 2015

INTÉGRATION DES TIC DANS LES PRATIQUES DES ENSEIGNANTS DE MATHÉMATIQUES AU CAMEROUN

Désiré Magloire FEUGUENG[*] – Lawrence DIFFO LAMBO[**] – Fabrice VANDEBROUCK[***]

Résumé – Dans cet article nous nous intéressons à la problématique de l'intégration des TICE dans les pratiques professionnelles des enseignants de mathématiques du Cameroun. L'état Camerounais a traduit son adhésion à la mouvance TIC en éducation, en créant des Centres de Ressources Multimédia (CRM) dans 71 Lycées du Cameroun et en incitant les enseignants à y aller avec leurs élèves. Dix ans ont passé, mais les CRM ne sont pas utilisés par les enseignants de mathématiques. Quelle en est la cause ? Et comment pourrait-on y remédier ? A partir d'une analyse de documents officiels, de questionnaires et d'entretiens, nous essayons de dégager ce qui freine l'appropriation des TICE chez les enseignants, et quelques pistes pour remédier à cette situation.

Mots-clefs : intégration pédagogique des TICE, enseignement des mathématiques, Cameroun

Abstract – In this article we focus on the issue of integration of ICT in professional practices of Cameroon mathematics teachers. The Cameroonian state reflects its adherence to the movement in ICT education, creating Multimedia Resource Centres (MRC) in 71 High Schools of Cameroon and encouraging teachers to go with their students. Ten years have passed, but CRM is not used by mathematics teachers. What is the cause? And how could they be addressed? From an analysis of official documents, questionnaires and interviews, we try to identify which slows the appropriation of ICT among teachers, and some ways to remedy this situation.

Keywords: pedagogical integration of ICT, mathematics education, Cameroon.

I. INTRODUCTION

Les TIC ont envahi la société dans presque tous les pays, et ce dans presque tous les secteurs (Cuban 1997). On a assisté à l'émergence de nouveaux métiers directement liés aux TIC (Valenduc & Lemaire 2003) et à la transformation des métiers déjà existants par l'intégration des TIC (Aubert & al. 2010). L'éducation, et plus spécifiquement l'enseignement des mathématiques, n'est pas resté inchangée, ainsi que le confirme Artigue (2013) :

> Depuis de nombreuses années, les systèmes éducatifs essaient de mettre les potentialités qu'offrent les technologies informatiques au service de l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. (Op. cité, p.1)

---

[*] LDAR - Université Paris Diderot – France ; Université de Yaoundé I – Cameroun – feugueng.uticef@yahoo.fr
[**] Ecole Normale Supérieure - Université de Yaoundé I – Cameroun – yldiffo@yahoo.fr
[***] LDAR - Université Paris Diderot – France – vandebro@univ-paris-diderot.fr

Feugueng D., Diffo Lambo L., Vandebrouck F. (2015) Intégration des TIC dans les pratiques des enseignants de mathématiques au Cameroun. In Theis L. (Ed.) *Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage* – Actes du colloque EMF2015 – GT2, pp. 144-158.

Quant au système éducatif camerounais, il a marqué son arrimage à la mouvance TIC depuis une dizaine d'années lorsque, sous l'impulsion du Chef de l'Etat, les établissements scolaires et universitaires ont progressivement commencé à être dotés de matériels TIC (ordinateurs, imprimantes, salles de machines avec accès à internet, vidéoprojecteurs…). Toutefois, la recherche locale sur l'utilisation des TICE par les enseignants signale que :

> Le Cameroun, malgré des efforts certains, est loin d'avoir intégré, dans son effectivité concrète, l'innovation technologique à visée pédagogique. (Onguene Essono & Onguene Essono 2006, p.61)

Aussi avons-nous essayé de répondre à la question de savoir ce qu'il en est pour les enseignants de mathématiques, c'est-à-dire s'ils utilisent les TIC dans leurs pratiques professionnelles en classe ou en dehors de la classe.

Dans une première partie, nous dressons un état des lieux de l'utilisation des TICE parmi les enseignants de mathématiques. Dans une deuxième partie, nous analysons des actions mises en œuvre par l'état et tentons d'en déterminer les faiblesses. Pour terminer, nous explorons des pistes à poursuivre pour « booster » l'intégration des TICE chez nos enseignants de mathématiques.

II. ETAT DES LIEUX DE L'INTEGRATION DES TICE CHEZ LES ENSEIGNANTS DE MATHEMATIQUES CAMEROUNAIS

1. Des actions gouvernementales en vue d'introduire des TIC dans le système éducatif

a) Dans les établissements scolaires : Les Centres de Ressources Multimédia (CRM)

L'état du Cameroun a traduit son adhésion à la mouvance TIC en éducation en créant des Centres de Ressources Multimédia (CRM) dans les établissements d'enseignement secondaire. Une CRM est une salle nettement distinctive équipée de quarante ordinateurs (en moyenne) connectés à internet et interconnectés entre eux, et de tout le matériel nécessaire pour les présentations assistées par ordinateur (vidéoprojecteurs, scanneurs, caméscope). Les deux premiers CRM ont été installés en 2001, une au Lycée général Leclerc et l'autre au Lycée bilingue d'Essos. A ce jour, il existe soixante-onze CRM répartis dans les dix régions du Cameroun, soit en moyenne 7 CRM par région.

Les enseignants sont encouragés à exploiter les CRM avec leurs élèves. Des moniteurs sont disponibles dans les CRM, avec la mission d'aider les enseignants à s'approprier les ressources du CRM à des fins pédagogiques. Aucune mesure coercitive n'existe cependant.

Deux modalités d'utilisation des CRM sont préconisées. D'une part, l'enseignant peut amener sa classe (ou une partie) au CRM : alors, les moniteurs et les enseignants font un travail préparatoire consistant à sélectionner des ressources pertinentes qu'ils exploiteront. D'autre part, les élèves peuvent se rendre au CRM sans l'enseignant : chaque CRM dispose d'un ou plusieurs serveurs, sur lesquels sont installés la plateforme libre et gratuite Claroline. Sur cette plateforme fonctionnant en intranet (tous les ordinateurs du CRM sont interconnectés entre eux et ont accès à cette plateforme), les moniteurs, suivant des consignes données par chaque enseignant, sélectionnent sur internet les ressources jugées pertinentes et susceptibles d'enrichir les cours faits en salle de classe. Les élèves trouvent au CRM, et aussi dans la bibliothèque virtuelle nationale (BVN) que nous présentons plus bas, des ressources bien triées de manière à compléter les enseignements qu'ils ont reçus.

b) La Bibliothèque Virtuelle Nationale (BVN)

Une plateforme, la Bibliothèque Virtuelle Nationale[70], a été créée en 2011 à l'échelle du MINESEC. Elle a pour objectif de faciliter le partage de documents administratifs et pédagogiques. Elle contient des ressources numériques de qualité à la disposition gratuite des enseignants, élèves, inspecteurs et élèves-professeurs. Les ressources disponibles dans la BVN sont dûment sélectionnées par un comité national de validation des ressources constitué d'inspecteurs pédagogiques nationaux. Toutefois, seuls peuvent y accéder les personnels qui y ont été inscrits.

c) La promotion de l'usage des TICE par les enseignants de mathématiques

L'Etat a organisé en 2014 (en partenariat avec la société de téléphonie MTN), un concours visant à récompenser l'enseignant de mathématiques qui utilise le mieux les TIC dans le cadre de ses pratiques de classe. La remise du prix a fait l'objet d'une large publicité (affiches, scoops dans des chaînes de télévision).

Cent quarante-quatre (144) candidats se sont présentés au concours de la première année et un candidat a été sacré meilleur enseignant utilisateur et intégrateur des TIC dans l'enseignement secondaire dans chacune des 10 régions du Cameroun. Il s'est trouvé que le champion national était un enseignant de mathématiques ayant la particularité d'avoir suivi un Master en Ingénierie des technologies éducatives : le Master ACREDITE[71].

d) Sur le plan de la formation continue

Le MINESEC a organisé un séminaire pour exhorter les inspecteurs à intégrer le volet TICE dans leurs missions, notamment les ressources numériques validées au niveau de la BVN. Ce séminaire n'a pas été suivi de la modification officielle des missions des inspecteurs définies dans l'organigramme, de sorte que rien n'a changé. A titre informatif, notons que les inspecteurs ayant été nommés après ce séminaire n'en ont pas même été informés. Un séminaire de formation des Inspecteurs Pédagogiques Nationaux à la prise en main du Portail Numérique du MINESEC s'est aussi tenu du 09 au 13 juillet 2012.

e) Sur le plan de la formation initiale des enseignants de mathématiques : le projet PRENUM-AC

Les écoles de formation à l'enseignement (ENS), relèvent du Ministère de l'Enseignement Supérieur (MINESUP) et non du MINESEC. Il s'ensuit que les curricula de formation des enseignants n'ont pas été affectés par les efforts susmentionnés menés au MINESEC. Cependant, de 2012 à 2015, le département des mathématiques de l'ENS de Yaoundé a participé à un projet portant sur la création des ressources numériques de mathématiques : PReNuM-AC (Production de Ressources Numériques pour l'Enseignement des Mathématiques en Afrique Centrale (http://www.prenum-ac.org)).

Ce projet financé par le fond francophone des inforoutes, a réuni des participants issus du Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR) de l'Université Paris Diderot (France), de l'ENS de Yaoundé (Cameroun) et de l'ENS de Brazzaville (Congo). Les élèves-professeurs

[70] La plateforme est disponible à l'adresse : http://www.camensec.cm

[71] Analyse, Conception et REcherche dans le Domaine de l'Ingénierie des Technologies en Éducation (https:// www.canal-u.tv/video/formasup/master_acredite_analyse_conception_et_recherche_dans_le_domaine_de_l_ingenierie_des_technologies_en_education.14570)

des deux écoles normales se prêtant à un apprentissage par « learn by doing » ont produit par eux-mêmes des ressources TICE pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques dans les classes de terminales scientifiques du Cameroun et du Congo. Ils ont travaillé sous l'encadrement collaboratif des inspecteurs nationaux des inspecteurs pédagogiques nationaux, des experts du LDAR et des formateurs d'enseignants des deux universités.

Certaines autorités ont vu en ce projet une initiative allant « au cœur du problème de formation professionnelle à l'ENS ».

2. *De l'intégration effective des TICE grâce aux actions présentées ci-dessus*

Pour recueillir des traces d'utilisation des TICE par les enseignants de mathématiques, à défaut de ne pouvoir infiltrer la sphère personnelle des enseignants, nous nous sommes basés sur les CRM, seuls espaces de montage et de réalisation de projets intégrant les TIC pour enseignement.

A cet effet, nous avons exploité les rapports d'activité des CRM ainsi que le rapport général d'un séminaire organisé en vue d'inciter à l'usage des TICE en milieu scolaire. Nous avons retenu les informations pouvant nous renseigner sur l'utilisation effective des TICE, sur les problèmes posés par leur utilisation et sur ceux rencontrés au cours de cette utilisation. Par exemple, un rapport[72] note une inexistence de fonds alloués à la maintenance des équipements informatiques, le manque de matériel nécessaire au bon fonctionnement (papiers, encres, matériels d'entretiens et de maintenance …). Parmi les suggestions, ce document pointe le fait que les CRM pourraient être mis à contribution pour la sensibilisation, voire la formation des enseignants aux usages pédagogiques des TICE.

Nous avons interrogé les personnels des établissements scolaires chargés de l'encadrement technique et pédagogique des enseignants désireux d'utiliser les TICE (les censeurs et les surveillants généraux en charge de CRM) sur d'éventuelles utilisations des TIC par les professeurs en général et les professeurs de mathématiques en particulier. Nous avons exploité les rapports de quatre établissements scolaires de la ville de Yaoundé : le Lycée Bilingue d'Étoug-Ébé, le Lycée Bilingue de Nkol-Éton, le lycée d'Ékounou et le lycée de Nkolbisson. Enfin, nous avons eu des entretiens avec deux responsables de CRM qui ont répondu à la question de savoir ce qui empêche les usages des TIC parmi les enseignants.

Les résultats saillants sont que les enseignants en général et les enseignants de mathématiques en particulier n'utilisent pas les CRM à des fins pédagogiques. Quant à ces derniers, ils ne se rendent jamais au CRM avec leurs élèves. Les responsables de CRM nous ont en fait confié qu'en général les enseignants ne viennent au CRM que pour leurs besoins personnels. Ils ont expliqué que, pour justifier leur présence dans les établissements scolaires, ils ont conçu avec l'appui de leurs responsables d'établissements, des programmes de passage des enseignants dans le CRM avec les élèves ; mais ils déplorent le fait qu'aucun enseignant de mathématiques n'a jamais amené sa classe au CRM. Il ressort de leurs propos que beaucoup d'enseignants (y compris les enseignants de mathématiques) utilisent le CRM pour d'autres activités que les mathématiques, généralement extrascolaires (navigation sur internet, le jeu, divertissement, les communications …), et ils estiment que l'ordinateur n'est pas approprié pour l'enseignement des mathématiques. Au mieux, certains ayant le désir d'innover saisissent leurs épreuves avec une suite bureautique (Word, Latex pour certains). Ce constat du terrain au Cameroun rejoint une remarque de Cleary, Akkari et Corti :

> […] les écoles sont de mieux en mieux équipées au niveau des TIC mais cette technologie reste, la plupart du temps, très sous-utilisée. (Cleary, Akkari & Corti 2008)

---

[72] Le rapport N°001/MINESEC/DREC-CE/DDESEC-MF/LBE/CRM du 18 septembre 2014

Au vu de ce constat d'échec des efforts visant l'intégration des TIC chez les enseignants de mathématiques au Cameroun, nous nous proposons d'analyser les actions menées afin d'en déterminer les faiblesses et rechercher des stratégies de remédiation.

III. ANALYSES DES DISPOSITIFS EN VUE DE COMPRENDRE LE MANQUE D'ENGOUEMENT DES ENSEIGNANTS DE MATHEMATIQUES POUR LES TICE

Nous commençons par préciser ce que nous entendons par « intégration des TICE chez le professeur de mathématiques » au regard de la recherche en didactique des mathématiques dans laquelle nous inscrivons notre démarche. Nous proposons ensuite un cadre logique pour l'intégration pédagogique des TICE, cadre à la lumière duquel nous procédons à l'analyse des politiques utilisées en vue de parvenir à des suggestions de pistes de remédiation.

1. Intégrer les TICE pour un enseignant de mathématiques, c'est quoi ?

Selon Gueudet et Vandebrouck (2011), l'indice qu'un enseignant intègre les TICE se voit dans le fait qu'il les utilise soit dans la préparation de ses cours hors de la salle de classe, soit pendant le cours lorsqu'il orchestre des activités impliquant les TICE avec ses élèves.

Cette technique de perception nous semble être un cadre approprié d'évaluation applicable à un enseignant de mathématiques. Le lecteur intéressé par les détails explicatifs se rapportera à leur travail. Il en saura plus sur l'Approche Documentaire du Didactique et la progression d'un enseignant du stade où il utilise des ressources TICE come simple artefacts à celui où il les associe à des tâches véritablement professionnelles.

2. Quel cadre pour analyser l'existant et suggérer des pistes de remédiation ?

L'UNESCO (2010) a également proposé un cadre présentant des actions dont la mise en œuvre conditionne une réelle intégration des TICE. Au regard du contexte camerounais, il nous semble que la mise en œuvre de trois de ces actions conditionne fortement l'intégration des TICE dans l'enseignement. Il s'agit de tout ce qui relève :

- de la *préparation du professeur*, qui inclut les formations initiale et continue, ainsi que la mise à contribution de la recherche pour améliorer la qualité de ses pratiques.

> Certains enseignants ne peuvent concevoir d'enseigner en utilisant l'outil informatique sans en avoir une maîtrise complète. (Chaachoua 2000, p. 3)

- de *l'environnement technologique de l'enseignant*, qui renseigne sur son équipement en outils TICE, les pratiques courantes dans son environnement, le coût du matériel TICE. L'idée ici est que, l'appropriation d'un artefact suppose la familiarisation avec ce denier ;
- des *politiques publiques* qui doivent encadrer la mise en œuvre des TICE, qui nous apparaissent comme étant les facteurs-clé du succès de l'intégration des TICE, en ce sens que les programmes de formation, la définition des missions de chacun des sujets de l'institution, incombe au politique.

Nous schématisons notre modèle ou cadre d'analyse comme ci-après.

Ainsi, pour savoir pourquoi les TICE n'ont pas été intégrées dans les pratiques des enseignants de mathématiques du Cameroun, nous analysons le contexte camerounais sous le prisme de ces trois composantes. Relativement à l'environnement technologique, nous examinons, comme spécifié plus haut, celui disponible dans les CRM d'établissements scolaires mais aussi l'équipement personnel des enseignants. En relation avec la préparation du professeur, nous analysons ce qui concerne sa formation initiale et sa formation continue. Pour terminer, nous mettons en relief la part de responsabilité qui revient aux politiques publiques dans les difficultés de l'intégration des TICE parmi les enseignants camerounais.

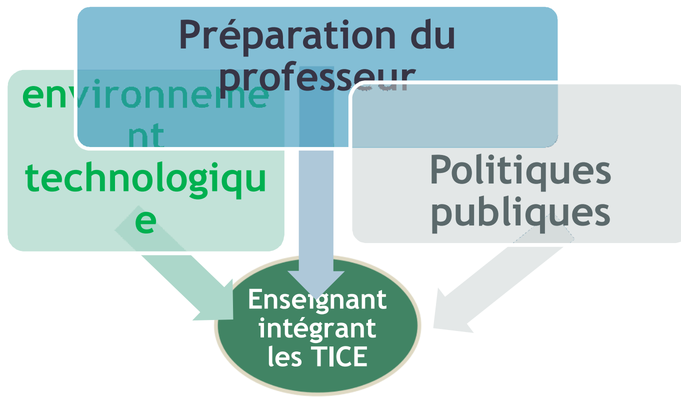


***Figure 1** – Les facteurs de l'intégration des TICE*

3. *Difficultés relatives à l'environnement technologique*

a) *Difficultés relatives à l'environnement technologique de l'enseignant confiné aux équipements des CRM*

Rappelons que l'utilisation des TIC est préconisée dans le cadre des CRM, donc en dehors de la salle de classe ordinaire, ce qui pose le problème d'engorgement à l'accès de l'unique salle du CRM du lycée.

En effet, le premier obstacle est celui des effectifs de la classe, généralement élevés (en moyenne 100 élèves par classes), tandis que le CRM ne possède que 40 ordinateurs d'ailleurs destinés à l'ensemble du lycée. Il s'ensuit l'impossibilité d'accueillir la classe entière au CRM. L'enseignant doit donc imaginer des scénarii d'utilisation incluant le partage de la classe en groupes devant s'y rendre à tour de rôle. Ceci ne facilite pas les orchestrations, puisqu'en outre les emplois de temps sont contraignants. Enfin, quand deux enseignants (« mordus » des TIC) souhaitent utiliser le CRM au même moment, il leur faut décider qui des deux occupe la salle du CRM.

b) *L'équipement technologique personnel de l'enseignant*

Nonobstant la baisse significative des prix du matériel informatique observée depuis quelques années (due à la défiscalisation du matériel informatique), l'acquisition du matériel informatique demeure hors de la portée du professeur lambda. A titre de comparaison, un enseignant de collège au Cameroun ayant exercé pendant 13 années gagne mensuellement 280 000 FCFA, soit un peu moins de 430 €, tandis qu'un ordinateur neuf de moyenne qualité coûte environs 300 000 FCFA soit environs 460 €. Donc, l'acquisition d'un ordinateur constitue un défi pour l'enseignant de mathématiques. Vekout (2015) montre cependant que :

> Les enseignants doivent donc toujours être à jour sur les innovations des TIC pour pouvoir de mieux en mieux s'en servir dans leur environnement au profit de l'éducation. (Vekout 2015)

Il y a donc lieu de penser que le fait pour un enseignant de ne pas posséder d'ordinateur personnel pourrait également constituer pour lui un frein à l'intégration de cet artefact dans ses pratiques pédagogiques.

4. *Difficultés relevant de la préparation de l'enseignant*

Du point de vue de Arsenault Carter (2012), « le manque de formation et de motivation sont les grands obstacles quant à l'intégration des TIC »[73]. Clary, Akkary et Corti (2006) écrivent « l'utilisation des TIC en classe est efficace si la formation de l'enseignant est bonne dans ce domaine ». Ils constatent en outre que si les jeunes enseignants utilisent facilement les technologies pour le loisir, ils ne développent généralement que très peu ou pas du tout d'utilisations éducatives pertinentes. Cette défaillance est due, selon les auteurs, à l'absence d'une formation appropriée sur l'usage des TICE.

Aussi, avons-nous recherché si la formation en TICE était en cause dans l'échec de l'intégration pédagogique des TICE chez les enseignants de mathématiques camerounais. A cet effet, nous avons examiné les curricula de formation à l'enseignement des mathématiques, les pratiques de formation auxquelles les élèves-professeurs de mathématiques sont exposées en formation initiale, ainsi que le système de formation continue des enseignants en exercice. Il nous a ensuite paru opportun de compléter ces informations en interrogeant des enseignants de mathématiques ayant eu une expérience avec les TIC.

a) *Investigations menées au département de mathématiques de l'ENS de Yaoundé*

Notre investigation au département de mathématiques de l'ENS de Yaoundé a été menée au moment précis où un curriculum de formation des élèves-professeurs était en cours d'élaboration. En fait, depuis la création de l'ENS en 1961, aucun programme officiel des enseignements n'était disponible. S'agissant des TICE, nous avons dû nous limiter à l'interrogation orale des formateurs d'enseignants. A cet effet, nous avons fait la rencontre de 8 enseignants sur les 11 que compte le département de mathématiques de l'ENS de Yaoundé, auxquels nous avons posé les questions suivantes :

Les élèves-professeurs de mathématiques sont-ils formés en TICE à l'ENS de Yaoundé ?

Vous servez-vous des TICE dans vos propres cours à ces étudiants ?

L'environnement de l'ENS s'accommode-t-il de l'usage des TICE ?

Utilisez-vous les TICE dans vos pratiques personnelles ?

Il en ressort qu'aucune formation spécifique à l'usage des TICE n'est donnée aux étudiants. D'ailleurs aucun enseignant du département ne donne à ses étudiants des travaux à effectuer avec les TICE. Quant à l'environnement de l'ENS, certaines mesures ont été prises pour amener les élèves-professeurs et leurs formateurs à profiter autant que possible de la plus-value des TICE, notamment la couverture du campus par une connexion à internet disponible en wifi. Les enseignants sont invités à produire des ressources relatives à leurs cours à mettre en ligne, mais la collecte de documents (pourtant accompagnée de compensations financières), reste extrêmement timide, même des seuls textes en format .pdf.

Dans le département de mathématiques, nous avons répertorié un vidéoprojecteur et son écran neufs mais non utilisés pour les cours aux étudiants. Il n'existe aucun appareil de production audiovisuelle. Tous les enseignants de mathématiques de l'ENS possèdent au

[73] Arsenault Carter A. (2012) Annick Arsenault Carter Enseignante d'une classe inversée – Lauréate du prix Enseignante de l'année 2014 de l'AEFNB. Consulté à l'adresse https://annickcarter1.wordpress.com/

moins un ordinateur chacun, dont un laptop que, pourtant, aucun d'eux n'utilise dans la salle de cours. D'ailleurs les salles de classe ne disposent d'aucun équipement en matériel didactique TICE. Les cours se font à la manière traditionnelle, avec notes de cours sur papier (notes écrites à la main en général et parfois saisies et issues de l'impression) et craie blanche. Certains enseignants nous ont confié qu'ils utilisent des logiciels spécifiques aux mathématiques (statistique et calcul formel) dans le cadre de leurs travaux personnels de recherche, mais jamais avec leurs étudiants.

A l'ENS de Yaoundé, les enseignants de mathématiques n'intègrent donc pas les TICE dans leurs pratiques de classe. A fortiori donc, les élèves-professeurs de Mathématiques ne reçoivent pas d'initiation à l'usage des TICE pour l'enseignement. Signalons toutefois qu'un projet de formation des enseignants de l'ENS à l'usage des TICE (CertNum-Sup) est en cours de lancement, et les cours devraient débuter au plus tard en décembre 2015.

b) Traces de formation continue aux TICE chez les enseignants en exercice

Selon les textes officiels[74], les inspecteurs pédagogiques régionaux et nationaux ont la charge de la formation continue des enseignants en exercice. Or ces derniers sont promus par nomination parmi les professeurs de lycées et n'ont pas suivi de formation sur l'usage des TICE eux-mêmes. Il s'ensuit que sur le plan institutionnel, les enseignants en exercice ne reçoivent aucune formation en TICE. La Cellule d'Appui à l'Action Pédagogique (CAAP) assure une formation en bureautique (Word, Excel, PowerPoint) à tout le personnel du MINESEC. Mais il n'existe pas, en formation continue, de formation spécifique et institutionnelle à l'usage des TICE par les enseignants.

Les actions ont été menées et décrites dans la première partie l'ont été dans le cadre de projets ponctuels et financés. Il s'en est suivi que ces initiatives ont fait bouger les choses pendant les projets en question, sans aucun impact sur le fonctionnement quotidien des intervenants de la chaine pédagogique.

c) Enquête auprès des enseignants ayant participé au projet PReNuM-AC

Nous avons interrogé via un questionnaire en ligne une trentaine de personnes, soit 11 élèves-professeurs de l'ENS de Yaoundé, 15 enseignants en exercice et 2 inspecteurs pédagogiques de mathématiques ayant tous participé au projet PReNuM-AC.

A la question de savoir ce qui, de leur point de vue, pouvait expliquer que les enseignants en service dans des établissements équipés d'un CRM ne les utilisent pas dans le cadre de leurs cours (question 6 du questionnaire en Annexe 1), ils ont quasi-unanimement pointé du doigt l'inexistence d'un enseignement portant sur les TICE en formation initiale et continue. Quant à eux-mêmes, qui avaient bénéficié d'une formation en TICE au sein du projet, ils ont tous indiqué qu'ils ont trouvé cette formation très utile pour leur carrière d'enseignant de mathématiques, en regardant comme un bénéfice énorme le fait d'en avoir tiré la capacité de confectionner eux-mêmes des documents numériques de mathématiques comportant des formules et bien illustrés par des figures extrêmement suggestives. On peut ici penser qu'à l'occasion de ce projet, leur regard sur l'utilisation des TICE à l'école a évolué, et surtout qu'ils sont motivés pour poursuivre en autoformation le développement de l'intégration des TICE dans leurs pratiques d'enseignement.

A la question de savoir ce qu'ils pensent pouvoir faire désormais avec les TICE, ils ont massivement répondu qu'ils concevront toutes leurs futures épreuves par ce moyen. Un

[74] Décret N°2012/267 du 11 juin 2012, portant organisation du Ministère des Enseignements Secondaires.

d'entre eux a même annoncé qu'il était déjà en train d'écrire un fascicule destiné aux élèves. Nous trouvons là des éléments de confirmation de ce qu'on dit Barton et Haydn :

> On ne peut pas s'attendre à ce que des stagiaires utilisent des TIC en classe en l'absence d'occasions de voir des exemples convaincants d'une telle utilisation dans des classes. (Cleary & al. 2006)

Et leur intention de désormais utiliser les TICE semble confirmer que le fait d'avoir été mieux informés sur ce que Depover, Karsenti et Komis on dénommé « le potentiel cognitif » (Depover, Karsenti & Komis 2007) des TICE pour l'enseignement, a beaucoup contribué à leur propre sensibilisation.

Nous concluons de ce qui précède qu'en réalité, le défaut constaté de formation (initiale et continue) aux usages des TICE en mathématiques constitue effectivement une entrave à l'intégration pédagogique des TICE chez les professeurs de mathématiques camerounais

5. *Difficultés relevant des politiques publiques*

L'engagement effectif de l'état à développer l'intégration des TICE dans l'enseignement au lycée, et les sacrifices consentis dans la création des CRM et dans leur équipement ont été mentionnés. Mais, quelles causes imputables aux politiques publiques ont-elles contribué à l'échec constaté ?

Nous avons noté ci-dessus qu'il a manqué en amont une formation appropriée des enseignants. Les curricula des formations premières à l'ENS ignorent l'usage des TICE. La formation continue des enseignants en exercice est confiée par l'état aux seuls inspecteurs pédagogiques, alors que ceux-ci n'ont pas eux-mêmes été formés à l'usage des TICE. En outre, nous avons noté l'inadéquation de l'environnement technologique mis en place dans les CRM.

Les chercheurs de l'Agenda Panafricain de recherche sur l'intégration pédagogique des TIC (PanAf), dans une étude portant sur l'orientation et l'accompagnement de l'intégration pédagogique des TIC dans les pays africains[75], mentionnent le « développement d'une politique nationale d'intégration pédagogique des TIC » parmi les huit recommandations qu'ils ont élaborées à l'intention des décideurs politiques. Nous pouvons donc en déduire de façon certaine que l'institution scolaire camerounaise n'a pas encore pris les mesures nécessaires à l'intégration pédagogique des TIC chez les enseignants.

IV. STRATEGIES SUGGÉREES EN VUE D'UNE INTEGRATION EFFECTIVE DES TICE DANS L'ENSEIGNEMENT DES MATHEMATIQUES AU CAMEROUN

Trois pistes majeures se dégagent pour favoriser la mise en œuvre des TICE par les enseignants de mathématiques camerounais. La première concerne l'amélioration de l'équipement en matériel TICE ; la seconde concerne la formation des enseignants, et la dernière relève des politiques publiques relatives aux TICE.

1. *Favoriser un équipement approprié dans les salles de classe*

En considérant le contexte camerounais, il apparaît que les CRM ne sont pas très adaptés pour l'utilisation des TICE à l'école. Il semblerait donc opportun d'envisager des solutions plus flexibles, notamment les équipements nomades.

[75] Orienter et accompagner l'intégration pédagogique des TIC dans les pays africains: 8 recommandations à l'intention des décideurs politiques, des formateurs d'enseignants et d'autres administrateurs de l'éducation. http://africaict.org/docs/administrateurs.pdf

A titre d'exemple la classe nomade - un meuble sur roulettes contenant de 6 à 32 ordinateurs portables selon les constructeurs, une ou deux bornes Wi-Fi, une imprimante et différents dispositifs de connexions - pourrait remplacer les CRM en offrant les avantages suivants: d'une part elle permet de faire entrer le CRM dans la salle de classe habituelle, évitant la dépense relative à la construction d'une salle spécialisée ; d'autre part l'établissement peut en acquérir plusieurs de telle sorte que chaque enseignant l'utilise pendant son heure de cours.

2. *Favoriser l'équipement personnel des enseignants de mathématiques en matériel et logiciels spécifiques aux mathématiques*

En regardant chaque matériel TIC comme un artefact, nous pouvons imaginer que tout enseignant en possédant pourrait développer divers modes d'utilisation, y compris professionnelles, parfois différents du mode d'emploi conventionnel (Charlier 2000). A cet effet, on pourrait penser qu'un enseignant initié (ou non) aux TICE et ayant un ordinateur personnel à sa disposition sera plus à même d'imaginer et de mettre en œuvre des stratégies d'usage innovantes et pertinentes en milieu scolaire, si tant est qu'il en a l'intention. C'est du moins ce que prescrit une recherche de l'UNESCO (Institut de statistique de l'Unesco 2010) selon laquelle il est essentiel d'aider les enseignants à acquérir l'équipement adéquat pour soutenir la mutation des usages pédagogiques.

3. *Mettre en œuvre la formation initiale et continue en TICE des enseignants*

La recherche a formellement établi la nécessité d'introduire la formation à l'utilisation des TIC en éducation dans les curricula de formation des enseignants[76].

Tant dans le référentiel français que dans le référentiel canadien, les compétences en TICE sont désormais requises pour les enseignants de ces deux pays, de sorte que les futurs enseignants y reçoivent, dès la formation initiale, une formation aux TICE faisant partie constitutive de leur formation de base. Il devient donc nécessaire d'introduire la formation à l'intégration pédagogique des enseignants dans les curricula de formation des enseignants au Cameroun.

De plus le fait d'être soumis à une expérience de formation avec les TICE semble contribuer à améliorer la perception des enseignants à l'égard des TICE. C'est du moins ce que nous avons constaté parmi les participants au projet PReNuM-AC. A la question de savoir s'ils trouvaient nécessaire d'introduire une formation aux TICE dans le curriculum de formation à l'enseignement des mathématiques, ils ont unanimement répondu par un « oui » ferme. En outre ils estiment que c'est durant la formation initiale que l'introduction de la formation aux TICE est la plus utile. On trouve ici une justification de l'idée défendue par Cleary, Akkari et Corti (2008) selon laquelle une expérience heureuse avec les TIC encourage les enseignants à vouloir d'avantage s'en servir.

4. *Rénover les politiques éducatives en y intégrant les TICE*

Dans la société d'aujourd'hui, les TIC devraient faire partie des outils de l'enseignant de mathématiques. S'intéressant à la notion d'outil pédagogiques, Long (2014) démontre que, au même titre que la craie ou le papier, l'ordinateur est un outil pédagogique par excellence, de par sa flexibilité :

[76] « TIC UNESCO: Un référentiel de compétences pour les enseignants » (2011)

> Une intégration véritable de l'ordinateur passe par un bouleversement des pratiques pédagogiques avec lesquelles […les enseignants] sont confortables (Long 2014, p. 5).

Or la définition des politiques éducatives et des missions des intervenants dans la chaîne éducative relève de l'Etat. Il importe donc que l'état associe des experts TICE à la redéfinition des politiques éducatives.

REFERENCES

Artigue M. (2013) L'impact curriculaire des technologies sur l'éducation mathématique. *EM TEIA Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana* 4(1). http://www.gente.eti.br/revistas/index.php/emteia/article/view/159

Aubert B., Cohendet P., Da Silva L., Grandadam D., Guimaron J., Montreuil B. (2010) *L'innovation et les technologies de l'information et des communications*. http://cpp.hec.ca/cms/assets/documents/recherches_publiees/CE-2010-04_Innovation_et_TIC_oct2010.pdf

Chaachoua H. (2000) *Usage des TICE dans l'enseignement : Quelles compétences pour un enseignant des mathématiques?* https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000591/

Charlier B. (2000) Comment un « nouvel outil qu'il faut bien utiliser » devient un instrument au service d'une activité. http://tecfa.unige.ch/tecfa/teaching/FFL/Textes/Textes_obligatoires/charlier_2000.pdf

Cleary C., Akkari A., Corti D. (2008) 4.3_Gomez_2-05 - 2008-7-Cleary.pdf. http://www.revuedeshep.ch/site-fpeq/Site_FPEQ/7_files/2008-7-Cleary.pdf

Cleary C., Akkari A., Corti D. (2006) L'intégration des TIC dans l'enseignement secondaire. http://www.revuedeshep.ch/site-fpeq/Site_FPEQ/7_files/2008-7-Cleary.pdf

Cleary C., Akkari A., Corti D. (2008) L'intégration des TIC dans l'enseignement secondaire. http://www.revuedeshep.ch/site-fpeq/Site_FPEQ/7_files/2008-7-Cleary.pdf

Cuban L. (1997) Rencontre entre la classe et l'ordinateur: la classe gagne. *Recherche et formation* 26, 11–29.

Depover C., Karsenti T., Komis V. (2007) *Enseigner avec les technologies*. Presses de l'Université du Québec.

Gueudet G., Vandebrouck F. (2011) Technologies et évolution des pratiques enseignantes : études de cas et éclairages théoriques. *Recherches en didactique des mathématiques* 31(3), 271□313.

Institut de statistique de l'Unesco (2010) *Guide de mesure pour l'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) en éducation*. Montréal : Institut de statistique de l'UNESCO.

Long D. (2014) Les TIC et le perfectionnement des enseignants. http://web.umoncton.ca/umcm-longd04/TheorixDownload/Perfectionnement.pdf

Onguene Essono L. M., Onguene Essono C. (2006) TIC et Internet à l'école : Analyse des nouvelles pratiques enseignantes dans les salles de classes d'Afrique noire. In Fonkoua P. (dir.) *Intégration des TIC dans le processus enseignement-apprentissage au Cameroun*. Editions terroirs.

TIC UNESCO (2011) *Un référentiel de compétences pour les enseignants*. http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002169/216910f.pdf

Valenduc G., Lemaire L. (2003) *Offre de formation dans les TIC en Wallonie et à Bruxelles*. http://gerard.moreau14.free.fr/Ressources/RapMETIC-form.pdf

Vekout E. (2013) *Quelques modèles d'intégration des TICE*. http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article231

ANNEXES

V. ANNEXE 1 : QUESTIONS POSEES AUX PARTICIPANTS DU PROJET PRENUM-AC

1. Parmi les logiciels que vous avez découvert durant votre participation au projet PRENUM-AC, lesquels vous ont semblé intéressants pour un professeur de mathématiques dans le contexte du Cameroun ?
2. Selon vous, le projet PRENUM-AC a-t-il contribué à la mise en place ou au renforcement de certaines compétences professionnelles chez les enseignants de mathématiques qui y ont participé? Si oui, lesquelles ?
3. Avez-vous vous-même développé de nouvelles compétences grâce à votre participation au projet PRENUM-AC ?
4. Après avoir participé au projet PRENUM-AC, quel est d'après vous le meilleur moment pour introduire la formation en TIC du professeur de mathématiques?
   a. [Le moment de la formation initiale]
   b. l'auto-formation financée par les enseignants eux-mêmes]
   c. [la formation dans les établissements scolaires par les inspecteurs] ?
   d. [Autre]
5. Quels facteurs propres au Cameroun pourraient y favoriser la formation en TICE des enseignants de mathématiques ?
6. Les Centres de Ressources Multimédia (CRM) ont été introduits dans les établissements scolaires depuis plus de dix ans (plus précisément à partir de 2001) au Cameroun. Pourquoi ne sont-ils pas utilisés par les enseignants de mathématiques ?
7. Les CRM vous semblent-ils adaptés pour l'utilisation des TICE avec les élèves en cours de mathématiques ?
8. Quels logiciels vous semblent utilisables par un professeur de mathématiques affecté dans un établissement scolaire dépourvu de Centre de Ressources Multimédia ?
9. Quels logiciels vous semblent exploitables en classe avec un vidéoprojecteur et un laptop ?
10. Les établissements scolaires du Cameroun sont-ils prêts pour accueillir des enseignants de mathématiques utilisateurs des TIC ?
11. Quelles sont, selon vous, les conditions (matérielles, financières, au niveau institutionnel) qui devraient être réunies, pour qu'il soit aisé et profitable pour l'enseignant de mathématiques d'utiliser efficacement les TIC avec ses élèves dans les établissements scolaires du Cameroun ?
12. Dans les conditions actuelles, y-a-t-il quand même des pistes d'utilisation des TIC en salle de classe ?
13. Vous arrive-t-il de conseiller à des enseignants de mathématiques l'utilisation de certains logiciels dédiés aux mathématiques ? Si oui, indiquez quel(s) logiciel(s) vous conseillez souvent en précisant pour chaque logiciel ce que vous demandez d'en faire.
14. Quelle situation d'utilisation des TICE vous semble le mieux convenir au contexte camerounais ? [Amener les élèves dans un centre de ressources pour qu'ils touchent eux-mêmes aux machines]

15. Quelle situation d’utilisation des TICE vous semble le mieux convenir au contexte camerounais ? [Amener en classe un ordinateur et un vidéoprojecteur pour faire, lorsque vous jugez nécessaire, des présentations ponctuelles aux élèves]
16. Quelle situation d’utilisation des TICE vous semble le mieux convenir au contexte camerounais ? [Autre]
17. Vous arrive-t-il de conseiller aux enseignants de mathématiques l’utilisation de certains matériels informatiques pour préparer ou présenter leurs cours de mathématiques ? Si oui, indiquez quel(s) matériel(s) vous leurs conseillez souvent en précisant (si possible) pour chaque matériel ce que vous leur demandez d’en faire.
18. Est-il nécessaire de former les enseignants de mathématiques à l’intégration pédagogique des TICE ?
19. Au MINESEC, qui s’occupe de la formation en TICE des enseignants de mathématiques ?
20. La formation continue des enseignants de mathématiques rencontre-t-elle des difficultés qui soient contournables par un usage judicieux des TICE ? (Veuillez préciser).
21. Vous semble-t-il pertinent de former les enseignants de mathématiques aux TICE par internet ? (utilisation d’une plateforme du style moodle) ?
22. Que pouvez-vous faire, à votre niveau, pour conduire les enseignants de mathématiques que vous côtoyez dans le cadre de votre travail, dans l’acquisition des compétences en TICE ou tout au moins à s’intéresser aux TICE ?
23. L'ENS de Cachan, l'ENS de Lyon et un consortium d'universités parmi lesquelles l'Université Paris Diderot ont élaboré un cours en ligne destiné à rendre les formateurs d'enseignants et les enseignants capables de créer des séances de cours telles que les logiciels de géométrie dynamique, les tableurs et les logiciels de calcul formel constituent des supports à l'activité mathématique des élèves. Un partenariat est en cours de négociation avec l'AUF pour que ceux qui ne disposent pas de moyens de connexion à internet puissent bénéficier des points d'accès à internet de l'AUF. Souhaitez-vous y participer?

VI. ANNEXE 2 : RESULTATS DE L'ENQUETE EFFECTUEE DANS LES CRM

Le tableau suivant présente une synthèse des résultats de l'exploitation de documents portant sur l'utilisation des TICE en milieu scolaire.

Document consulté	*Difficultés listées dans le document exploité*	*Suggestions faites par les rédacteurs du document consulté*
Rapport CRM du 18 septembre 2014[77]	Rubrique « Difficultés rencontrées » - Inexistence de fonds alloués à la maintenance des équipements informatiques - Le centre manque du matériel nécessaire à son fonctionnement (papiers, encres, matériels d'entretiens et de maintenance…). Le minimum que le chef d'établissement met à notre disposition reste insignifiant. - Manque d'engouement des enseignants quant à l'exploitation du Centre	Rubrique « suggestions » - Les CRM pourraient être mis à contribution pour la sensibilisation, voire la formation des enseignants aux usages pédagogiques des TIC, de plus en plus incontournables dans la société de l'information dans laquelle nous vivons aujourd'hui. - Nous suggérons aussi que cette dimension de l'enseignement et de l'apprentissage soit prise en compte dans l'organisation de jour.
Rapport d'activités du CRM du Lycée d'Ekounou (troisième trimestre juillet 2014)	Un seul élève de classe de troisième a cherché des informations relatives aux mathématiques sur la recommandation de son enseignant. Deux enseignants de mathématiques se sont rendus au CRM pour travailler sur internet sans leurs élèves (aucune précision n'est donnée sur la nature de ce qu'ils y faisaient, même si les chefs de centre estiment que les enseignants vont au CRM surtout pour consulter leurs mails)	
Bilan d'activités au CRM du lycée technique de Nkolbisson (troisième trimestre 2014)	Les professeurs de Sciences Physiques ont fait 5 cours dans les espaces de cours et de simulation, et 6 passages dans les espaces de recherche documentaire ; les enseignants de mathématiques n'ont fait aucun passage, ni dans l'un ni dans l'autre de ces deux espaces.	
Rapport Bilan des activités du premier trimestre (CRM du Lycée	Rubrique « Difficultés rencontrées » - 3 cours de mathématiques ont été faits dans le CRM. - Manque d'engouement de certains enseignants quant à l'exploitation de nombreux espaces fonctionnels du CRM.	Rubrique « suggestions » - Engager une réflexion profonde afin de trouver une solution définitive pour le financement de la maintenance du parc informatique de notre établissement. - Sensibiliser et former des

[77] N°001/MINESEC/DREC-CE/DDESEC-MF/LBE/CRM

Technique de Nkolbisson)[78]	- Très faible utilisation des logiciels professionnels dus au manque de volonté des enseignants.	enseignants à l'usage pédagogique des NTIC. - Amener les enseignants à créer des ressources multimédia pédagogiques locales en utilisant le matériel et matériaux existants.
Rapport général de l'Atelier de suivi et d'animation des CRM et de la région du centre des 19 et 20 mars 2014 au lycée bilingue de Yaoundé	Rubrique « Problèmes identifiés » - Faible taux d'utilisation des CRM par les enseignants. - Absence d'une véritable réflexion d'ordre pédagogique préalable à l'utilisation des TIC. - Absence d'un schéma directeur qui encadre l'intégration pédagogique des TIC. - Implication insuffisante des Inspections de pédagogie. - Absence d'une politique cohérente et incitative favorisant la production de ressources pédagogiques multimédia. - Absence d'une politique cohérente et incitative favorisant la production de ressources pédagogiques numériques endogènes. - Absence de sessions de formation des différents intervenants de la chaine de supervision pédagogique (Inspecteurs, Chefs d'établissements, Censeurs, Animateurs pédagogiques et enseignants) à l'intégration des TIC.	Rubrique « Recommandations » - Ressortir explicitement dans le texte réorganisant le fonctionnement des CRM, le temps obligatoire à réserver au CRM dans les emplois de temps des élèves. - Inciter en début d'année, les Animateurs pédagogiques à produire dans le cadre des conseils d'enseignements, un plan d'intégration des TIC dans l'enseignement pendant les inspections des enseignants. - Intégrer la dimension TIC dans les programmes officiels de l'enseignement secondaire. - Former les enseignants à la production des ressources. - Trouver des moyens pour inciter les enseignants à produire des ressources. - Elaborer une politique nationale de production de ressources numériques.
Rapport d'activités du 1er trimestre 2014-2015 du CRM du lycée bilingue de Nkol-Eton[79]	Rubrique « Difficultés rencontrées » - Le taux de fréquentation du CRM par les enseignants n'est pas encore satisfaisant.	Nous sommes convaincus que beaucoup de nos enseignants ne s'impliquent pas dans le CRM tout simplement parce qu'ils n'ont aucune ou pas assez de connaissances en informatique. En leur permettant de pallier cette insuffisance, nous avons grand espoir qu'ils pourront à l'avenir intégrer plus aisément les TIC dans leurs enseignements pour le plus grand bien des élèves.

***Tableau 1** – Données sur l'utilisation des TICE dans les établissements scolaires*

[78] N°01/2015/R/MINESEC/DRES-CE/DDES-MF/LTN/SG-CRM du 08 Janvier 2015
[79] N°0238/15/NP/MINESEC/DRES-CE/DDES-MF/CPEST du 05 Février 2015

Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage

espace mathématique francophone
Alger : 10-14 Octobre 2015

PROPOSITION D'UN CADRE D'ANALYSE DE SITUATIONS DE FORMATION DES PROFESSEURS DES ÉCOLES

Claire GUILLE-BIEL WINDER[*] – Edith PETITFOUR[**] – Pascale MASSELOT[***] – Yves GIRMENS[****]

Résumé – Cet article présente un cadre d'analyse de situations de formation destinées aux professeurs des écoles. Ce cadre aide à conduire une analyse des ressources conçues pour les formateurs d'enseignants. Il permet d'interroger les potentialités des situations dans le but de les adapter aux contraintes de formation imposées. Il vise aussi à favoriser une meilleure appropriation de ces ressources. À cette étape de son élaboration, le cadre se structure en cinq paliers d'étude permettant de caractériser les activités de formation en fonction de leur nature, du positionnement du formé et des connaissances convoquées (mathématiques, didactiques, voire pédagogiques). L'utilisation potentielle de ce cadre est illustrée dans l'analyse de trois situations de formation.

Mots-clefs : situation de formation, stratégies de formation, cadre d'analyse, paliers, professeurs des écoles.

Abstract –This article presents an analysis model of training situations intended for primary school teachers. This model allows an analysis of resources which are conceived for teacher tutors. It allows to question the potentialities of those situations in order to adapt them to the framework of the training. It also aims at improving the appropriation of these resources. The model is structured into five stages of study allowing to characterize the training activities according to their nature, to the positioning of the trainee and to the knowledge required (in mathematics, didactics, and eventually pedagogy). The use of this model is illustrated in training situations.

Keywords: training situation, training strategies, analysis model, stages, primary school teacher.

Dans le domaine de la formation en mathématiques des professeurs des écoles, les réflexions menées notamment par la COPIRELEM (**Co**mmission **P**ermanente des **IR**em sur l'enseignement **ELEM**entaire) depuis plus de trente ans, ont conduit à la production d'un grand nombre de documents à destination des formateurs des professeurs des écoles mais également des professeurs des écoles. Les formations de formateurs organisées par la COPIRELEM visent à présenter, en vue de les transmettre, des « situations de formation » aux formateurs d'enseignants afin qu'ils puissent les utiliser comme ressources par la suite en formation d'enseignants, en les adaptant aux besoins de leur public en formation initiale ou continue. Or, la mise à disposition des formateurs de ressources dont la qualité est reconnue par un collectif ne suffit pas à garantir leur appropriation, à savoir une compréhension de leurs

[*] COPIRELEM – France – claire.winder@free.fr
[**] COPIRELEM – France – edith.petitfour@univ-lorraine.fr
[***] COPIRELEM – France – pmasselot@aol.com
[****] COPIRELEM – France – yves.girmens@free.fr

Guille-Biel Winder C., Petitfour E. Masselot P. et Girmens Y. (2015) Proposition d'un cadre d'analyse de situations de formation des professeurs des écoles. In Theis L. (Ed.) *Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage* – Actes du colloque EMF2015 – GT2, pp. 159-172.

finalités et enjeux de formation ainsi que des modalités de mises en œuvre envisageables. Pour tenter de répondre à cette question de formation de formateurs, il nous a semblé nécessaire de construire un outil d'analyse de « situations de formation ».

Notre cadre d'analyse des « situations de formation » vise ainsi dans un premier temps à interroger les potentialités de ces situations pour pouvoir les adapter à un public choisi dans le contexte de contraintes de formation imposées. Il contribue aussi à clarifier les enjeux dans les différentes phases de la mise en œuvre, enjeux liés à des objectifs de formation mathématiques, didactiques ou pédagogiques. À terme, il s'agit de permettre aux utilisateurs de ces ressources de mieux appréhender et de s'approprier, de manière plus fidèle aux intentions des concepteurs, les enjeux de formation sous-jacents. La présentation du cadre d'analyse fait l'objet de la première partie de ce texte.

Pour l'illustrer, nous avons fait le choix d'analyser trois situations particulières de formation de type homologie et/ou transposition en référence à la typologie établie par Kuzniak (2003). Dans une stratégie basée sur la transposition, le formateur cherche à transmettre un savoir de référence sur l'enseignement et tente de maîtriser le phénomène d'adaptation opéré par les formés. Dans une stratégie de formation basée sur l'homologie-transposition, le formateur fait vivre une situation de résolution d'un problème, selon les conceptions et choix didactiques et pédagogiques qu'il souhaite voir mis en œuvre dans leur enseignement par les formés qui l'expérimentent, moyennant une adaptation au niveau où ils enseignent de certains aspects mathématiques, didactiques et pédagogiques (travail de transposition). Les trois parties suivantes présentent l'analyse, selon notre cadre, de la mise en œuvre de deux situations de formation par homologie-transposition et d'une situation de formation basée sur la transposition. Un premier fonctionnement de ce cadre d'analyse en cours d'élaboration a été développé autour de ces trois situations lors du XXXXI^ème colloque de la COPIRELEM (Danos, Masselot, Simard & Winder 2015 ; Mangiante-Orsola & Petitfour 2015 ; Aubertin & Girmens 2015).

I. DIFFÉRENTS PALIERS D'ÉTUDE DES POTENTIALITÉS D'UNE SITUATION DE FORMATION

Dans cette première partie, nous présentons notre cadre d'analyse d'une « situation de formation ». Nous utilisons ici le mot « situation » au sens de (Brousseau 2010) :

> Une situation est caractérisée dans une institution par un ensemble de relations et de rôles réciproques d'un ou de plusieurs sujets (élève, professeur, etc.) avec un milieu, visant la transformation de ce milieu selon un projet. Le milieu est constitué des objets (physiques, culturels, sociaux, humains) avec lesquels le sujet interagit dans une situation. Le sujet détermine une certaine évolution parmi des états possibles et autorisés de ce milieu, vers un état terminal qu'il juge conforme à son projet. (…) . La situation permet de « comprendre » les décisions du professeur et des élèves, erreurs ou appropriées. (Brousseau 2010, p.2)

Ainsi une « situation de formation » est pour nous une situation impliquant des formés (étudiants en formation initiale ou enseignants en formation continue), et des formateurs au sein d'une institution de formation d'enseignants. Elle consiste en un ensemble d'activités proposées par le formateur et construites autour d'une activité que nous appellerons activité « amorce ».

Dans notre analyse d'une situation de formation, nous prenons en compte l'ensemble des activités proposées par le formateur en les caractérisant en fonction de leur nature, et en explicitant, pour chacune d'entre elles, le positionnement du formé ainsi que les connaissances convoquées. La prise en compte de ces différents critères nous permet de définir cinq paliers d'étude caractéristiques.

1. *Connaissances convoquées*

En ce qui concerne les connaissances, Houdement (1995) et Kuzniak (1994), en utilisant une métaphore issue de la Théorie des Situations Didactiques (Brousseau 1998), ont identifié trois types de « savoirs utiles pour enseigner » (Houdement 2013, p.12) :

> 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. *A priori* ce savoir a vocation à être théorique mais (…) une transposition est nécessaire pour rendre accessible en centre de formation des « savoirs utiles » (…).
>
> Le **savoir pédagogique** ou « savoir d'expérience » (Portugais, 1995) (…) se caractérise par son oscillation entre deux pôles, l'un théorique mais parfois très éloigné de la pratique future des étudiants (par exemple, le fait que les pratiques constructivistes de l'apprentissage prennent le pas sur les conceptions behavioristes), l'autre proche du sens commun et de la pratique (…) mais privée de l'adaptabilité d'un modèle plus théorique. (Houdement 2013, pp. 12-13)

Dans les différentes activités, nous distinguons alors les connaissances mathématiques ainsi que les connaissances didactiques et pédagogiques que l'on vise à faire acquérir aux formés. Ces connaissances sont soit mobilisées en acte, soit explicitées en contexte par le formateur, soit décontextualisées pour devenir mobilisables dans d'autres contextes. Les connaissances mathématiques sont mobilisées en acte lorsqu'elles sont utilisées comme outil (Douady 1986) dans l'activité mathématique considérée. Cette dernière peut être soit vécue, avec la réalisation effective de ce qui est demandé (réalisation de manipulations, élaboration et rédaction d'une solution), soit évoquée, avec une résolution mentale. Les connaissances mathématiques sont explicitées en contexte lorsque leur utilisation dans l'activité en tant qu'outil est formulée et elles sont décontextualisées lorsqu'elles sont présentées en tant qu'objet, généralement dans une phase d'institutionnalisation. Concernant les connaissances didactiques ou pédagogiques, elles sont mobilisées en acte dans l'identification des choix didactiques ou pédagogiques effectués dans l'activité mathématique considérée, elles sont explicitées en contexte dans une analyse des implications de ces choix et elles sont décontextualisées dans la mise en évidence et l'explicitation des concepts didactiques ou pédagogiques sous-jacents.

2. *Positionnement du formé*

Dans une situation de formation, nous distinguons trois positionnements spécifiques attendus du formateur de la part du formé, dont ce dernier peut ou non être conscient. Ainsi, le formé est placé dans une position d'élève par rapport aux connaissances mathématiques lorsqu'il doit réaliser l'activité mathématique ou lorsqu'il s'intéresse aux connaissances mathématiques décontextualisées de cette activité. Il est placé dans une position d'enseignant lorsqu'il étudie des activités à destination des élèves ou des productions d'élèves, lorsqu'il analyse les conditions de mise en œuvre en classe de l'activité mathématique considérée ou encore lorsqu'il entre dans un questionnement plus large sur les pratiques de classe ou sur les enjeux d'apprentissages mathématiques. Enfin, il est placé dans une position de chercheur lorsqu'il s'agit de problématiser une question professionnelle en lien avec les pratiques de classe et les enjeux d'apprentissage.

3. *Nature des activités*

Dans une situation de formation, nous pouvons alors distinguer des activités de natures différentes qui induisent (implicitement ou explicitement) des positionnements spécifiques de la part du formé, en convoquant des connaissances mathématiques, didactiques et/ou pédagogiques pouvant être présentes en acte, être explicitées en contexte ou être décontextualisées :

- l'activité mathématique : elle peut être vécue ou évoquée, le formé étant placé en position d'élève par rapport aux connaissances mathématiques à mobiliser ou à construire ; les connaissances mathématiques en acte, voire aussi explicitées en contexte, sont convoquées ;

- l'analyse réflexive de cette activité mathématique : elle fait apparaître les connaissances mathématiques décontextualisées (ce qui place le formé en position d'élève apprenant ou revisitant les mathématiques), ainsi que des connaissances didactiques et/ou pédagogiques en acte (initiant le changement de positionnement du formé vers une position d'enseignant) ;

- l'analyse des conditions de mise en œuvre (effective ou seulement anticipée) de cette activité mathématique : elle nécessite un positionnement d'enseignant de la part du formé ; les connaissances didactiques et/ou pédagogiques sont explicitées en contexte ;

- l'analyse réflexive de l'activité pédagogique et/ou didactique précédente : elle conduit à la décontextualisation des connaissances didactiques et/ou pédagogiques ; elle peut se présenter sous la forme d'un questionnement plus large portant sur les pratiques de classe (situations d'apprentissage spécifiques, gestes professionnels, …), ou sur les enjeux d'apprentissages mathématiques d'un ou de plusieurs contenus (programmes, progressions, …), ou bien encore sous la forme d'une mise en évidence d'outils d'analyse didactique (phases d'une situation didactique, types de tâches, …) ; le formé a un positionnement d'enseignant ;

- la problématisation de questions professionnelles en lien avec les pratiques de classe, les enjeux d'apprentissage et/ou les outils d'analyse didactique : elle permet un positionnement de chercheur notamment lorsqu'il s'agit d'élaborer une méthodologie d'analyse de cette question et d'en inférer des résultats.

4. *Paliers d'étude*

Le tableau 1 récapitule les caractéristiques des cinq paliers d'étude que nous distinguons même s'ils sont imbriqués et « se chevauchent » parfois.

<table>
<tr><th rowspan="2">Palier</th><th rowspan="2">Nature de l'activité</th><th rowspan="2">Positionnement du formé</th><th colspan="3">Connaissances</th></tr>
<tr><th>mathématiques</th><th>didactiques</th><th>pédagogiques</th></tr>
<tr><td>0</td><td>Activité mathématique (vécue ou évoquée)</td><td>Elève</td><td>En acte et/ou explicitées en contexte</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>1</td><td>Analyse réflexive de l'activité mathématique du palier 0.</td><td>Elève
Enseignant.</td><td rowspan="2">Décontextualisées</td><td>En acte</td><td>En acte</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Analyse des conditions de mise en œuvre (effective ou possible) de l'activité du palier 0.</td><td>Enseignant.</td><td>Explicitées en contexte</td><td>Explicitées en contexte</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Analyse réflexive de l'activité didactique et pédagogique du palier 2.</td><td>Enseignant.</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">Décontextua-lisées</td><td rowspan="2">Décontextua-lisées</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Problématisation d'une question professionnelle en lien avec le palier 3.</td><td>Chercheur.</td></tr>
</table>

***Tableau 1** – Caractéristiques des cinq paliers d'étude*

La structure retenue pour notre analyse, représentée en Figure 1, est ainsi sous forme de « paliers emboîtés » : chaque palier correspond à une mise à distance, un pas de côté, mettant en jeu des connaissances mathématiques et/ou didactiques et/ou pédagogiques, à partir de l'étude du palier précédent. Le passage d'un palier n à un palier n + 1 s'accompagne soit d'un changement de positionnement du formé (d'élève à enseignant ou d'enseignant à chercheur avec parfois des intermédiaires), soit d'une mise à distance dans un positionnement donné en lien avec le degré de décontextualisation (en acte, explicité en contexte, décontextualisé) des connaissances.

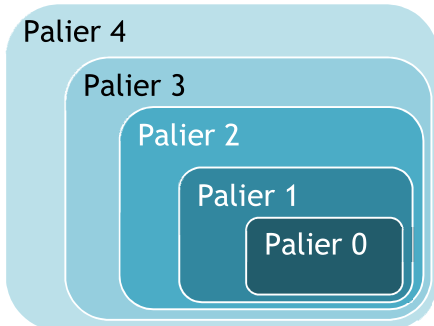


Figure 1 *– Structure retenue pour le cadre d'analyse : paliers d'étude emboîtés*

Pour réaliser une activité se situant à un palier n + 1, le formé doit faire appel à des connaissances relatives aux paliers précédents. Nous faisons donc l'hypothèse qu'il n'est pas possible d'exploiter une situation à un palier n + 1 si les formés ne possèdent pas les acquis correspondants du palier n. Ainsi chaque palier englobe le précédent.

II. LA SITUATION « LE SOLIDE CACHÉ »

La situation du « solide caché » (IREM de Lille 2000) est à l'origine une situation proposée pour des élèves de 8 à 11 ans (6ème à 8ème année du primaire). Elle a été adaptée pour en faire une situation de formation présentée, dans différentes versions, dans des ateliers lors des colloques de la COPIRELEM de Strasbourg (2005) et de Dijon (2011) et lors d'un stage de formation de formateurs de professeurs des écoles en didactique des mathématiques organisé par la COPIRELEM (Séminaire de formation des nouveaux formateurs Tours 2005). La version de la situation présentée ici a été mise au point à l'occasion de plusieurs sessions de formation initiale et continue et a été présentée lors d'un atelier du colloque COPIRELEM de Mont de Marsan (Aubertin & Girmens 2015).

1. Description de l'activité « amorce » de la situation du solide caché

Un solide est caché dans une poche. On le désignera dans ce qui suit comme « solide référent ». L'activité consiste à réaliser un patron pour fabriquer un solide « identique » au solide caché (c'est-à-dire de même forme et à la même échelle), à partir des réponses obtenues (de type « oui » ou « non » ou un nombre associé exclusivement à une mesure de longueur) à une suite de questions.

Phase 1

Un groupe de trois formés, nommé G_1 est constitué. Le solide référent lui est confié sans que les autres formés ne le voient. Le groupe G_1 se retire avec le solide et doit imaginer les questions qui peuvent lui être posées et quelles réponses il doit donner. Les autres formés sont répartis en deux autres groupes G_2 et G_3 pour réfléchir et se mettre d'accord sur les questions qu'ils décideront de poser. Chaque groupe note ses questions sur une feuille.

Phase 2

Chacun des groupes G_2 et G_3 pose à tour de rôle une question à laquelle le groupe G_1 répond par « oui » ou « non » ou un nombre associé exclusivement à une mesure de longueur ou bien « on ne peut pas répondre » si la question appelle une réponse autre que « oui » ou « non » ou porte sur un nom de solide.

Un formateur note au tableau les questions avec la réponse apportée dans l'ordre où elles apparaissent. Quand il l'estime utile, il peut proposer des pauses afin de permettre à chaque groupe de se concerter pour faire le point et ajuster son questionnement.

Phase 3

Une dernière pause ayant permis aux groupes G_2 et G_3 de conclure qu'ils disposaient d'assez d'informations pour déterminer un patron, chaque groupe est invité à se concerter pour construire un patron du solide.

Phase 4

Chaque groupe présente le patron qu'il a élaboré. Un échange est suscité entre les deux groupes autour des informations utilisées. Puis le solide caché est dévoilé par le groupe G_1 pour être confronté aux patrons proposés par les groupes G_2 et G_3.

2. *Analyse de la situation*

Le palier 0 est relatif à la résolution du problème, telle qu'elle est proposée dans l'activité « amorce » dans ses différents aspects : les connaissances mises en œuvre portant sur les figures planes, les solides, les patrons ainsi que sur les différentes formes de raisonnement utilisées pour résoudre le problème. Pour des enseignants en formation, membres des groupes G_2 ou G_3, le fait de résoudre le problème « comme s'ils étaient des élèves », leur permet d'une part, de saisir les enjeux de la situation et son potentiel mathématique et d'autre part, d'approfondir ou de s'approprier des connaissances et des modes de raisonnements mathématiques.

Une fois le problème résolu, les formés sont invités à faire un pas de côté par rapport à leur vécu pour identifier les aspects mathématiques qu'ils ont rencontrés ou mis en œuvre pour résoudre le problème. Ce moment réflexif, situé au palier 1, gagne à être organisé en deux temps :

- un premier temps pour revivre par la pensée la résolution : mise en commun et débat sur le choix des questions, les manières d'ajuster le questionnement, les manières de raisonner, les obstacles rencontrés, etc.

- un deuxième temps pour dégager des savoirs mathématiques : sur quelles connaissances mathématiques les participants se sont-ils appuyés pour trouver la solution ? Ont-ils élaboré des connaissances nouvelles ?

À partir de ce qui a été mis en avant, il appartient au formateur de retenir et mettre en forme les savoirs qu'il juge opportuns sur les figures planes, les solides, le patron, etc.

Vient ensuite un deuxième pas de côté pour analyser, au palier 2, les aspects didactiques et pédagogiques de la situation : le choix du solide, la manière d'introduire et de lancer la situation, l'organisation et le déroulement de la recherche ; la manière dont le formateur a géré la situation, ses interventions ; la manière dont la recherche a été menée par les groupes ; la manière d'organiser et de gérer la mise en commun des réponses ; la manière de dépasser les obstacles ; les variantes possibles et leurs conséquences, etc.

Enfin, au palier 3, dans une perspective d'enrichissement des pratiques, en s'appuyant sur l'analyse conduite au palier 2, le formateur est conduit à dégager des aspects génériques se rapportant aux gestes professionnels : par exemple, l'analyse *a priori*, le repérage des variables, la recherche des obstacles, les aides possibles, la formulation de consignes, l'organisation d'un travail de recherche, la gestion d'un travail en groupes, la gestion d'une mise en commun, etc.

III. LA « SITUATION DES ANNUAIRES »

La « situation des annuaires » est une situation de formation qui a été présentée à plusieurs reprises dans des stages de formation de formateurs de professeurs des écoles en didactique des mathématiques organisés par la COPIRELEM (Séminaire de formation des nouveaux formateurs Pau 1992, Maxéville 2001, Istres 2006), et qui a fait l'objet de plusieurs publications (Houdement & Peltier 2002, 2003; Houdement 2006). Après avoir décrit l'activité « amorce », nous présentons une analyse de la situation selon le cadre élaboré.

1. Description de l'activité « amorce » de la situation des annuaires

Cette activité se déroule en plusieurs phases et selon une série de consignes. Nous présentons ici les grandes lignes du déroulement :

Phase 1

Les formés, placés en îlots de quatre personnes, doivent partager des feuilles rectangulaires (feuilles d'annuaires) en deux parties exactement superposables sans perte et sans recollement. Ils sont invités à trouver le maximum de partages différents.

Le travail est individuel mais l'organisation retenue autorise les échanges. Les productions sont affichées au fur et à mesure sur une grande feuille. Il est possible de valider la proposition en vérifiant à chaque fois la superposition exacte des deux parties et la reconstitution possible de la feuille initiale avec les deux parties obtenues. Le procédé utilisé pour obtenir la ligne de partage est alors progressivement mis en évidence.

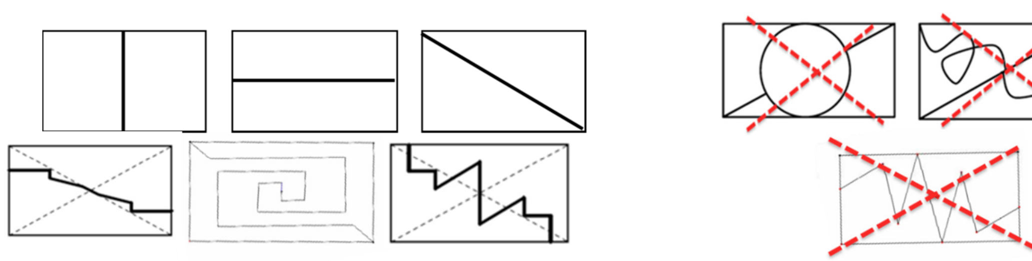


Figure 2 *– Des exemples de partages corrects (à gauche) et incorrects (à droite).*

À l'issue de l'activité, le formateur propose une institutionnalisation très contextualisée portant sur :

- la propriété vérifiée par la ligne de partage pour répondre à la consigne : cette ligne est symétrique par rapport au centre du rectangle ;

- l'aire de surfaces issues de partages : les deux parties issues d'un même partage sont superposables, elles ont donc même forme ;

- deux parties issues de deux partages différents ne sont pas directement superposables, pourtant elles vérifient toutes les deux la propriété : « avec deux parties analogues à chacune d'elles on peut reconstituer la feuille entière », on dit alors, pour formaliser cette propriété commune, qu'elles ont même aire.

Phase 2

Une deuxième consigne amène les formés à recommencer l'activité précédente mais avec des demi-feuilles rectangulaires. L'organisation est identique à celle de la phase précédente. Cette seconde classe de surfaces de même aire (dont un représentant est le quart de feuille) est matérialisée par une nouvelle grande feuille sur laquelle sont affichées certaines productions.

Lorsqu'il s'agit d'introduire un codage des deux classes ainsi construites, rendant compte de la propriété commune aux surfaces qu'elles contiennent, l'ensemble du groupe s'accorde généralement pour désigner la première classe par ½, car elle contient des demi-feuilles A4 et la deuxième par ¼, car elle contient des quarts de feuilles A4. Ce codage est retenu et noté sur les grandes feuilles qui matérialisent les classes.

Phase 3

Dans une troisième consigne, les formés doivent construire, par groupe de deux (ou de quatre), des surfaces ayant même aire que la feuille d'annuaire, mais de formes différentes. Les différentes propositions sont ensuite présentées et acceptées ou non après argumentation. En cas de désaccord, la feuille d'annuaire est reconstituée par découpage et recollement à partir de la feuille proposée.

Les surfaces retenues constituent une nouvelle classe de surfaces de même aire que l'on décide de coder par 1, puisqu'il s'agit de surfaces ayant même aire qu'une feuille d'annuaire.
Deux types de procédures apparaissent :

- les surfaces sont obtenues par juxtaposition de surfaces (par exemple, deux surfaces de la famille ½ ou une surface de la famille ½ et deux surfaces de la famille 1/4) ; ces différentes procédures donnent lieu à leur traduction en terme de codage fractionnaire (par exemple ½ + ½ = 1 ou ½ + ¼ + ¼ = 1) ;

- les surfaces sont obtenues par découpage et recollement sans perte ni superposition d'une nouvelle feuille d'annuaire.

Phase 4

Il s'agit de mettre en ordre les différentes classes obtenues. Le rangement des classes en fonction de la relation « … est moins étendue que… » est matérialisé par la mise en ordre des grandes affiches représentant les classes, elle est justifiée par la superposition des rectangles représentants des différentes classes qui ont une dimension commune.

2. *Analyse de la situation*

Le cadre d'analyse retenu place l'activité « amorce » décrite précédemment au palier 0 d'étude d'une situation. En effet, le formé a, dans ces différentes phases, un positionnement d'élève ; il « joue le jeu » et se focalise sur ce que les différentes consignes données lui demandent de convoquer. Il n'est pas sollicité pour s'interroger sur ce que le formateur « cherche à lui faire apprendre » ; même si, comme tout élève, cette question peut être en arrière plan de ses actions (mais à cette étape, il ne lui sera rien demandé explicitement à ce sujet).

Différentes connaissances mathématiques sont en jeu au cours de l'activité :

- la notion d'aire est utilisée en acte au cours de la phase 1 (utilisation de la superposition de deux surfaces), puis explicitée en contexte et dissociée de la notion de périmètre en fin de phase 1 et en phase 2 (« avoir même aire »), en phase 3 (additivité et principe de conservation des aires) et jusqu'à la phase 4 (relation d'ordre sur les aires) ;

- la symétrie centrale est utilisée en acte au cours de la phase 1, puis explicitée en contexte en fin de phase 1 et en phase 2 ;

- les fractions sont explicitées en contexte en phases 2 et 3 ;

- la relation d'équivalence ainsi que la notion de classe d'équivalence sont utilisées en acte dans toute l'activité « amorce ».

À l'issue des différentes phases, le formateur dévoile progressivement ce qu'il a voulu « enseigner » en faisant vivre cette activité aux formés (car cette explicitation ne peut être laissée à la charge du « formé ») :

- Il reprend l'explicitation du rôle des différentes étapes qui permettent de définir la grandeur aire pour généraliser cette construction du concept de grandeur (définition d'une relation d'équivalence, construction de l'ensemble quotient, caractérisation des classes, construction d'une relation d'ordre sur l'ensemble quotient) ainsi que la construction d'un codage numérique qui est une mesure de cette grandeur relativement à une unité choisie.

- Il explicite les obstacles rencontrés (attendus et provoqués) lors de cette construction.
Le formateur se situe alors à un nouveau palier d'étude de la situation (palier 1) qui englobe l'activité « amorce », alors envisagée comme un « outil pour faire apprendre » utilisé sciemment par l'enseignant qui l'a proposée.

Dans un troisième temps, le formateur dévoile « comment il s'y est pris » (comment il a en quelque sorte « manipulé » les formés) et fait apparaître des « régularités » dans la pratique. Ce nouveau temps se situe au palier 2. Il s'agit tout d'abord de mettre en évidence des gestes professionnels par la reprise à travers l'analyse des choix effectués par le formateur (voire en explicitant des alternatives possibles) des aspects de la pratique :

- analyse *a priori* de l'activité, avec : choix des valeurs des variables (par exemple contraintes, consignes successives, ordre des consignes) ; explicitation de ce qui est mis en évidence et de ce qui est « laissé de côté » ; prise en compte des obstacles (difficultés prévisibles) ; aides éventuelles (lesquelles, pour qui, à quel moment) ; organisation (ici intérêt d'un travail en groupes, composition des groupes, rôles dans les groupes) ; modes de validation retenus (et prise en charge de la validation) ;

- analyse *a posteriori* de l'activité : les décalages éventuels ; les prises de décisions à chaud ; l'enchaînement des consignes et les effets produits ; la gestion des mises en commun (choix des productions, ordre des interventions) ; ce que l'enseignant dit, fait dire, laisse dire … ; ce qu'il retient, oublie, met en valeur … ; comment l'enseignant organise la prise de parole, en fonction de quels critères, etc.

La « situation des annuaires » est un point de départ permettant de mettre en évidence les grandes lignes de la progression concernant l'enseignement des grandeurs et des mesures à l'école élémentaire en s'appuyant par exemple sur le document d'accompagnement des programmes 2002 « Grandeurs et mesures à l'école élémentaire » pour analyser les régularités et les spécificités dans l'enseignement et l'apprentissage d'autres grandeurs introduites à l'école. En ce sens, elle permet d'atteindre le palier 3.

La « situation des annuaires » amorce ainsi un « parcours de formation » partant du palier d'étude 0 pour aller vers le palier 3, en passant successivement par les paliers intermédiaires. Ceci est représenté par le schéma donné en Figure 3.

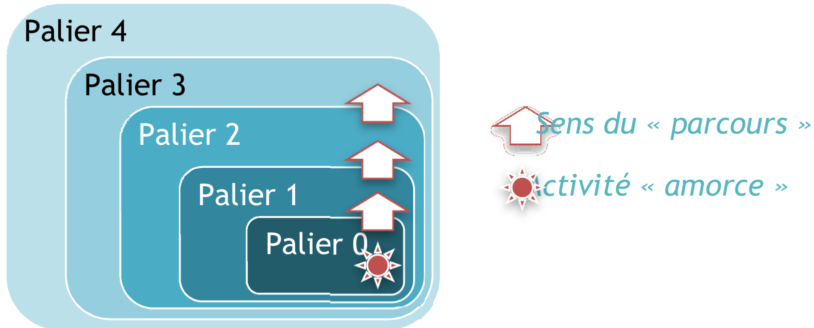


***Figure 3** – Les différents paliers d'étude de la situation des annuaires*

IV. SITUATION D'ANALYSE DE MANUELS SCOLAIRES

Dans cette partie, nous décrivons tout d'abord l'activité « amorce » d'une situation d'analyse de manuels scolaires. Cette situation s'inscrit dans la continuité de situations de formation conçues par des membres de la COPIRELEM et menées lors de colloques ou de séminaires destinés aux nouveaux formateurs (Lepoche & Taveau 2005 ; Lepoche, Masselot & Winder 2005). La stratégie de formation est basée sur la transposition.

Nous analysons ensuite la situation de formation à l'aide de notre cadre d'analyse. Nous avons retenu le même domaine d'étude que celui de la « situation des annuaires » : grandeur et mesure, avec l'introduction de la notion d'aire en CM1.

1. Description de l'activité « amorce » d'une situation d'analyse de manuels scolaires

Le travail d'analyse de manuels scolaires se déroule en cinq phases.

Phase 1 : analyse de l'activité d'une collection de manuels par binôme

Dans une première phase, les formés disposent du manuel et du livre du maître d'une collection. Ils doivent, par binôme, analyser la partie recherche ou découverte de la séance introductive de la notion d'aire en CM1 de la collection, ceci en complétant une grille d'analyse qui leur est fournie et qui a été élaborée par le formateur. La grille les conduit à repérer les objectifs de la séance indiqués par les auteurs, les définitions des termes de surface et d'aire données et les types de tâches proposés. Pour chaque type de tâches, ils doivent identifier les procédures pouvant être mises en œuvre ainsi que les difficultés et erreurs prévisibles pour les élèves.

Phase 2 : analyse comparée par binôme

Dans une deuxième phase, chaque membre d'un binôme fait part de son analyse à un membre d'un autre binôme ayant étudié une collection différente. Les deux nouveaux binômes font alors chacun une analyse comparée de l'introduction du concept d'aire des deux collections à disposition.

Phase 3 : analyse comparée par groupe de quatre

Dans une troisième phase, les binômes se rassemblent par groupe de quatre. Ils mettent en commun leurs comparaisons de l'introduction du concept d'aire dans les deux collections et rédigent leurs conclusions.

Ainsi, dans les trois premières phases, les formés analysent les manuels par binôme (ou trinôme), puis par groupe de quatre (ou cinq) tandis que le formateur est observateur. Ce dernier a imposé certains éléments présents dans la grille distribuée mais n'intervient pas au niveau du contenu de l'analyse que doivent faire les formés. Il veille seulement à ce que les consignes soient comprises et il prend note des points de discussions ou de questions qui émergent dans les groupes.

Phase 4 : mise en commun

Le formateur conduit une phase de mise en commun : chaque groupe de quatre est amené à donner ses conclusions relatives à la comparaison de l'activité d'introduction de la notion d'aire dans les deux collections de manuels analysées.

Phase 5 : synthèse

Dans une dernière phase, le formateur effectue une synthèse dans laquelle il dégage des éléments sur ce qu'il souhaite que les formés retiennent de ce travail d'analyse et des échanges qui ont eu lieu lors de la mise en commun.

2. *Analyse de la situation*

Dans cette situation de formation d'analyse de manuels, l'activité « amorce » est une analyse comparative d'activités d'introduction de la notion d'aire proposées dans des manuels de différentes collections. Notre cadre d'analyse place cette activité « amorce » au palier 2 : la comparaison des activités des manuels doit en effet conduire à une analyse des conditions de mise en œuvre en classe d'une activité d'introduction de la notion d'aire. En outre, il est attendu que le formé se positionne en tant qu'enseignant en prenant du recul sur les différents moyens permettant d'aborder la notion d'aire. L'association des manuels à comparer, choisie par le formateur, peut permettre de faire émerger différents éléments mathématiques, didactiques ou pédagogiques, qu'il pourra exploiter dans la phase de synthèse en fonction de ses objectifs de formation. La comparaison peut en effet amener le formé à un constat de choix différents faits par les auteurs de manuels à propos de l'introduction de la notion d'aire. Le formateur amènera alors le formé à s'interroger sur l'implication de ces choix sur les apprentissages des élèves.

Pour parvenir à la comparaison des activités mathématiques des manuels, les formés sont d'abord amenés à effectuer une activité de palier 1 dans la première phase de travail, en complétant la grille d'analyse proposée par le formateur pour un manuel donné. Le formé est ainsi conduit à une analyse réflexive de l'activité mathématique proposée dans le manuel et il est placé en position d'enseignant : il étudie une activité à destination des élèves. Il doit alors mobiliser des connaissances didactiques en acte, d'une part dans l'analyse didactique de l'activité mathématique du manuel (repérage des types de tâches, identification de procédures, anticipation d'erreurs et de difficultés possibles), d'autre part dans la découverte du choix des auteurs pour introduire la notion d'aire (par la grandeur ou par la mesure). Il peut également mobiliser des connaissances pédagogiques en acte s'il prend des informations sur le déroulement pédagogique décrit dans le livre du maître.

Renseigner la grille d'analyse proposée par le formateur suppose de la part du formé la capacité à réaliser l'activité mathématique présentée dans le manuel, c'est-à-dire la maîtrise de l'activité du palier 0, qu'il réalisera a priori de façon évoquée, en mettant en jeu des connaissances mathématiques en acte sur la notion d'aire. Le formé a également la possibilité de vérifier ses connaissances mathématiques propres, en consultant le livre du maître où sont exposées les connaissances mathématiques décontextualisées à enseigner.

Dans la phase de mise en commun, le formé peut, par exemple, relever l'existence d'approches différentes de la notion d'aire : entrée par la mesure ou en tant que grandeur. Il se situe ainsi au niveau des connaissances didactiques au palier 1 d'étude de la situation. Le formateur pourra être amené à effectuer des rappels ou des apports de connaissances mathématiques décontextualisées à propos de la notion de grandeur et de celle de mesure. Il se situera alors au palier 1 au niveau des connaissances mathématiques, en revenant sur des acquis en lien direct avec l'activité du palier 0. Si au moment de la phase de synthèse, le formateur choisit d'aller au-delà du simple constat de choix différents faits par les auteurs de manuels et invite les formés à interroger la pertinence de chacune de ces deux approches, il exploite alors l'analyse de manuels au palier 2. En effet, son objectif consiste ici à amener le formé à une prise de recul sur l'activité mathématique elle-même afin de dégager certains aspects didactiques relatifs à l'enseignement de la notion d'aire. Des arguments en lien avec les difficultés et erreurs des élèves (confusion entre aire et périmètre par exemple), issus d'une analyse didactique du palier 1, peuvent permettre de justifier le choix d'une approche de la notion d'aire par les grandeurs plutôt que par la mesure. Le questionnement sur l'approche à privilégier pour enseigner la notion d'aire peut s'étendre à une réflexion sur d'autres grandeurs (palier 3). Et enfin, dans le cadre par exemple de séminaires de recherche, le formateur pourrait exploiter cette analyse de manuels à un palier 4 dans le but d'étudier les conceptions des auteurs sur l'enseignement de la notion d'aire et plus généralement sur l'enseignement des grandeurs en vue de construire une programmation sur ces notions.

Ces différentes étapes successivement proposées peuvent être représentées comme dans la Figure 4.

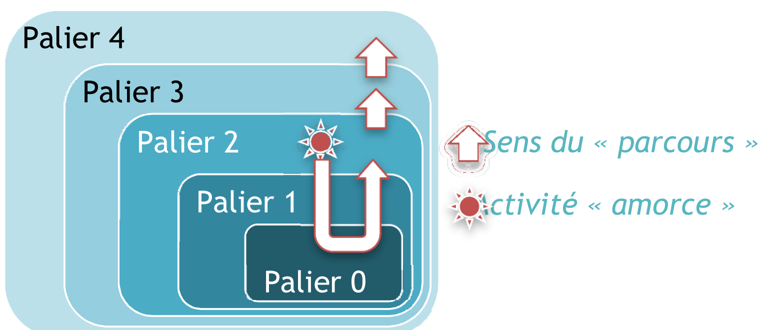


Figure 4 *– Les différents paliers d'étude de l'analyse de manuels*

La comparaison de manuels permet aussi de faire émerger la notion de variable didactique lorsqu'un même type de tâches est proposé dans chacun des manuels mais que les choix des valeurs des variables diffèrent. Un tel objectif de formation se situe au palier 3.

La notion d'aire peut, par exemple, être introduite par un type de tâches de rangement de surfaces selon leur aire. Les manuels choisis seront tels que dans l'un, les surfaces sont non déplaçables si bien que la comparaison doit se faire visuellement et sans manipulation, tandis que dans l'autre, la comparaison peut se faire par découpage et recollement avec une manipulation effective. Dans la comparaison de ces deux approches de la notion d'aire, une activité au palier 1 revient à identifier les différentes procédures de résolution liées à la variable didactique « nature de la situation », à savoir statique versus dynamique. Une activité au palier 2 consiste à s'interroger tout d'abord sur la nécessité de manipulations effectives avant de proposer des « manipulations mentales », et de s'interroger ensuite sur les moyens d'amener les élèves à une activité de comparaison mentale. Réfléchir plus généralement au rôle de la manipulation en phase d'apprentissage et aux étapes intermédiaires permettant de se construire des images mentales (décrire l'action en acte, l'évoquer) correspond à une activité du palier 3. Comme le souligne Peltier (2003) :

> Ces expériences ne pourront être mobilisées que si elles ont été décrites au moment de l'action et surtout évoquées après avoir été menées, de manière différée et sans retour à la manipulation.(Peltier 2003 p.167)

Ainsi, selon les manuels qu'il choisit, la façon dont il les associe, selon la grille d'analyse qu'il propose et selon les éléments de synthèse qu'il choisit/privilégie/met en valeur, le formateur va exploiter cette situation de formation d'analyse de manuels scolaires à différents paliers.

V. CONCLUSION

Le cadre d'analyse élaboré semble être adapté aux situations s'inscrivant dans le cadre de stratégies de formation par homologie-transposition ou par transposition.

La présentation des différents paliers (partie I) suggère une hiérarchisation. En revanche les différents exemples explicités (parties II à IV) montrent que le terme « palier » ne fait pas référence à une chronologie à suivre dans une situation de formation : en effet, il est envisageable de proposer une activité « amorce » en entrant par un palier 1, 2, 3 ou 4, mais pour réaliser l'activité, le formé devra revenir à des paliers inférieurs, voire faire des aller-retour entre différents paliers.

Dans les trois exemples de situations de formation envisagés ici, le cadre d'analyse a permis de mettre en évidence :

- les paliers d'étude envisageables dans la formation, au niveau des savoirs mathématiques, didactiques et pédagogiques ;
- l'existence de différents parcours possibles ;
- les imbrications des différents paliers d'étude.

Le cadre a ainsi révélé la richesse potentielle de telles situations ainsi que les conséquences des choix réalisés par le formateur lors de la mise en œuvre de ces situations sur la nature des apprentissages susceptibles d'être provoqués.

REFERENCES

Aubertin J-C., Girmens Y. (2015) Une situation d'homologie-transposition : le solide caché. *XXXXI Colloque COPIRELEM*.

Brousseau G. (1998) *Théorie des Situations Didactiques (Didactique des mathématiques 1970-1980)*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Brousseau G. (2010). Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques (1998). http://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2010/09/Glossaire_V5.pdf

Danos P., Masselot P., Simard A., Winder C. (2015) Analyser une ressource de formation : exemple de la « situation des annuaires ». *XXXXI Colloque COPIRELEM*.

Douady R. (1986) Jeux de cadres et dialectique outil-objet.*RDM* 7(2). Grenoble : La Pensée Sauvage.

Houdement C. (1995) *Projets de formation des maîtres du premier degré en mathématiques : programmation et stratégies*. Thèse de l'université Paris 7.

Houdement C., Peltier M-L. (2002) Aires de formation. *Les Cahiers du Formateur 5*. ARPEME. 64-108.

Houdement C., Peltier M-L. (2003) Aires de surfaces planes. *Concertum Les carnets de route de la COPIRELEM 2*. ARPEME. 199-221.

Houdement C. (2006) Mathématique, didactique et découpages. *Actes du colloque Mathématiques et résolution de problèmes : un point de vue didactique*. IREM de Montpellier. 43-51.

Houdement C. (2013) *Au milieu du gué : entre formation des enseignants et recherche en didactique des mathématiques*. Note d'habilitation à diriger les recherches. Université Paris Diderot – Université de Rouen.

IREM de Lille-Ecole primaire (2000) *Travaux géométriques Apprendre à résoudre des problèmes Cycle 3*. CRDP Nord-Pas-de-Calais. 150-156.

Kuzniak A. (1994) *Etude des stratégies de formation en mathématiques utilisées par les formateurs de maîtres du premier degré*. Thèse de l'université Paris 7.

Kuzniak A. (2003) Les stratégies utilisées pour former les maîtres du 1er degré en mathématiques. *Concertum Les carnets de route de la COPIRELEM 3*. ARPEME. 7-22.

Lepoche G., Taveau C. (2005) Analyse de manuels scolaires sur la division euclidienne. *Les cahiers du formateur 7*. IREM Paris 7.

Lepoche G., Masselot P., Winder C. (2005) Fractions et décimaux : analyse de manuels. *Les cahiers du formateur 7*. IREM Paris 7.

Mangiante-Orsola C., Petitfour E. (2015) L'analyse de manuels en formation : pour quoi faire ? *XXXXI Colloque COPIRELEM*.

Peltier M-L. (2003) « Le napperon » : un problème pour travailler sur la symétrie axiale. *Concertum Les carnets de route de la COPIRELEM 2*. ARPEME. 161-172.

Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage

espace mathématique francophone
Alger : 10-14 Octobre 2015

FORMER DES ENSEIGNANTS PAR LA RECHERCHE : QUELS OUTILS POUR ANALYSER LES EFFETS POTENTIELS SUR LES PRATIQUES ?

Julie HOROKS[*] – Brigitte GRUGEON-ALLYS[**] – Monique PEZARD-CHARLES[***]

Résumé - Dans cette étude, nous proposons des outils que nous avons construits pour analyser les contenus et modalités d'une formation initiale de professeurs des écoles en France, à travers une initiation à la recherche en didactique des mathématiques, et pour envisager ses effets potentiels sur le développement professionnel des enseignants. Nous testons ces outils sur une promotion d'étudiants ayant suivi cette formation.

Mots-clefs : (formation par la recherche, formation initiale, enseignants du 1er degré, analyse multidimensionnelle)

Abstract – In this paper, we are presenting the theoretical and methodological tools that we have built in order to analyse the contents and the set up of a particular schoolteacher initial training in France, through an initiation to research in Mathematics Education. By using these tools, we are also trying to assess the potential effects of this training on the practises of beginner teachers, and give here an example of such an analysis.

Keywords: (initiation to research, initial training, schoolteachers, multimodal analysis)

I. NOS QUESTIONS SUR LA FORMATION DES ENSEIGNANTS

1. *Le contexte français*

Depuis quelques années et après plusieurs réformes successives, la formation des enseignants a lieu dans des Ecoles Supérieures du Professorat et de l'Education (ESPE) réparties sur toute la France. Ce sont des écoles internes à des universités, dans lesquelles interviennent des formateurs de terrain (eux-mêmes enseignants dans des classes) et des formateurs à temps plein qui peuvent être enseignants chercheurs. Pour le premier degré (école maternelle - élèves de 3 à 5 ans, et école élémentaire – de 5 à 11 ans), les étudiants peuvent devenir enseignants s'ils remplissent deux conditions :

- réussir le concours de recrutement qui, en ce qui concerne les mathématiques, comporte des résolutions de problèmes de mathématiques et des tâches didactiques consistant en général en des analyses de productions d'élèves ou de documents pour l'enseignement ;

[*] LDAR-UPEC – France – julie.horoks@u-pec.fr
[**] LDAR-UPEC – France – brigitte.grugeon-allys@u-pec.fr
[***] LDAR-UPEC – France – monique.pezard-charles@u-pec.fr

Horoks J., Grugeon-Allys B., Pezard-Charles M. (2015) Former des enseignants par la recherche: quels outils pour analyser les effets potentiels sur les pratiques? In Theis L. (Ed.) *Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage* – Actes du colloque EMF2015 – GT2, pp. 173-184.

- obtenir un Master, dans le cadre d'une ESPE ou non.

Les Masters dédiés à la formation des enseignants du 1er degré incluent des moments de stage en classe, et une initiation à la recherche, avec des volumes horaires divers suivant les universités.

2. *Le cas particulier de l'académie de Créteil*

Dans le cadre de la formation dispensée à l'ESPE de l'académie de Créteil, les étudiants suivent pendant les deux années du Master une initiation à la recherche, dans un champ de recherche à choisir parmi tous ceux proposés par l'université, devant leur permettre de s'inscrire dans une dynamique de développement professionnel. Cette initiation porte sur un nombre d'heures représentant environ 120 h du temps de formation, et doit permettre aux étudiants de produire un mémoire de recherche, qui sera évalué dans le cadre du Master. Elle s'insère dans une maquette de Master qui comprend aussi des enseignements disciplinaires et didactiques, et une alternance entre formation et stage qui s'organise autour de contenus professionnels. Les contenus et modalités de formation varient probablement fortement d'un Master à l'autre, voire d'un formateur à l'autre dans un même Master (cf. Sayac 2012). On peut penser qu'ils sont influencés par le statut des concepteurs des maquettes ainsi que celui des formateurs qui les mettent en œuvre.

Le travail que nous présentons implique des enseignants chercheurs du laboratoire LDAR[1], qui sont aussi des formateurs intervenant dans l'initiation à la recherche en didactique des mathématiques analysée ici. Ces formateurs partagent par ailleurs, en tant que chercheurs, des cadres théoriques communs qui ont probablement une influence sur leur façon de concevoir la formation des enseignants. Nous avons voulu nous emparer des questions de recherche que posait ce nouveau type de formation et en particulier interroger ses effets potentiels sur le développement professionnel des enseignants.

3. *Présentation de l'option recherche en didactique des mathématiques (OR1)*

Les contenus de l'initiation OR1 sont inspirés de théories de la recherche en didactique des mathématiques française, et plus particulièrement de résultats liés à l'enseignement des mathématiques à l'école primaire. L'initiation doit permettre de familiariser les étudiants avec quelques résultats marquants sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Elle a aussi pour objectif de leur donner les outils nécessaires pour pouvoir réaliser un mémoire de recherche à l'issue des deux années de master. Parmi les cadres théoriques abordés avec les étudiants de l'option OR1, on trouvera principalement celui de la Théorie des Situations Didactiques (TSD) (Brousseau 2011), qui est en particulier un outil mobilisé par les étudiants pour réaliser des analyses a priori de séances ou séquences. Le cadre de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) est lui aussi utilisé, dans une bien moindre mesure, pour parler de transposition didactique (Chevallard 1985), en particulier pour l'analyse des programmes et des manuels. Enfin, lorsqu'il s'agit d'observer et d'analyser les pratiques enseignantes, c'est le cadre de la Double Approche didactique et ergonomique des pratiques enseignantes (Robert & Rogalski 2002) qui est mis en avant, et en particulier les différentes composantes de l'activité enseignante.

Dans l'OR1, la recherche est présente sous différentes formes : elle est parfois en filigrane, comme source d'inspiration pour le formateur ; elle fournit aussi des objets et outils à enseigner explicitement aux futurs enseignants. Elle peut être présentée de manière directe,

[1] Nadine Grapin, Brigitte Grugeon-Allys, Julie Horoks, Eric Mounier, Cécile Ouvrier-Buffet, Monique Pézard-Charles, Julia Pilet et Nathalie Sayac

par le biais d'articles de recherche à lire. Elle est enfin une démarche à laquelle on initie les étudiants au cours de l'élaboration du mémoire. Ainsi, certaines séances sont introduites à travers un contenu mathématique spécifique (calcul mental, numération), d'autres tournent autour d'un axe de recherche particulier (élèves en difficulté, pratiques enseignantes telles que l'évaluation ou la gestion de l'hétérogénéité) ou d'un outil de recherche lié aux données recueillies (vidéos, manuels, protocoles, productions d'élèves). Quelques cours s'articulent autour de l'exposition d'éléments théoriques et de leur illustration par des exemples de recherches et de résultats. Enfin, de nombreuses séances sont consacrées au suivi méthodologique du travail personnel des étudiants dans la perspective de la rédaction du mémoire. Nous faisons l'hypothèse que tous ces apports n'auront probablement pas le même impact sur la formation des enseignants, et que c'est plus particulièrement à travers les activités où ceux-ci sont amenés à manipuler les outils de recherche issus de ces théorie qu'ils pourront s'approprier ces concepts.

En terme de modalités de formation, dans le cadre de l'OR1, on peut considérer qu'elles diffèrent probablement des stratégies des formateurs utilisées dans le reste de la formation (cf. homologie, monstration et transposition, Houdement & Kuzniak 1996), puisque ce sont ici des activités liées à l'initiation à la recherche et non à l'enseignement : nous formons ici des futurs enseignants, dont on ne s'attend pas à ce qu'ils développent des pratiques de recherche, bien que les outils que nous leur proposons puissent informer aussi les décisions qu'ils pourront prendre pour leur classe. Cela pose la question de la transposition des outils de recherche par nous, formateurs et chercheurs, pour ce type de formation, mais aussi par les étudiants, qui peuvent éventuellement intégrer certains de ces outils à leurs pratiques pour enseigner (par exemple, analyse de manuels pour la classe / analyse de manuels pour la recherche, qui sont des pratiques pas forcément si éloignées). Cela pose en particulier la question des ressources que nous mettons à disposition des étudiants de l'OR1, et qui sont ici principalement des articles de recherche, utiles pour nous en particulier pour introduire des résultats et démarches de recherche et aussi pour les étudiants, pour alimenter l'écriture de leur mémoire : quel usage pourront-ils en faire une fois enseignant ?

Pour tenter de construire un cadre d'analyse permettant de répondre à la question de l'impact de ce type de formation sur les formés, et suite aux recherches de Grugeon (2010) et Grugeon-Allys (2010), nous cherchons à définir une référence pour caractériser la formation en relation avec les pratiques enseignantes visées. Ainsi, nous nous demandons :

- Quels éléments dans la dynamique de développement professionnel des étudiants ont évolué au cours de la formation par la recherche, puis des premières années d'exercice du métier ? Quelles régularités dans les pratiques effectives ? Quelles variabilités ?
- Quelles relations entre ces régularités et les effets potentiels de la formation par la recherche définis a priori à partir du choix des contenus et des modalités de formation ?

Nous n'irons pas ici jusqu'à l'analyse des pratiques effectives, faute de données suffisantes, mais nous détaillons notre façon de mettre en œuvre les outils que nous avons construits pour cette analyse.

II. DES OUTILS POUR ANALYSER LE DISPOSITIF DE FORMATION ET SES EFFETS POTENTIELS SUR LE DEVELOPPEMENT PROFESSIONNEL

L'enjeu de cette recherche est de mettre en relation le scénario de formation proposé dans l'OR1 et les pratiques effectives en classe développées lors des deux premières années d'exercice par les étudiants de deuxième année de master ayant suivi cette formation. Le phénomène didactique étudié est complexe et comporte de multiples facettes, tant du côté de la formation, du côté des pratiques enseignantes que du côté des apprentissages, et il est donc nécessaire de les prendre en compte pour éclairer les différents aspects du phénomène.

Différentes théories didactiques sous-tendent donc nos analyses à tous les niveaux de cette étude :

- celles qui guident les choix effectués pour la formation et sa mise en œuvre et nous permettent de faire un pas de côté pour analyser ce qui se passe dans notre propre formation,
- celles qui nous permettent d'analyser les pratiques des stagiaires dans leurs classes,
- ou encore celles qui sont enseignées comme objets et outils dans le cadre de l'initiation à la recherche.

Pour prendre en compte la complexité de la formation et des pratiques et construire une référence, il est donc nécessaire d'organiser une étude multidimensionnelle en mobilisant plusieurs cadres théoriques en fonction des objets de recherche, formation ou pratiques enseignantes, du grain d'analyse global ou local, du statut de l'enseignant générique ou spécifique.

1. *Nos hypothèses sur la formation des enseignants*

Nos hypothèses portant sur la formation relèvent de la double approche didactique et ergonomique (Robert & Rogalski 2002) qui imbrique une approche didactique où les activités du professeur sont analysées en fonction des apprentissages potentiels des élèves en mathématiques et une approche ergonomique où le professeur est considéré comme un individu dans l'exercice du métier d'enseignant. Les activités des professeurs, c'est à dire ce qu'ils font, disent, pensent, sont constitutives de leurs pratiques, et la double approche permet, pour un enseignant donné, une caractérisation et une interprétation de ces pratiques à partir de leur recomposition via cinq composantes (cognitive et médiative, personnelle, institutionnelle et sociale). De plus, des cohérences sont observables à différents niveaux de l'activité du professeur, au niveau global (préparations et stratégie d'enseignement), local (organisation et gestion des situations, gestion des interactions et des improvisations), micro (gestion des gestes professionnels).

Ces hypothèses nous viennent de recherches déjà effectuées : l'importance de s'appuyer sur le collectif et d'organiser des mises en commun (cf. double régulation, Rogalski 2008), de partir des pratiques presque déjà là des enseignants (Robert, Roditi & Grugeon 2008), de leur proposer des analyses de ressources en prise avec la réalité du métier pour développer l'expérience (mais dans un contexte de recherche), de leur apporter non pas des méthodes à appliquer mais plutôt des alternatives pour enseigner (Robert & Horoks 2007). De même, nous mettons en avant les contraintes du métier d'enseignant tout comme celles de la formation. Nous tenons compte en particulier des besoins liés au niveau en mathématiques de nos étudiants, souvent faible et hétérogène, ainsi que des besoins ressentis pendant les stages, liés au quotidien de la classe (nécessité de préparations régulières) et aux diverses contraintes des terrains de stage (dans un contexte pas toujours facile de partage de la classe avec un autre enseignant).

2. *Concevoir et mettre en œuvre la formation, autour de contenus issus de la recherche : une cohérence entre ce qui est transmis et la façon de le transmettre ?*

La conception et la mise en œuvre de la formation s'appuient pour nous sur plusieurs cadres en fonction des aspects étudiés et de différents grains d'analyse. Les contenus de la formation définis a priori prennent en compte des apports de la recherche en didactique des mathématiques en particulier des concepts issus de la TSD : situation didactique, situation a didactique, situation d'action, de formulation ou de validation, variable didactique, contrat didactique, dévolution, institutionnalisation, milieu, stratégie optimale, rétroaction du milieu, analyse a priori / a posteriori, conception, mais aussi du concept de transposition didactique ou de type de tâche[2] issu de la TAD. Ce sont aussi des concepts utiles pour nous en ce qui concerne la mise en place des enseignements de ces contenus (organiser différentes situations porteuses d'apprentissages pour nos étudiants, avec différentes phases dans les séances), et en tout cas de l'analyse que nous pouvons faire des séances de formation au sein de l'OR1.

Dans les activités que nous proposons en formation, ces concepts didactiques doivent être mobilisés comme outils conceptuels par les étudiants, notamment pour concevoir des situations, des tests, des questionnaires, des grilles d'observation, et les analyser, si possible au niveau de l'usage qu'en fait le chercheur et en perspective de l'usage que peut en faire l'enseignant. Dans le cadre de cette initiation, il y a donc deux grands types d'outils proposés aux étudiants : certains des concepts abordés peuvent être utiles, plus ou moins directement, pour la classe, tandis que d'autres ne voient leur présence ici justifiée que pour engager les étudiants dans l'initiation à la recherche, même si nous formons l'hypothèse qu'ils pourront eux aussi participer au développement des pratiques de ces futurs enseignants, (comme par exemple la construction de tests pour repérer les conceptions des élèves sur une notion donnée). Mais ce double rôle n'est probablement pas facile à tenir pour les étudiants (qui sont déjà à la fois dans des postures d'étudiants et d'enseignants, suivant les moments de leur formation, (Sayac 2012). En effet, on peut penser par exemple que conduire une séance dans sa propre classe ou y mener une expérimentation pour le mémoire ne sont pas des activités totalement équivalentes : il faudra peut-être s'interdire d'aider certains élèves pour ne pas fausser les résultats de l'expérimentation, ce qui n'est pas une posture facile à tenir en tant qu'enseignant ayant pour objectif de faire progresser les élèves.

Les contenus de didactique des mathématiques jouent donc ici un rôle triple :

- ce sont des objets transmis aux formés, un peu transposés (uniquement des concepts et résultats liés aux mathématiques et problématiques du 1er degré. Il y a peu d'insistance sur le côté théorique mais on peut faire le lien avec les problèmes et constats à l'origine de la genèse de ces concepts)
- ce sont aussi des outils de formation puisque les tâches proposées poussent les étudiants à développer des activités de recherche dont on fait l'hypothèse qu'elles permettront de prendre du recul sur leur pratique d'enseignement
- ce sont enfin des outils d'analyse des contenus (en termes de types de tâches et de transposition) et de la mise en œuvre de la formation dans l'OR1 (en termes d'organisation didactique)
- Pour modéliser les niveaux de l'activité de l'enseignant visés dans l'OR1 il est nécessaire de caractériser les types de tâches (Chevallard 1999) proposés et les modalités de formation. Les types de tâches ainsi caractérisés devraient permettre de motiver les raisons d'être des concepts travaillés et d'amener les étudiants à mobiliser les concepts outils transposés de la didactique des mathématiques (essentiellement ceux de la TSD) pour les résoudre. L'usage de ces outils devrait conduire les étudiants

[2] Pour Chevallard (1998): « Dans la plupart des cas, une tâches (et le type de tâches *parent*) s'exprime par un *verbe* : *balayer* la pièce, *développer* l'expression littérale donnée (…) Un genre de tâches n'existe que sous la forme de différents *types* de tâches, dont le contenu est étroitement spécifié. *Calculer...* est un genre de tâches ; *calculer la valeur (exacte) d'une expression numérique contenant un radical* est un type de tâches, de même que *calculer la valeur d'une expression contenant la lettre x quand on donne à x une valeur déterminée* »

à construire dialectiquement une « certaine » prise de distance par rapport à une pratique professionnelle et une première construction d'expérience professionnelle en prise sur la réalité de l'enseignement. Ce choix théorique reposant sur une approche multidimensionnelle permet de définir une référence en termes d'activités enseignantes visées[3] par la formation, pour caractériser à la fois les tâches proposées et les activités qui peuvent en découler pendant la formation, mais aussi les pratiques enseignantes que l'on cherche à former à plus long terme. A partir de cette référence, nous construisons deux grilles d'analyse des pratiques :

- La liste des activités enseignantes visées a priori par la formation mise en relation avec une grille d'analyse des contenus de formation
- L'échelle de développement a priori des pratiques pour évaluer les pratiques effectives des professeurs d'école en lien avec les activités enseignantes développées en classe.

Nous présentons ces deux outils méthodologiques dans la partie suivante de cette étude.

3. *Analyser les effets de la formation sur les pratiques enseignantes*

L'analyse des pratiques enseignantes durant la première année d'exercice des anciens étudiants doit nous permettre de mettre en perspective les activités enseignantes visées par la formation et les activités effectives des enseignants en classe.

Les activités enseignantes visées par la formation relèvent de l'i-genre 3 (Butlen et al. 2003) et doivent permettre une prise de conscience des apports de l'exercice de la vigilance didactique, définie « comme un ajustement didactique permanent de la part du professeur faisant appel aux deux composantes cognitive et médiative des pratiques et s'exerçant dans les trois niveaux global, local et micro. » (Charles-Pézard 2010). Pour exercer une certaine vigilance didactique, les enseignants doivent mobiliser des connaissances mathématiques et didactiques en situation, en particulier « des outils permettant de lire le réel, issus de la didactique des mathématiques mais transformés en vue de l'action d'enseigner ». Ces outils issus en partie de la TSD peuvent, par exemple, permettre la mise en œuvre d'une analyse a priori pour identifier le savoir mathématique en jeu dans une situation d'apprentissage, le choix des valeurs des variables didactiques et l'incidence de celles-ci sur les procédures et les résultats des élèves, dans le but de mieux anticiper la mise en actes du projet. Pendant la classe, ces outils peuvent aider à la conduite des différentes phases et à la prise de décisions.

La double approche, fondée sur la théorie de l'activité, dans laquelle s'inscrivent aussi les apports de Vygotsky, permet de distinguer tâche prescrite / tâche effective et pratique visée (prescrite) / pratique effective (cf. Rogalski 2008). L'évolution des pratiques est étudiée à partir de l'étude des écarts entre les acticités enseignantes visées en formation et celles effectivement mises en place en classe, en termes de différents types de savoirs pour l'enseignement, des différentes compétences professionnelles développées pour l'exercice d'une vigilance didactique, de régularités ou de variabilités de pratiques effectives (Pariès, Robert & Rogalski 2008). Les régularités sont mises en perspective des choix réalisés en formation, notamment des types de tâches développés en lien avec les concepts de la didactique des mathématiques mobilisés. Les variabilités sont mises en perspective des contraintes liées soit à la composante personnelle, soit aux composantes institutionnelle ou sociale (notamment l'établissement d'exercice)

[3] Quand on parle d'activité, il s'agit d'activité engendrée par une tâche, au sens de la théorie de l'activité. Quand on parle d' « activité visée », on entend avec une technique relevant de la technologie et théorie visée, c'est-à-dire les activités enseignantes mettant en jeu les concepts transposés et les outils de la didactique des mathématiques.

III. NOTRE METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Nous formulons l'hypothèse de recherche suivante : "Une entrée par la recherche dans la formation à partir de types de tâches s'appuyant sur l'usage d'outils conceptuels fondés sur des résultats de recherche en didactique, définis a priori, peut contribuer à enrichir et à favoriser l'acquisition de certains savoirs pour l'enseignement ainsi que l'exercice d'une certaine vigilance didactique". Pour tenter de tester cette hypothèse, nous mettons en regard les activités enseignantes visées a priori par la formation et les pratiques effectives de nos anciens étudiants.

1. *Activités enseignantes visées a priori par la formation et types de tâches proposées*

Les activités enseignantes visées sont listées a priori (et non en fonction des contenus de l'option) à partir du référentiel national de compétences des pratiques enseignantes (cf. Bulletin officiel du 25 juillet 2013) et des résultats de recherche sur les pratiques. Elles prennent en compte les contenus mathématiques visés et leurs spécificités, à partir des résultats de la recherche en didactique des mathématiques pour le 1er degré. Nous listons dans les tableaux 1 et 2 différentes activités d'enseignant visées[4], constituant ses pratiques, ainsi que les types de tâches conçus dans la formation en OR1 pour développer ces pratiques, et nous nous demandons :

- Pour chaque tâche proposée dans le cadre de l'initiation à la recherche via l'option OR1, quelles sont les activités enseignantes potentiellement visées ? Cela nous amène en particulier à questionner les raisons d'être des tâches que nous proposons en formation à la recherche pour de futurs enseignants.
- Pour chaque activité enseignante visée, quelles sont les tâches proposées dans le cadre de l'option OR1, et les contenus de DDM relatifs à ces tâches, qui peuvent avoir une influence particulière sur le développement de cette pratique ? Et par conséquent, avons-nous donné les moyens à nos étudiants de travailler dans l'option certaines activités que nous jugeons importantes pour leurs pratiques futures ?

Repérer les enjeux d'un apprentissage pour choisir une situation adaptée
Choisir et utiliser de façon pertinente un manuel ou d'autres ressources
Construire une situation adaptée (par rapport aux objectifs, à la séquence)
Connaître les savoirs mathématiques et leur didactique
Gérer différents types de séances (Introduction, institutionnalisation, entraînement, réinvestissement, évaluation)
Gérer les différentes phases d'une séance (dévolution, recherche, mise en commun (formulation, validation et hiérarchisation des procédures), institutionnalisation)
Evaluer les élèves
Gérer l'hétérogénéité des procédures des élèves
Faire un retour réflexif sur le déroulement d'une séance
Continuer à se former et innover.

Tableau 1 *-– Activités enseignantes visées par la formation*

Analyser des tâches et des situations
Analyser des productions d'élèves
Analyser des manuels
Faire des analyses a priori / a posteriori de séances
Analyser des vidéos au regard d'une problématique
Rechercher et analyser des articles
Problématiser et formuler des hypothèses de recherche
Construire une méthodologie pour répondre à un questionnement

Tableau 2 *– Types de tâches proposées dans le cadre de l'OR1*

[4] Nous distinguons les activités d'enseignant des activités de chercheur, visées aussi par cette formation, mais que nous ne détaillons pas ici.

Ainsi il nous semble que par exemple les tâches d'analyse de productions d'élèves que nous proposons dans le cadre de l'option, participent en particulier à l'activité « Evaluer les élèves » mais aussi, moins directement peut-être, « Gérer les différentes phases d'une séance » ou « Gérer l'hétérogénéité des procédures des élèves », qui sont des activités enseignantes visées par la formation. De façon réciproque, on peut se demander quelles tâches proposées concernent par exemple l'activité « Gérer différents types de séances », et constater vraisemblablement que peu de travail visant cette activité est proposé dans le cadre de l'option. Cela nous permet donc de questionner les activités potentiellement travaillées, ou non, dans notre offre de formation.

Mais bien entendu nous avons conscience que certains de ces types de tâches peuvent être proposés dans les autres volets de la formation. Quels sont ceux qui sont spécifiques à l'initiation à la recherche ? Et pour nous, d'un point de vue méthodologique comment prendre en compte le reste de la formation par rapport aux tâches proposées et aux effets potentiels sur les pratiques ? Même si les types de tâches peuvent être communs avec les autres UE mobilisant des contenus de didactique des mathématiques, nous pouvons faire l'hypothèse qu'ils ne sont probablement pas équivalents pour autant. En effet, les tâches mises en œuvre dans d'autres UE utilisent différents types de ressources mais rarement, voire jamais, les articles de recherche utilisés dans une UE d'initiation à la recherche. D'autre part, préparer et mener une séance dans sa classe relève du développement de pratiques professionnelles alors que définir et mener une expérimentation en classe pour tester des hypothèses de recherche amène à prendre de la distance par rapport à des choix didactiques définis a priori, même si ce type de tâche permet aussi probablement de développer des pratiques d'enseignant.

Il n'est pas toujours facile de faire ce pas de côté, pour des étudiants qui visent le métier d'enseignant, sans l'avoir encore vécu, et pour des chercheurs qui forment aussi et surtout de futurs enseignants !

2. *Niveaux de développement des pratiques enseignantes*

Pour étudier la dynamique de développement professionnel des professeurs d'école stagiaires (PES) débutants (étudiants ayant suivi l'OR1 en 2011-2013), il est nécessaire de définir une grille permettant d'analyser, de comparer et d'évaluer les pratiques des PES en dehors de la classe et en classe. Pour ceci, nous avons élaboré a priori une échelle des niveaux de développement des pratiques enseignantes. Nous nous référons au cadre de la Double Approche pour prendre en compte les contraintes institutionnelles, sociales et personnelles. Nous prenons en compte les trois i-genres définis par Butlen et al. (2003) et en particulier l'i-genre 3, regroupant des enseignants qui réalisent des scénarios proches de ceux préconisés en formation, Ces mêmes chercheurs ont proposé une échelle pour analyser les pratiques des enseignants, en référence à une proximité plus ou moins grande avec les pratiques du i-genre 3 attachées à la gestion des différentes phases d'une séance, l'ensemble permettant d'évaluer la vigilance didactique de l'enseignant.

Toutefois, l'échelle définie par Butlen et al. (2003) ne prend pas en compte le niveau global de l'organisation des pratiques, et les activités enseignantes qui ont lieu en dehors de la classe. Nous avons donc croisé les activités enseignantes visées pendant la formation en lien avec les types de tâches travaillés en formation et les niveaux de développement définis. Nous obtenons, pour chacune des activités listées, 3 niveaux, C, B et A. Le niveau C relève plutôt du i-genre 1, le niveau A du i-genre 3 de référence. Entre les deux, le niveau B indique la connaissance de savoirs didactiques partiels, peu structurés et mobilisés de façon isolée. On peut aussi envisager un niveau A-, entre B et A, qui relèverait d'un i-genre 3 non maîtrisé, ne comportant ni hiérarchisation des procédures, ni institutionnalisation complète (seulement locale), et qui permettrait au chercheur d'identifier une pratique en voie de construction. Par exemple, pour l'activité « gérer les différentes phases d'une séance », les 3 niveaux sont détaillés dans le tableau 3.

niveau C	niveau B	niveau A
* Pas de phases clairement identifiées (oral collectif, exercices individuels écrits avec faible mise en commun, usage dominant de fichier) * Peu d'initiatives laissées aux élèves, validation à la charge du professeur	* Des phases sont organisées mais pas forcément gérées pour engager les élèves dans la recherche et la comparaison des procédures * Initiatives partagées mais peu de validation à la charge des élèves, ou qui ne visent pas la construction d'une rationalité mathématique * au cycle 1, les phases sont gérées au sein des ateliers	* Organisation d'une phase de lancement (reformulation ou autre) * Organisation d'un temps de recherche * Organisation d'une mise en commun (formulation, validation et hiérarchisation des procédures), avec des initiatives partagées et des validations visant à la construction d'une rationalité mathématique * Organisation de bilans conduisant à une institutionnalisation (dépersonnalisation, décontextualisation) en lien avec l'activité * au cycle 1, les phases sont gérées aussi au sein du collectif

Tableau 3 *- les 3 niveaux de développement détaillés pour l'activité "gérer les différentes phases d'une séance"*

Nous repérons les activités enseignantes dont les niveaux de développement sont plus particulièrement élevés pour la plupart de nos anciens étudiants, et les mettons en lien avec les tâches proposées en formation, pour en déduire un effet éventuel (même si cela reste à nuancer compte tenu de l'impossibilité de prendre en compte ici l'intégralité de la formation reçue par les étudiants).

Nous présentons maintenant brièvement l'expérimentation réalisée et comment nous avons mobilisé ces outils pour étudier le niveau de développement professionnel des étudiants lors de la première année d'exercice.

3. *Expérimentation et données recueillies sur les pratiques effectives*

Nous avons étudié la dynamique de développement des pratiques des premiers étudiants ayant choisi l'OR1 « Apprentissages mathématiques à l'école : approche didactique » comme UE d'initiation à la recherche et l'ayant suivie sur 2 ans : en 2011-2012 pour le M1 et 2012-2013 pour le M2.

Nous avons fait passer un questionnaire à la trentaine d'étudiants qui l'ont suivie, en fin de M2 avant les soutenances, pour appréhender leurs points de vue sur la formation reçue. Nous ne présenterons pas cette partie de la recherche ici, même si elle nous permet de repérer des évolutions éventuelles du regard que les étudiants portent sur leur formation et son utilité.

En 2013-2014, nous avons organisé le suivi de 12 PES issus de cette promotion de M2. Au delà des PES ayant suivi l'OR1, nous avons aussi suivi 8 étudiants ayant participé à d'autres options de recherche. Ces étudiants constituaient un groupe témoin, pour lequel il est cependant plus difficile d'analyser la formation reçue et son impact éventuel sur les pratiques, faute d'informations, ce qui explique aussi que nous n'ayons pas réussi à renseigner avec la même précision les grilles d'observation les concernant. Nous cherchons des régularités dans les pratiques des PES ayant suivi l'OR1. Pour accéder à des éléments des pratiques de ces PES hors classe et en classe, pendant cette première année d'exercice, nous avons réalisé 2 visites. Un protocole de visite avait été conçu pour que tous les chercheurs respectent les mêmes modalités et explicité aux PES volontaires.

Nous avons défini une grille d'observation commune à l'ensemble des chercheurs impliqués dans la recherche pour organiser le recueil d'informations suite à l'observation, lors de chaque visite. Suite aux 2 visites, nous avons construit une grille d'analyse relative à l'échelle de développement. Nous avons ainsi décrit la dynamique de développement à l'œuvre en fin de première année d'exercice, à partir des niveaux de développement des pratiques, pour chaque activité visée a priori dans la formation, indiqués après chaque visite. La comparaison de ces grilles doit permettre ainsi de repérer des régularités à mettre en relation avec la formation et de faire apparaître des variabilités à mettre en relation avec d'autres déterminants des pratiques (institutionnel, social et personnel), notamment l'établissement dans lequel les PES ont exercé, l'équipe pédagogique avec laquelle ils ont travaillé.

Nous avons aussi réalisé un entretien après la deuxième visite pour obtenir des traces de la formation suivie pendant l'OR1, sur des points qui n'auraient pas été spontanément abordés lors des entretiens formatifs de visite. L'enjeu de l'analyse de ces données est de tester notre hypothèse de recherche. Pour les PES ayant suivi l'option, nous avons réalisé une synthèse des niveaux de développement par type d'activité (cf. tableau 4). Il apparaît clairement des régularités dans l'analyse des niveaux de développement, qui se situent entre A et B, selon les activités visées a priori par la formation[5].

Les PES ont construit des situations qui, selon nous, ont globalement du sens pour les élèves. Lors de leur préparation, ils ont anticipé plus ou moins implicitement les procédures et les erreurs envisageables dans la résolution des tâches proposées en mathématiques, sans toujours faire explicitement référence aux concepts de la didactique.

Activités	[6]		
Repérer les enjeux d'un apprentissage pour choisir une situation adaptée	1	5	6
Construire une situation adaptée (par rapport aux objectifs, à la séquence)	1	6	5
Choisir et utiliser de façon pertinente un manuel ou d'autres ressources	1	8	3
Connaître les savoirs mathématiques et leur didactique en lien avec leur enseignement	1	8	3
Connaître les savoirs mathématiques et leur didactique en lien avec les apprentissages des élèves	1	9	2
Gérer différents types de séances	1	7	4
Gérer les différentes phases d'une séance (dévolution, recherche, mise en commun institutionnalisation)	1	4	7
Evaluer les élèves	1	8	3
Gérer l'hétérogénéité des procédures des élèves	1	9	2
Faire un retour réflexif sur une séance	1	4	7
Continuer à se former et innover	1	4	7

***Tableau 4** – niveaux de développement des pratiques des PES sortants de l'OR1*

En ce qui concerne la gestion des différentes phases d'une séance, nous constatons qu'à l'exception de l'une d'elle, les PES laissent un temps de recherche assez conséquent aux élèves, puis prennent en compte les procédures pendant une phase de mise en commun mais certains n'organisent pas encore leur hiérarchisation. Nous remarquons que les phases de synthèse sont davantage menées collectivement, ce qui entraîne que la validation reste encore souvent prise en charge par l'enseignant. Ces résultats nous paraissent cohérents avec les

[5] à l'exception d'une PES qui était en grande difficulté et n'arrivait pas à gérer la paix scolaire dans sa classe, les origines de ces difficultés relevant certainement d'éléments extérieurs à la formation

[6] C'est la même PES, en difficulté dans sa classe pour des raisons de discipline notamment, qui a été notée au niveau C pour toutes les pratiques visées.

types de tâches souvent proposées dans le cadre de l'OR : l'analyse de tâches, de procédures et de séances en classe avec en particulier le découpage en phases de ces séances.

Il nous faut encore comparer ces résultats avec les niveaux de développement des 8 PES témoins, qui, bien que n'ayant pas participé à l'OR1, ont cependant côtoyé certains des formateurs de l'OR1 dans les autres UE contenant de la didactique des mathématiques, ce qui n'est probablement pas neutre pour notre analyse.

IV. CONCLUSION

1. *Des variabilités liées aux contraintes*

Nous identifions des variabilités entre les PES qui peuvent être liées à différents types de contraintes. Suite aux entretiens, nous associons certaines contraintes à la composante personnelle.

Ces variabilités peuvent relever du rapport des PES au rôle de l'école, de leur rapport au savoir mathématique, d'une maturité plus ou moins grande, d'une posture ayant eu plus ou moins de mal à s'installer. Ces variabilités peuvent aussi dépendre du type d'établissement dans lequel les PES ont effectué leur première année d'exercice : nomination en maternelle ou en élémentaire, nomination en ZEP ou non, existence d'un projet d'école ou non, travail d'équipe possible avec des collègues installés ou non depuis longtemps dans l'établissement. Ces conditions d'exercice vont favoriser ou non leur intégration dans leur nouveau métier.

2. *Des effets sur les pratiques...*

En ce qui concerne l'hypothèse formulée, l'analyse des données recueillies suite à la première année d'exercice des PES ayant suivi l'UE d'initiation à la recherche à partir de l'OR1 met en évidence qu'une entrée par la recherche dans la formation peut avoir des effets favorables :

- un changement probable du regard des PES sur la formation, malgré des contraintes très fortes lors de l'année de formation,
- le développement d'une certaine vigilance didactique, en lien avec l'usage des d'outils conceptuels fondés sur des résultats de recherche en didactique, mobilisés pour résoudre les types de tâches proposés dans l'OR1, même si ce résultat reste à étayer.

Il est important d'étudier la stabilité d'un tel développement à moyen terme puis à plus long terme puis de le comparer aux PES du groupe témoin, ce que nous n'avons pas encore réalisé.

3. *… et des effets sur la formation*

La recherche engagée a apporté des effets concrets sur la formation en faisant évoluer la maquette de l'OR1 pendant l'année 2013-2014 : la réflexion sur les contenus et les modalités de la formation par l'initiation à la recherche, et leurs effets potentiels, nous a ainsi amenés à repenser notre offre de formation pour y faire figurer un ensemble de types de tâches en lien avec la couverture de notre référentiel, en ayant plus que jamais à l'esprit, pour chaque séance proposée, les activités enseignantes visées et les besoins des futurs PES.

REFERENCES

Brousseau G. (2011) *La théorie des situations didactiques en mathématiques* (Vol. 5, No. 1, pp. 101-104). Presses universitaires de Rennes.

Butlen D., Masselot P., Pezard M. (2003) De l'analyse des pratiques effectives de professeurs d'école débutants nommés en ZEP/ REP à des stratégies de formation, *Recherche et formation* (44), 45-61.

Charles-Pezard M. (2010) Installer la paix scolaire, exercer une vigilance didactique, *Recherches en Didactique des mathématiques* 30(2), 197- 261

Chevallard Y. (1998) Analyse des pratiques enseignantes et didactiques des mathématiques : L'approche Anthropologique. La notion d'organisation praxéologique. Analyse des pratiques enseignantes et didactiques des mathématiques. Actes de l'Université d'été de didactique de La Rochelle, 119-140.

Chevallard Y. (1999) L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique, *Recherches en Didactique des Mathématiques* 19(2), 221-266.

Chevallard Y. (1985) *La transposition didactique* (Vol. 95). Grenoble: La pensée sauvage.

Grugeon-Allys B. (2010) Evolution des pratiques des professeurs débutants de mathématiques pendant les premières années d'exercice, In Goigoux R., Ria L., Toczek-Capelle M.C. (eds), *Les parcours de formation des enseignants débutants*, Presses Universitaires Blaise Pascal. ISBN 978-2-84516-401-7.

Grugeon B. (2008) Quelle évolution des pratiques d'un professeur stagiaire de mathématiques pendant son année de formation à l'IUFM. In Vanderbrouck F. (ed.), *La classe de mathématiques : activité des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 328-366). Toulouse : Octarès. ISBN 978-2-915346-59-6

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), 287-322.

Paries M., Robert A., Rogalski J. (2008) Analyses de séances en classe et stabilité des pratiques d'enseignants de mathématiques expérimentés du second degré. *Educational studies in mathematics*, 68(1), 55-80.

Robert A., Rogalski J. (2002) Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. *La revue canadienne des sciences, des mathématiques et des technologies* 2.4, 505-528.

Robert A., Horoks J. (2007) Tasks Designed to Highlight Task-Activity Relationships. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 10(4-6), 279–287.

Robert A., Roditi E., Grugeon B. (2008) Diversité des offres de formation et travail du formateur de professeurs de mathématiques du secondaire. *Petit x* (74), 60-90.

Rogalski J., (2008) Le cadre général de la théorie de l'activité : une perspective de psychologie ergonomique, in F. Vanderbrouck (eds), *La classe de mathématiques : activité des élèves et pratiques des enseignants* pp. 23-30. Toulouse : Octarès.

Sayac N. (2012) Pratiques de formateurs en mathématiques dans le premier degré. *Les savoirs de la formation* (71), 115-130.

Pluralités culturelles et universalité des mathématiques :
enjeux et perspectives pour leur enseignement
et leur apprentissage

espace mathématique francophone
Alger : 10-14 Octobre 2015

CONCEPTION ET EXPLOITATION D'UN DIAGNOSTIC EN MATHÉMATIQUES À L'ENTRÉE EN FORMATION INITIALE DES ENSEIGNANTS DU PREMIER DEGRE POUR ORGANISER DES STRATÉGIES DE FORMATION

Julia PILET[*] – Brigitte GRUGEON-ALLYS[**] [1]

Résumé – Dans cette communication, nous présentons notre approche théorique et méthodologique pour concevoir une évaluation diagnostique en mathématiques au service de la formation que nous illustrons dans le domaine de la géométrie. Nous illustrons ensuite les résultats de l'évaluation passée par les étudiants des groupes de formation sur les sites de formation de l'ESPE de l'académie de Créteil (pourcentage de réussite, profils des étudiants sur quatre domaines mathématiques). Nous explicitons nos choix d'enseignement pour faire évoluer le rapport des étudiants aux mathématiques et développer des savoirs mathématiques et didactiques en lien avec leur profession.

Mots-clefs : Diagnostic, Evaluation, formation initiale des professeurs d'école, Régulation et personnalisation des apprentissages, Didactique des mathématiques.

Abstract – In this paper, we present our theoretical and methodological approach to design a diagnostic assessment in mathematics at the service of the training which we illustrate in the field of geometry. Then, we illustrate the results of the assessment passed by students training groups on training sites of the ESPE of Academy of Créteil (success rate, student profiles on four mathematical domains). We explain our choices of education to change the views of students on mathematics and develop mathematical and didactic knowledge related to their profession.

Keywords: Diagnosis, Assessment, Initial training of school teachers, Personalization of learning, Mathematics Education

Cette communication s'inscrit dans l'axe « dispositif de formation » du groupe de travail GT2. Nous y présentons le dispositif ORPPELA conçu dans le cadre d'un dispositif IDEA[2] de l'Université Paris-Est Créteil visant à « **Organiser une Progressivité des Parcours de formation des Etudiants en master Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation (MEEF) et leur Accompagnement** » en mathématiques. Ce projet s'inscrit dans

[*] Université Paris Est Créteil – France – julia.pilet@u-pec.fr
[**] Université Paris Est Créteil – France – brigitte.grugeon-allys@u-pec.fr

[1] Cette recherche est réalisée dans le cadre du projet IDEA *ORPPELA,* à l'ESPE de Créteil – Université Paris Est Créteil, coordonné par B. Grugeon-Allys avec l'équipe des enseignants C. Moussy, M-C. Marillier, B. Galin, F. Brugier, et enseignants chercheurs, J. Pilet et J. Horoks. http://espe.u-pec.fr/l-espe/innovation-pedagogique/projet-orppela-organiser-une-progressivite-des-parcours-de-formation-des-etudiants-en-master-metiers-de-l-education-et-de-la-formation-et-leur-accompagnement-682061.kjsp?RH=1412862302533

[2] Dans le cadre des Initiatives d'Excellence en Formations innovantes (IDEFI) du Programme Investissements d'Avenir, Université Paris-Est met en oeuvre le dispositif IDEA.

Pilet J., Grugeon-Allys B. (2015) Conception et exploitation d'un diagnostic en mathématiques à l'entrée en formation initiale des enseignants du premier degré pour organiser des stratégies de formation. In Theis L. (Ed.) *Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage* – Actes du colloque EMF2015 – GT2, pp. 185-198.

le contexte spécifique de la formation initiale des enseignants du premier degré de l'académie de Créteil en France.

Depuis 2009, la formation initiale des enseignants se déroule dans le cadre d'un master dont la mention est « Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation » (MEEF). Ce master prépare aux métiers de l'éducation et au concours de recrutement des professeurs des écoles. Les étudiants de l'académie de Créteil sont pour la plupart issus de filières non scientifiques et ont souvent un passé douloureux avec les mathématiques. De plus, de nombreux étudiants reprennent des études dans le cadre d'une reconversion professionnelle. La formation a pour enjeu de faire évoluer leur rapport aux mathématiques, de leur permettre de construire les savoirs mathématiques et didactiques nécessaires à la profession mais aussi de leur redonner le goût et l'envie de faire des mathématiques pour qu'ils le transmettent à leurs élèves.

Cette spécificité de l'hétérogénéité importante des étudiants de l'académie de Créteil se destinant aux métiers de l'enseignement nous a conduit à développer un dispositif de formation plus attentif aux parcours antérieurs et à la diversité des profils des étudiants. Ce dispositif vise à concevoir et mettre en place, d'une part, une évaluation diagnostique des connaissances et compétences des étudiants en mathématiques à l'entrée du master MEEF, et, d'autre part, des stratégies de formation adaptées aux acquis et besoins d'apprentissage repérés des étudiants. Un autre enjeu concerne le développement de l'autonomie des étudiants.

Dans cette communication, nous présentons notre approche théorique et méthodologique pour concevoir une évaluation diagnostique en mathématiques au service de la formation. Nous illustrons dans le domaine de la géométrie. Nous présentons ensuite les résultats de l'évaluation passée par les étudiants des groupes de formation sur les sites de formation de l'ESPE de l'académie de Créteil (pourcentage de réussite, profils des étudiants sur quatre domaines mathématiques). Nous terminons par nos choix d'enseignement pour faire évoluer le rapport des étudiants aux mathématiques et développer des savoirs mathématiques et didactiques en lien avec leur future profession.

I. UN REFERENTIEL POUR CONCEVOIR LE TEST ET DECRIRE LE PROFIL DES ETUDIANTS PAR DOMAINE MATHEMATIQUE ETUDIE

1. Les domaines mathématiques retenus

Nous avons retenu quatre domaines mathématiques dans le test : celui de la géométrie, celui des nombres et de l'arithmétique en primaire, celui de l'algèbre et celui de la proportionnalité et des fonctions. Ces domaines structurent les programmes mathématiques français et leur maîtrise tant mathématique que didactique est au cœur du développement professionnel des futurs enseignants. Même si le domaine de l'algèbre n'est pas au programme de l'école primaire, nous l'avons conservé dans le test parce qu'un certain nombre de travaux de didactique des mathématiques (Chevallard 1985, 1989 ; Grugeon 1997) soulignent le rôle de l'algèbre pour étudier les nombres, les opérateurs et leurs propriétés. De plus, le domaine des grandeurs et mesure n'est pas traité à part entière dans la version actuelle du test. Plusieurs exercices de géométrie et de proportionnalité y font néanmoins appel.

2. Cadrage général du référentiel par domaine

Pour chaque domaine, nous établissons une référence afin de situer les connaissances et compétences des étudiants dans un domaine mathématique donné. Cette démarche s'appuie sur les travaux de Grugeon (1997), Chenevotot, Grugeon et Delozanne (2011), Grugeon-Allys, Pilet, Chenevotot-Quentin, Delozanne (2012) qui, depuis une vingtaine d'années, développent une évaluation diagnostique, *Pépite*, des connaissances et des compétences en algèbre des élèves de fin de scolarité obligatoire en France pour organiser la régulation des apprentissages. Dans ces travaux, l'évaluation Pépite a une fonction diagnostique et formative, au service des apprentissages. Nous fondons le diagnostic dans une approche épistémologique, didactique et cognitive du savoir et non dans une approche psychométrique. Cette approche permet une analyse de réponses des élèves qui dépasse une analyse en termes de « réponse correcte » ou « incorrecte » et de pourcentage de réussite sur l'ensemble du test. En effet, à partir de travaux de didactique de l'algèbre (Chevallard 1985, 1989), Grugeon a modélisé l'algèbre comme un outil pour résoudre des problèmes mettant en jeu différents traitements algébriques (généralisation, modélisation, preuve), et un ensemble d'objets (expressions algébriques, équations, fonctions, etc.) auxquels sont associés plusieurs représentations sémiotiques (écritures algébriques, programmes de calculs, graphes, etc.). Cette référence permet d'évaluer les différents aspects de l'activité algébrique. Cette approche rejoint le point de vue développé par Vergnaud (1990) à travers les champs de conceptuels :

> « Un concept ne peut être réduit à sa définition, du moins si l'on s'intéresse à son apprentissage et à son enseignement. C'est à travers des situations et des problèmes à résoudre qu'un concept acquiert du sens » (p.135).

C'est pourquoi l'évaluation *Pépite* est construite, d'une part, à partir d'un ensemble d'exercices qui recouvrent les types de problèmes du domaine de l'algèbre et, d'autre part, d'une analyse des réponses des élèves en fonction de plusieurs dimensions, définies *a priori*, pour caractériser la nature des procédures mises en œuvre par l'élève. Cette analyse, dite « locale », est suivie d'une analyse « globale et transversale », sur l'ensemble des questions du domaine. Elle consiste à repérer des cohérences de fonctionnement de l'élève, c'est-à-dire des régularités de fonctionnement dans le domaine considéré. Dans le cas d'un fonctionnement erroné, ces cohérences peuvent être associées à des erreurs « récurrentes » ou reproductibles dans un contexte proche. Cette analyse globale est directement liée à la notion de champ conceptuel : « Il est nécessaire, pour comprendre le développement et l'appropriation des connaissances, d'étudier des ensembles assez vastes de situations et de concepts, c'est-à-dire des champs conceptuels. Etudier l'apprentissage d'un concept isolé, ou d'une technique isolée, n'a pratiquement pas de sens. » (Vergnaud 1986, p.28).

Grugeon (1997) a modélisé le profil des élèves en algèbre, point d'appui pour faciliter la construction de séquences afin de permettre aux élèves de comprendre les limites de certaines procédures et de reconstruire des connaissances (Pilet 2012). Dans l'évaluation diagnostique à destination des futurs enseignants de primaire, nous reprenons cette approche en modélisant chaque domaine par un champ conceptuel pour établir un référentiel. Cette démarche offre de plus la possibilité de questionner le transfert du modèle du test Pépite à d'autres domaines que celui de l'algèbre et à un niveau scolaire supérieur que celui du collège.

Chaque domaine s'organise donc autour de :

- La résolution des problèmes (aspect outil) qui donnent du sens aux concepts (référent),
- La construction et le traitement des propriétés des concepts mobilisés lors de la résolution (aspect objet – signifié),
- Les liens entre différentes représentations sémiotiques (signifiants) associés à différents registres de représentation sémiotique.

Le référentiel développé consiste à définir trois niveaux de conceptualisation sur chaque dimension. Leur définition s'appuie sur l'étude de l'évolution des conceptions des élèves en lien avec des ruptures d'ordre épistémologique du côté des connaissances et du côté des démarches et des raisonnements au cours de l'apprentissage. Elle s'appuie également sur l'étude des difficultés liées à des décalages de l'activité mathématique attendue lors de la transition entre institutions (école/collège, collège/lycée, lycée/université). Chaque niveau donne des indicateurs pour situer le développement conceptuel d'un étudiant dans un domaine donné. Ces indicateurs traduisent des cohérences de fonctionnement dominantes sur l'ensemble des exercices du domaine. Nous illustrons notre démarche pour le domaine de la géométrie.

3. Le référentiel pour la géométrie

Dans la recherche en didactique de la géométrie, Houdement et Kuzniak (1999, 2006) ont travaillé la question du rapport entre l'espace physique et l'espace géométrique et ont montré que des difficultés d'apprentissage proviennent souvent d'une confusion entre les savoirs issus de l'expérience directe avec le monde réel et les savoirs géométriques. Dans l'enseignement de la géométrie, même si les objets géométriques étudiés sont communs de la maternelle au lycée, le rapport à ces objets évolue et provoque des ruptures de contrats. Dès l'école maternelle, c'est une géométrie de la perception qui est mise en jeu. La validation se fait par ce que « l'on voit ». Puis, à l'école élémentaire, les élèves rencontrent une première rupture avec la géométrie perceptive. La validation ne se fait plus seulement par la perception mais par les instruments (compas, règle, équerre, rapporteur). Houdement et Kuzniak parlent de géométrie naturelle, dans laquelle la validation « s'exerce prioritairement sur des objets matériels à l'aide de la perception et de la manipulation d'instruments » (Houdement & Kuzniak 1999, p.12). C'est ensuite à partir de la classe du collège que les élèves sont amenés à passer d'une vision de la géométrie instrumentale à la géométrie du raisonnement qui sera la base dans les classes de l'enseignement secondaire. Cette géométrie, appelée « géométrie axiomatique naturelle » par Houdement et Kuzniak, est déductive ; elle consiste à démontrer à partir des données de l'énoncé et des propriétés mathématiques. Du point de vue de leurs connaissances mathématiques, les étudiants doivent distinguer géométrie naturelle et géométrie axiomatique naturelle. En particulier, pour l'épreuve du concours, ils devront résoudre un ou des problèmes mettant en jeu un raisonnement déductif. Du point de vue de leurs connaissances didactiques, la formation vise à leur faire comprendre que pour enseigner la géométrie en primaire ils auront à accompagner les élèves à des changements de contrat pour passer progressivement d'une géométrie où les objets et leurs propriétés sont contrôlés par la perception à une géométrie où ils le sont par explicitation de propriétés et recours à des instruments. Les principaux types de tâches sont les tâches de reconnaissance, reproduction, construction de figure, description d'une figure ou production d'un programme de construction.

Le référentiel reprend ces distinctions pour définir une échelle de conceptualisation des objets de la géométrie selon trois dominantes :

- Géométrie dominante A : connaissances et compétences liées majoritairement à une géométrie du raisonnement déductif ;

- Géométrie dominante B : connaissances et compétences liées majoritairement à une géométrie instrumentée ou à une géométrie du raisonnement déductif souvent incorrect ;

- Géométrie dominante C : connaissances et compétences liées majoritairement à une géométrie perceptive.

Lorsqu'aucun fonctionnement dominant n'apparaît, nous parlons de niveau instable, noté niveau I, Nous illustrons dans le tableau 1, la description d'une dominante sur chaque composante et renvoyons à l'annexe pour celle des autres niveaux.

Composante d'analyse	Niveau C
Résolution de problèmes (reconnaissance, reproduction construction, démonstration)	Capable de reconnaître globalement des données du problème, d'avoir une idée de la démonstration (« je vois que »), mais sans pouvoir l'opérationnaliser dans une démarche instrumentée ou un raisonnement déductif.
Interprétation et traitement de figures	Capable de reconnaître une figure à partir d'une appréhension perceptive ou opératoire à partir de la forme, voire de propriétés globales. Des difficultés peuvent rendre difficile la distinction entre les propriétés spatiales et géométriques d'une figure.
Gestion des représentations sémiotiques	Capable d'avoir une vision globale d'une figure. Des difficultés pour distinguer une figure et ses dessins dans différentes positions, d'articuler différentes représentations sémiotiques (dessins, dessins codés, programme de construction, texte en langue naturelle, etc.)

***Tableau 1** – Référentiel pour le niveau C en géométrie*

L'évaluation diagnostique que nous avons conçue établit sur chaque domaine les traits dominants de conceptualisation de l'étudiant que nous appelons *profil* de l'étudiant.

II. L'EVALUATION DIAGNOSTIQUE

Nous présentons dans ce paragraphe l'évaluation diagnostique à destination des étudiants de première année du master MEEF.

1. La répartition des exercices par domaine

Nous avons constitué l'évaluation d'exercices représentatifs des quatre domaines mathématiques pour déterminer des caractéristiques du développement conceptuel des étudiants dans ces domaines. Le test est prévu pour une durée d'une heure de passation. Comme le montre le tableau 2, il est composé de 29 exercices répartis en une moitié sur le numérique, un cinquième sur la géométrie, autant sur la proportionnalité et sur l'algèbre. Les exercices sont pour la plupart sous forme de QCM ce qui permet un traitement informatique. Certaines sont ouvertes (6/29) : les étudiants doivent soit entrer un nombre soit un raisonnement. Dans ce dernier cas les questions sont codées par un humain et non par une machine.

Domaine	Nombre d'exercices
Géométrique	6/29
Numérique	14/29
Proportionnalité et fonction	5/29
Algébrique	4/29

***Tableau 2** – Répartition des exercices du diagnostic par domaine*

2. L'analyse des réponses : du codage des réponses au profil de l'étudiant

L'évaluation comprend deux étapes pour l'analyse des réponses des étudiants qui correspondent aux analyses locale et globale du test Pépite.

La première analyse est locale. Pour chaque exercice les solutions possibles sont déterminées à partir d'une analyse *a priori* et chacune est associée à une des trois dominantes de conceptualisation du domaine. L'analyse et le codage sont donc réalisés non seulement en termes de réponse correcte ou incorrecte mais également en fonction des démarches, des raisonnements et des représentations mobilisés.

La seconde analyse est transversale pour l'ensemble des questions de chaque domaine. Nous avons conçu un algorithme qui calcule pour chaque domaine le nombre de codage *a*, *b* ou *c* issus de l'analyse locale. Le nombre le plus important permet de positionner l'étudiant par rapport aux dominantes définies en référence. Cette analyse est renvoyée à l'étudiant accompagnée du pourcentage de questions répondues par rapport aux nombres de questions posées.

3. Un exemple d'analyse locale sur une question de géométrie

Nous illustrons ici l'analyse locale d'un problème de géométrie qui consiste à repérer si l'étudiant sait déterminer la nature d'un triangle à partir d'un codage sur un dessin à main levée. L'énoncé de ce problème est présenté en figure 1.

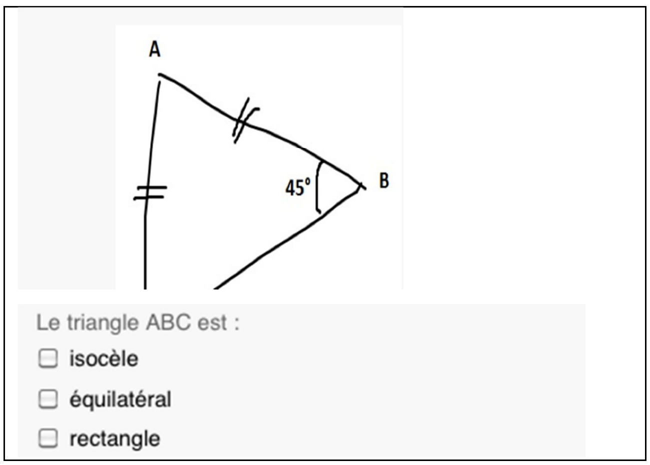


Figure 1 – *Un exemple d'exercice de géométrie dans un problème*

Le triangle ABC est isocèle. Cette propriété est repérable directement à partir de l'interprétation du codage et le dessin vient appuyer cette propriété. Il est également rectangle mais le dessin ne représentant pas cette propriété, seule la démonstration à partir du codage permet de répondre. Le triangle n'est pas équilatéral mais le dessin est trompeur puisqu'il pourrait donner à penser que les trois côtés sont égaux. Nous présentons dans le tableau 3 les réponses anticipées qui découlent de cette analyse.

Réponse	**Niveau de conceptua-lisation**	**Analyse didactique**
Isocèle et rectangle	*a*	Réponse correcte. Appui sur un raisonnement déductif pour calculer la mesure de l'angle A.
Isocèle	*b*	Appui sur le codage mais pas de raisonnement à partir de l'angle pour démontrer que le triangle est rectangle.
Rectangle	*b*	Raisonnement à partir du codage du triangle isocèle et des propriétés sur la somme des angles d'un triangle pour démontrer que le triangle est rectangle. Plusieurs hypothèses pour expliquer que le fait que « isocèle » n'a pas été coché : - l'étudiant considère qu'un triangle ne peut être isocèle et rectangle en même temps ; - l'étudiant considère que la propriété d'être un triangle rectangle l'emporte sur celle d'être isocèle.
Equilatéral	*c*	Géométrie perceptive globale. Pas de raisonnement à partir du codage.

		L'étudiant ne sait pas qu'un triangle équilatéral a tous ses angles de 60°.
Isocèle et équilatéral	*c*	Géométrie perceptive. Utilisation du codage pour l'égalité sur la longueur de deux côtés mais utilisation du perceptif pour le troisième côté. L'étudiant ne sait pas qu'un triangle équilatéral a tous ses angles de 60°.
Rectangle et équilatéral	*c*	Géométrie perceptive et contradiction.

Tableau 3 *– Analyse anticipée et codage sur un exercice de géométrie du test*

Ainsi la méthodologie de conception de l'évaluation diagnostique s'organise selon les étapes suivantes : choix d'exercices qui recouvrent le domaine de la géométrie, établissement d'indicateurs à partir d'une analyse *a priori* des réponses envisageables pour déterminer des profils. Même si le nombre d'exercices du test est assez faible nous considérons toutefois que leur choix et l'analyse des réponses le rendent opératoire pour établir ce que nous appelons les profils « dominants » des étudiants. L'objectif est de permettre ici l'organisation d'une stratégie de formation appuyée sur les besoins d'apprentissage repérés en géométrie, la mise en évidence des changements de contrat en géométrie, les limites des démarches en géométries perceptive et instrumentée pour démontrer des propriétés géométriques.

III. ANALYSE DES RESULTATS ET CONCEPTION DE STRATEGIES D'ENSEIGNEMENT ADAPTEES

1. Les profils des étudiants pour l'année 2014-2015

A l'entrée 2014, 490 étudiants de l'académie de Créteil ont passé le test dès leur entrée à l'ESPE. Le tableau 4 présente la répartition des différents profils sur les quatre domaines suite à l'analyse de leurs réponses.

Domaines	**Numérique**		**Algèbre**		**Géométrie**		**Proportionnalité**	
%Réponse	96		83		96		97	
%Réussite	59		40		35		46	
	%	**Effectif**	**%**	**Effectif**	**%**	**Effectif**	**%**	**Effectif**
Profil A	63%	309	20%	100	7%	36	33%	163
Profil B	0%	0	9%	44	3%	14	1%	4
Profil C	17%	82	57%	277	46%	225	47%	230
Profil I	20%	99	14%	69	44%	215	19%	93

Tableau 4 *– Répartition des profils des 490 étudiants sur quatre domaines*

Ce tableau montre la disparité des connaissances des étudiants en mathématiques mais aussi les dominantes fortes qui ressortent. 17% des étudiants sont en profil C dans le numérique, c'est-à-dire qu'ils ont une connaissance fragile de la numération décimale, des décimaux et des fractions et qu'ils rencontrent des difficultés à utiliser les notions numériques de base dans la résolution de problèmes numériques. Près de la moitié des étudiants sont en profil C en géométrie et en proportionnalité et seuls 20% utilisent l'algèbre dans la résolution de problèmes nécessitant son usage. De plus, des analyses supplémentaires de ces données indiquent que 30% des étudiants ont le profil C dans deux domaines et 10% dans trois domaines. Ces résultats montrent la nécessité de mettre en place une formation qui prenne en compte les besoins d'apprentissage des étudiants dans les différents domaines mathématiques.

Chaque étudiant reçoit des éléments sur son profil dans chaque domaine mathématique. Voici un exemple de profil d'un étudiant en géométrie (tableau 5) :

Géométrie		
Pourcentage de réponses aux questions du domaine	Pourcentage de réponses correctes parmi les questions traitées dans le domaine	Profil du domaine
100%	36%	B

Connaissance fragile des propriétés des figures géométriques, des différents modes de représentation. Distinction entre une figure et ses dessins connue mais peu articulée avec les propriétés. Démonstration de propriétés géométriques ne s'appuyant pas toujours sur un raisonnement déductif.

Tableau 5 ***–****Profil d'un étudiant en géométrie*

2. *Nos principes de formation*

Notre stratégie de formation consiste à proposer des situations d'introduction clefs, avec des variables didactiques bien choisies afin de permettre aux étudiants des profils B et C de comprendre les limites de leurs démarches et raisonnements en fonction du problème et du contexte, de les remettre en question. La formation vise aussi à motiver la reprise et la construction de notions mathématiques, les modes de formulation, validation et de justification dans une vision globale d'une culture mathématique et de préparation au concours de recrutement des professeurs des écoles. En effet, nous faisons l'hypothèse qu'il est nécessaire de proposer des situations pour faire remettre en question des conceptions erronées ou rapports personnels inadaptés des futurs enseignants à des objets de savoir pour donner des raisons d'être à certaines notions et les faire fonctionner en tant qu'*outil* avant de les institutionnaliser comme *objet* (Douady 1987). Ces stratégies s'inscrivent dans les travaux de Charnay (1995) sur la gestion de l'hétérogénéité des apprentissages. De plus, pour tous les étudiants, en particulier les étudiants de niveau A, ces situations doivent les conduire à une première réflexion didactique sur les notions étudiées et à un premier développement de compétences professionnelles.

La gestion en travaux dirigés de ces séances est essentielle pour assurer la prise en charge des connaissances hétérogènes des étudiants en référence aux objectifs visés. La mise en œuvre de ces situations vise à amener les étudiants à chercher des solutions puis à en débattre. Une fois qu'ils ont trouvé une solution, nous leur proposons de la présenter en classe entière et d'argumenter leur point de vue. Ces temps de mise en commun avec confrontation des procédures et des raisonnements mis en œuvre par les étudiants, validation et hiérarchisation des procédures, sont l'occasion d'interroger les connaissances et compétences erronées. Ils sont suivis d'une institutionnalisation des savoirs visés. Ce retour sur leurs productions vise également à permettre à des étudiants, seuls, parfois perdus en mathématiques et peu enclins à s'engager dans la résolution de problèmes, à reprendre l'envie et le goût du raisonnement en mathématiques.

Ainsi les profils des étudiants sont pris en compte en amont, dès la conception des séquences, à la fois en ce qui concerne la nature des situations proposées que leur gestion. Nous n'avons pas fait le choix d'une formation qui proposerait des exercices différents en fonction des profils parce que nous pensons que tous les étudiants tirent parti des situations clefs puisqu'elles permettent le plus souvent d'aborder des raisons d'être des notions mathématiques comme des notions didactiques. Toutefois, les feuilles d'exercices proposées en travaux dirigés contiennent plus d'exercices que ce qui est traité en présentiel, ce qui permet aux étudiants qui auraient terminé avant les autres, d'avancer à leur rythme, mais aussi de donner des exercices plus ciblés aux étudiants de profil C. Notre stratégie de formation est également liée aux modalités de formation que nous mettons en place.

3. *Nos modalités de formation*

La stratégie de formation s'appuie sur le choix de situations ciblées, comme nous venons de le présenter, ainsi que sur des modalités spécifiques de formation que nous expliquons aux étudiants dès la mise en place du contrat de formation. Ces modalités utilisent la plateforme EPREL de l'université Paris-Est-Créteil à travers laquelle nous ouvrons des espaces en ligne, vers des documents et communiquons avec nos étudiants.

Chaque semestre est découpé en plusieurs séquences concernant les thèmes mathématiques des programmes (nombres et numération décimale, géométrie, grandeurs, etc.). Pour chaque séquence, la formation s'organise selon le même modèle.

Des exercices préparatoires avec correction ainsi qu'une synthèse des savoirs et savoir-faire indispensables à la suite de la formation sont proposés aux étudiants avant la séquence en présentiel. Les étudiants (dominante C) peuvent ainsi travailler les prérequis. Ils ne sont pas abordés en travail dirigé sauf si les étudiants demandent d'y revenir.

Une feuille d'exercices mathématiques et didactiques est distribuée en TD. Elle contient plusieurs situations clefs pour remettre en question des rapports inadaptés aux savoirs mathématiques. Elle contient également des exercices d'entrainement de difficulté croissante. Toutes les corrections des exercices sont déposées sur EPREL à la fin du TD ainsi qu'un document de cours reprenant les différentes notions mathématiques et didactiques[3] qui sert de point d'appui à l'institutionnalisation des savoirs. Les feuilles d'exercices sont régulièrement complétées de devoirs à faire à la maison. Nous accompagnons les documents déposés sur EPREL d'un forum afin que les étudiants puissent poser des questions aux formateurs. Cela permet de réguler l'enseignement à distance et si besoin de revenir sur certains aspects des notions abordées en TD.

Nous organisons de plus des séances dédoublées avec deux formateurs. Ces séances sont l'occasion de répondre plus spécifiquement aux besoins des étudiants, de les accompagner davantage et de répondre à leur question individuellement. Nous organisons également des entretiens avec les étudiants qui le souhaitent afin de répondre à leurs questions (par exemple sur une de leur production) et de les aider à organiser leur travail personnel.

4. *Un exemple de stratégie de formation en géométrie*

La séquence de géométrie plane[4] s'organise en trois séances de trois heures. Avant la séquence, les étudiants ont pu travailler des notions et constructions de base, comme savoir tracer une perpendiculaire ou une parallèle à une droite passant par un point avec l'équerre, ou encore reconnaître des droites perpendiculaires ou parallèles dans des positions non prototypiques.

Comme près de la moitié des étudiants (cf. tableau 4) travaille en géométrie perceptive ou instrumentée la première séance vise à montrer les limites de ces géométries pour reproduire puis démontrer des propriétés. Il s'agit d'abord d'une tâche de reconnaissance de figures puis d'une tâche de reproduction de figure dont l'énoncé est présenté en figure 2 qui nécessite de retrouver le centre d'un cercle et donc d'utiliser des propriétés géométriques (caractérisation d'un cercle et point de concours des médiatrices d'un triangle).

[3] Ces documents peuvent être proposés préalablement au TD en fonction des contraintes de temps.
[4] Nous n'abordons pas ici les théorèmes de Pythagore, de Thalès.

Ex 1.2 : Reproduction de figure

L'objectif de cette activité est de reproduire la figure ci-dessous sur une feuille de papier blanc, en respectant les consignes suivantes :

- les seuls instruments disponibles sont la règle non graduée et le compas,
- le papier calque n'est pas autorisé,
- en revanche, il est possible d'écrire et de rajouter des tracés et des traits de construction sur le dessin à reproduire.

Modalités de travail :

- Vous effectuez individuellement la recherche.
- Vous effectuez la vérification lorsque vous serez sûr de vous. Pour valider votre reproduction, vous superposez la figure obtenue à l'original : elles doivent se correspondre complètement.

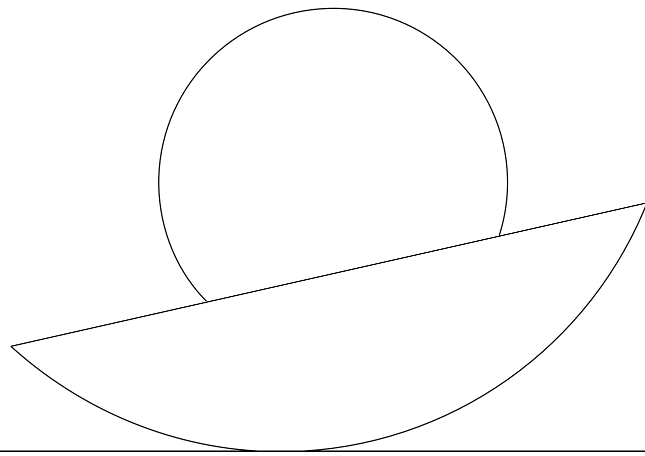


Figure 2 – *Reproduction d'une figure*

Cette situation a donc un double objectif. D'une part, amener les étudiants qui privilégient le perceptif et la mesure à prendre conscience des limites de ce rapport aux objets de la géométrie, les amener à distinguer les propriétés spatiales des propriétés géométriques et faire émerger les procédés de construction. D'autre part, cette situation est une première rencontre avec des connaissances didactiques sur l'enseignement de la géométrie à l'école en cycle 3 et au collège. Elle est l'occasion d'amener les étudiants à travailler l'implicite des dessins, à comprendre la nécessité de prendre des informations supplémentaires (ajout de tracé, de points), de coder les figures, de distinguer les propriétés spatiales des propriétés géométriques, de préciser le vocabulaire géométrique, de percevoir l'insuffisance de l'essai pour reproduire et la nécessité de s'appuyer sur des propriétés géométriques. Cette première séance de trois heures est suivie d'exercices d'entrainement mettant principalement en jeu la construction de figures en lien avec leur caractérisation géométrique.

Les séances suivantes visent à conduire les étudiants à distinguer différentes descriptions d'une figure (texte ou programme de construction) et leurs conséquences sur sa construction, à distinguer conjecture et démonstration. La situation d'introduction de la séance 2 porte sur la description d'une figure géométrique et sur sa construction à partir d'une description. La consigne est la suivante : donnez une suite d'instructions pour qu'une personne qui n'a pas vu cette figure puisse refaire une figure analogue. Les instruments autorisés sont le compas et la règle non graduée.

La situation de type émetteur-récepteur amène les étudiants à analyser une figure pour réaliser une prise d'informations efficace pour sa construction en distinguant les propriétés spatiales des propriétés géométriques et à déterminer les conditions nécessaires et suffisantes pour une description opératoire (programme de construction). Dans la troisième séance nous amenons les étudiants à distinguer ce qui relève d'une conjecture ou d'une démonstration, à remettre en cause des propriétés alors qu'à l'évidence elles semblent vraies. Il s'agit d'amener les étudiants à déterminer les conditions nécessaires et suffisantes d'un raisonnement déductif en utilisant les propriétés des figures géométriques en jeu dans des exercices de difficulté progressive (Duval 1993, 2000).

IV. CONCLUSION

L'évaluation diagnostique que nous avons construite pour repérer les connaissances apprises des étudiants à l'entrée en formation initiale des enseignants de primaire est fondée sur une analyse épistémologique, didactique et cognitive sur chaque domaine mathématique considéré. Cette approche permet de définir un référentiel des connaissances et compétences pour chaque domaine mathématique et donc de situer les connaissances et compétences des étudiants par rapport à ce référentiel. Au delà d'une évaluation en termes échec / réussite, cette évaluation de type formatif permet de déterminer les besoins d'apprentissage des étudiants et d'adapter des stratégies de formation, en amont de la formation. Le choix des exercices diagnostiques et l'analyse anticipée des réponses possibles sont fondés par ce référentiel.

Les résultats d'une cohorte d'étudiants de l'académie de Créteil à ce test mettent bien en évidence l'hétérogénéité des profils des étudiants dans les quatre domaines mathématiques. Nous avons explicité nos stratégies de formation pour permettre de gérer cette hétérogénéité et permettre aux étudiants de faire évoluer leur rapport aux mathématiques et de favoriser leur développement professionnel.

Suite à un questionnaire passé auprès des étudiants, 76 étudiants ont répondu (voir annexe 2). 70% des étudiants qualifient le test de très utile ou d'indispensable pour situer leurs connaissances et leurs compétences par rapport à celles attendues et pour mieux cibler leurs besoins d'apprentissage. Les situations et exercices proposés lors des TD semblent globalement adaptés à 80% dans l'ensemble des domaines traités. En revanche, seuls 58% jugent ces TD utiles ou très utiles pour revenir sur leurs erreurs et 64% utiles ou très utiles pour comparer des procédures et des raisonnements.

Les formateurs en particulier les nouveaux formateurs pointent le fort potentiel de l'approche épistémologique, didactique de l'évaluation pour développer ces stratégies de formation. Voici deux bilans de nouveaux formateurs, du point de vue des étudiants :

> « Les avis des étudiants sont très bons. Ils ont redécouvert le plaisir du travail, se sont accrochés malgré beaucoup de difficultés en maths souvent. (…) Il y a eu beaucoup de remise en confiance sur leurs propres qualités en maths. Ils constatent beaucoup de progrès sur l'organisation de la pensée et la compréhension du "faire des maths". »

> « Mise ou remise en confiance d'un certain nombre d'entre eux : les activités proposées, les discussions sur les différentes procédures mises en œuvre ont permis de faire de la « didactique active », de gérer l'hétérogénéité et de montrer de façon pratique ce qui pouvait être fait en classe (en transposant pour des enfants bien sûr). Plusieurs ont témoigné à plusieurs reprises que signifie «faire des mathématiques » n'est pas qu'un apprentissage de règles qui n'ont qu'une fonction dans une logique interne des mathématiques totalement mystérieuses, mais que cela a un sens et que l'on peut y prendre un peu goût. »

Nos perspectives concernent maintenant le suivi des étudiants et l'analyse de l'apport effectif de ces stratégies de formation dans leur évolution du rapport à la géométrie et leur développement professionnel à court terme et éventuellement à long terme.

REFERENCES

Charnay R. (1995) De la diversité. Dans R. Charnay et al. (Eds.), *Chacun, tous... Différemment ! Différenciation en mathématiques au cycle des apprentissages* (p. 9-29). Lyon : I.N.R.P.

Chevallard Y. (1985) Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège - Première partie. L'évolution de la transposition didactique. *Petit x* n°5, 51-94.

Chevallard Y. (1989) Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège - Deuxième partie. Perspectives curriculaires : la notion de modélisation. *Petit x* n°19, 43-75.

Chenevotot-Quentin F., Grugeon B., Delozanne E. (2011) Vers un diagnostic cognitif dynamique en algèbre élémentaire. In Kuzniak A., Sokhna M. (Eds.) *Actes du colloque Espace Mathématique Francophone EMF2009, Enseignement des mathématiques et développement : enjeux de société et de formation (827842). Dakar, Sénégal, du 5 au 10 avril 2009.*

Douady R. (1987) Jeux de cadres et Dialectique outil-objet. *Recherches en didactique des mathématiques*, 7(2), 5-32.

Duval R., (1993) Argumenter, démontrer, expliquer : continuité ou rupture cognitive, *Petit x,* n° 31, 37-61.

Duval R. (2000) Ecriture, raisonnement et découverte de la démonstration en mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 20(2).

Grugeon B., (1997) Conception et exploitation d'une structure d'analyse multidimensionnelle en algèbre élémentaire. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, Vol.17.2, pp. 167-210, Grenoble : La Pensée Sauvage.

Grugeon-Allys B., Pilet J., Chenevotot-Quentin F., Delozanne E. (2012) Diagnostic et parcours différenciés d'enseignement en algèbre élémentaire. In Coulange L., Drouhard J.-P., Dorier J.-L., Robert A. (Eds.) *Recherches en Didactique des Mathématiques, Numéro spécial hors-série, Enseignement de l'algèbre élémentaire : bilan et perspectives* (137-162). Grenoble : La Pensée Sauvage.

Houdement C., Kuzniak A. (2006) Paradigmes géométriques et enseignement de la géométrie. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 11, 175-195.

Houdement C., Kuzniak A. (1999) Sur un cadre conceptuel inspiré de Gonseth et destiné à étudier l'enseignement de la géométrie en formation des maîtres, *Educational Studies in Mathematics*, 40.3, 283-312.

Pilet J. (2012) *Parcours d'enseignement différencié appuyés sur un diagnostic en algèbre élémentaire à la fin de la scolarité obligatoire : modélisation, implémentation dans une plateforme en ligne et évaluation*. Thèse de doctorat, Université Paris-Diderot, Paris, 2012, 871p.

Vergnaud G. (1990) La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10/1.2, 133-170, Editions La Pensée Sauvage.

Vergnaud G. (1986) Psychologie du développement cognitive et Didactique des mathématiques, un exemple : les structures additives. *Petit x*, 38, 21-40.

ANNEXE1 : Référentiel pour les niveaux A et B en géométrie

Composante d'analyse	**Niveau A**
Résolution de problèmes (reconnaissance, reproduction construction, démonstration)	Capable de mobiliser un raisonnement déductif s'appuyant sur une reconnaissance des données du problème, une analyse des figures géométriques en termes de propriétés à mobiliser pour démontrer les propriétés géométriques visées.
Interprétation et traitement de figures	Capable de distinguer ce qui relève du nécessaire et du suffisant pour caractériser une figure géométrique. Capable d'interpréter les figures géométriques à partir d'une appréhension séquentielle et discursive pour déterminer les propriétés des figures en jeu et les structurer pour organiser une démonstration.
Gestion des représentations sémiotiques	Capable de distinguer une figure et ses dessins dans différentes positions, d'articuler différentes représentations sémiotiques (figurale, langue naturelle, programme de construction, etc.)

Composante d'analyse	**Niveau B**
Résolution de problèmes (reconnaissance, reproduction construction, démonstration)	Capable de mobiliser une démarche s'appuyant sur une reconnaissance des données du problème pour conjecturer les propriétés, mais privilégiant des démarches instrumentales basées sur le traçage de figure à l'aide d'instruments, la mesure[5].
Interprétation et traitement de figures	Capable de distinguer ce qui relève du nécessaire mais pas forcément du suffisant pour caractériser une figure géométrique. Capable d'interpréter les figures géométriques à partir d'une appréhension séquentielle pour déterminer les sous figures en jeu et organiser une construction de la figure à partir des propriétés de la figure[6]. Des travaux sur les limites d'une telle démarche puis sur une appréhension discursive des figures doivent être développés.
Gestion des représentations sémiotiques	Capable de distinguer une figure et ses dessins dans différentes positions, d'articuler différentes représentations sémiotiques figurales sur un graphique à l'aide d'instruments mais de façon peu reliée à la formulation langagière des propriétés des figures et des démonstrations.

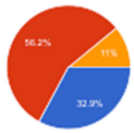
[5] Des exercices montrant les limites d'une démarche instrumentale devront être proposés

[6] Des exercices sur les limites d'une telle démarche puis sur une appréhension discursive des figures doivent être développés.

ANNEXE 2 : Résultats du questionnaire rempli par les étudiants en avril 2015

Evaluation du dispositif: Questionnaires : 73 réponses

Le résultat du test correspondait-il au niveau que vous pensiez avoir?



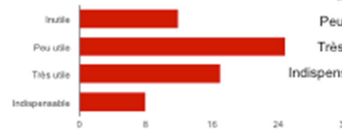
Oui tout à fait	24	32.9 %
Oui pour certains domaines	41	56.2 %
Non	8	11 %

Pour situer vos connaissances et compétences par rapport à celles attendues [Comment qualifiez-vous l'utilité de ce test ?]

Inutile	4	5.5 %
Peu utile	18	24.7 %
Très utile	42	57.5 %
Indispensable	9	12.3 %

Pour mieux comprendre vos erreurs [Comment qualifiez-vous l'utilité de ce test ?]

Inutile	12	16.4 %
Peu utile	36	49.3 %
Très utile	17	23.3 %
Indispensable	8	11 %



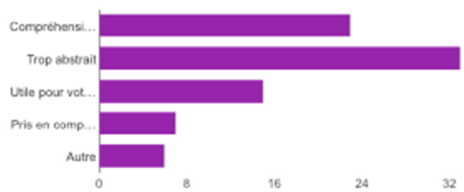
Pour mieux cibler vos besoins d'apprentissage [Comment qualifiez-vous l'utilité de ce test ?]

Inutile	6	8.2 %
Peu utile	16	21.9 %
Très utile	38	52.1 %
Indispensable	13	17.8 %

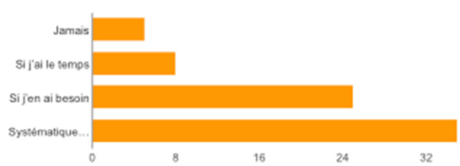
Pour organiser votre travail personnel [Comment qualifiez-vous l'utilité de ce test ?]

Inutile	14	19.2 %
Peu utile	34	46.6 %
Très utile	18	24.7 %
Indispensable	7	9.6 %

Vous avez reçu un bilan par domaine mathématique suite à la passation du test. Ce bilan vous a-t-il semblé?



Cours sur les notions de base [Nous avons mis en place une organisation spécifique des TD. Comment l'avez-vous pris en compte ?]



Les exercices pendant les TD : globalement adaptés

Numération

Pas adapté	2	2.7 %
Peu adapté	16	21.9 %
Adapté	37	50.7 %
Très adapté	18	24.7 %

Grandeurs

Pas adapté	1	1.4 %
Peu adapté	11	15.1 %
Adapté	42	57.5 %
Très adapté	19	26 %

Géométrie

Pas adapté	1	1.4 %
Peu adapté	14	19.2 %
Adapté	38	52.1 %
Très adapté	20	27.4 %

Opérations

Pas adapté	1	1.4 %
Peu adapté	14	19.2 %
Adapté	40	54.8 %
Très adapté	18	24.7 %

Fonction

Pas adapté	4	5.5 %
Peu adapté	17	23.3 %
Adapté	34	46.6 %
Très adapté	18	24.7 %

Géométrie 2

Pas adapté	2	2.7 %
Peu adapté	10	13.7 %
Adapté	40	54.8 %
Très adapté	21	28.8 %

Nombres

Pas adapté	3	4.1 %
Peu adapté	14	19.2 %
Adapté	38	52.1 %
Très adapté	18	24.7 %

Géométrie esp

Pas adapté	4	5.5 %
Peu adapté	13	17.8 %
Adapté	39	53.4 %
Très adapté	17	23.3 %