

FORMATION INITIALE PAR LA CONCEPTION DE DOCUMENTS DE COURS : L'EXPÉRIENCE D'UN PROJET INNOVANT AU CAMEROUN

Françoise CHENEVOTOT-QUENTIN et Marie-Pierre GALISSON

LDAR et ESPE Lille Nord de France

Carole BAHEUX

LML et Université d'Artois

Jean-Michel GELIS

EMA et Université de Cergy Pontoise

Avec la collaboration de **Désiré FEUGUENG** (Cameroun)

Résumé. Cet article analyse comment l'élaboration de documents de cours par de futurs enseignants accompagnés par leurs encadrants contribue à leur formation professionnelle. Cette modalité de formation a été expérimentée au Cameroun dans le cadre d'un projet innovant, PReNuM-AC, qui vise à faire produire par les futurs enseignants des ressources en ligne pour les professeurs de mathématiques des classes de terminale. Afin de prendre en compte un contexte « nord » (France) pour la conception du projet et un contexte « sud » (Cameroun) pour son implantation, nous nous sommes appuyés sur des travaux liés à l'enquête documentaire et sur les niveaux de co-détermination didactique de la TAD. Nous cherchons à identifier les conditions et les contraintes qui influent sur le processus d'élaboration des documents de cours et à mettre en évidence l'impact de ce processus en termes de formation initiale.

Mots-clés. Formation initiale, développement professionnel, conception de ressources, enquête documentaire, innovation.

Abstract. This article analyzes how the development of course materials by future teachers accompanied by their supervisors contributes to their professional training. This modality of professional training was experienced in Cameroon as part of an innovative project, PReNuM-AC, which aims to make student teachers produce online resources for math teachers in sixth form classes. In order to take into account a "North" context (France) for the design of the project and a "South" context (Cameroon) for its implementation, we have drawn on research on documentary inquiry and on the levels of didactic codetermination of ATD. We are aiming at identifying the conditions and constraints that influence the process of development of course materials and at highlighting impact of this process in terms of initial training.

Key-words. Pre-service teacher training, professional development, resource design, documental inquiry, innovation.

Introduction

Cet article s'intéresse à une modalité particulière de formation initiale des professeurs de mathématiques : la conception « accompagnée » de documents de cours par des étudiants-professeurs encadrés par des universitaires et des formateurs du terrain. Cette modalité de formation a été expérimentée au Cameroun à l'occasion du projet international PReNuM-AC « Production de Ressources Numériques pour l'enseignement des Mathématiques au secondaire en Afrique Centrale ». L'enjeu de PReNuM-AC consiste à implanter un dispositif

innovant de conception de ressources pour enseigner dans un environnement culturel porteur d'un héritage pour l'éducation mathématique. Le projet PReNuM-AC¹ (initié en novembre 2011 et terminé en janvier 2015) est le fruit d'une collaboration entre l'Université Paris Diderot (LDAR² et IREM³ de Paris), l'Organisation Internationale de la Francophonie (OIF), l'ENS de Yaoundé (Cameroun) et l'ENS de Brazzaville (République du Congo). Il a été financé par le Fonds francophone des Inforoutes. PReNuM-AC a pour objectif, d'une part, de produire des ressources disponibles en ligne pour les enseignants des classes de terminales scientifiques et, d'autre part, de contribuer à la formation en didactique des mathématiques et aux usages des TICE des acteurs impliqués. Nous nous plaçons au-delà des objectifs officiels du projet.

La question de recherche abordée dans cet article est la suivante : comment la conception des documents de cours peut constituer un levier pour la formation professionnelle initiale des futurs professeurs dans ce contexte culturel donné ? La formation initiale des professeurs de mathématiques a fait l'objet de nombreuses recherches, que ce soit dans les pays du nord (en France, par exemple, Coppé 2011 ; Grugeon 2009 ; Kuzniak 2007), ou dans les pays du sud (en Afrique francophone, par exemple, Fonkoua 2007 ; Tchameni Ngamo 2007 ; Traoré & Barry 2007). Ces recherches soulèvent toutes la question des dispositifs de formation professionnelle et de l'accompagnement du développement professionnel des enseignants débutants. En particulier, l'articulation entre théorie et pratique est un point sensible de la formation. Au Cameroun, par exemple, la formation théorique est prise en charge par des universitaires, enseignants des Ecoles Normales Supérieures (ENS), recrutés sur la base de leur doctorat dans leur discipline de spécialisation. Elle se trouve découplée de la formation professionnelle (200 heures inégalement assurées), confiée à un professeur chargé de la formation pratique du stagiaire, un superviseur (inspecteur national) et un professeur de l'ENS. Mais « ces⁴ deux derniers n'interviennent généralement qu'à la fin pour évaluer la formation pratique » (Djeumeni Tchamabe 2015, p.176).

Notre démarche nous conduit à analyser le processus d'élaboration des documents de cours puis à étudier son incidence sur la formation professionnelle des futurs enseignants. Notre recueil de données comporte l'ensemble des textes qui cadrent et régulent le projet, une sélection de documents de cours à différents stades d'élaboration, leurs évaluations par des experts ainsi que des documents sur le suivi du travail collaboratif.

Dans la première partie, nous présentons notre cadre théorique qui combine l'approche anthropologique et des travaux qui font référence à l'enquête documentaire. Le champ de l'approche anthropologique (Chevallard 1999, 2002) nous permet de prendre en compte l'émergence de praxéologies à la fois novatrices et subordonnées à des contraintes épistémologiques et culturelles qui *a priori* peuvent s'exprimer en termes de niveaux de co-détermination didactique (Artigue & Winslow 2010) dans le contexte donné où interagissent des institutions inscrites dans des environnements culturels distincts (nord / sud). Les travaux de Margolinas et Wozniak (2010) sur l'enquête documentaire des enseignants nous fournissent des outils de compréhension pour suivre la conception des documents de cours. Les travaux d'Adler (2010) sur la conceptualisation des ressources nous apportent des éléments pour inférer un potentiel développement professionnel chez les futurs enseignants.

¹ Le projet a été dirigé par Jean Baptiste LAGRANGE (LDAR) et Bernadette DENYS (IREM de Paris).

² LDAR : Laboratoire de Didactique André Revuz.

³ IREM : Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques.

⁴ Le texte réfère au superviseur et au professeur de l'ENS.

Dans la deuxième partie, nous exposons une analyse du développement du projet en termes de niveaux de co-détermination pour caractériser les interactions nord / sud. Dans la troisième partie, en nous référant de plus aux travaux d'Adler (2010) et de Margolinas et Wozniak (2010), nous présentons l'étude exploratoire d'un document de cours emblématique du travail documentaire attendu par les responsables du projet (Baheux & al 2015) pour dégager deux hypothèses liées à un possible développement professionnel du futur professeur, maître d'œuvre dans la conception du document. Dans la quatrième partie, nous mettons à l'épreuve ces hypothèses sur quatorze documents de cours que nous avons analysés. Nous avons choisi d'étudier les documents de cours pour lesquels nous disposons de plusieurs versions de travail successives au fil des apports continus des encadrants africains et de l'aide ponctuelle des chercheurs européens. Dans la cinquième et dernière partie, nous discutons des enjeux et effets potentiels du projet en termes de formation professionnelle des futurs professeurs concepteurs. Enfin, nous concluons quant à l'étude menée et évoquons quelques perspectives.

1. Cadres théoriques

Notre cadre théorique repose sur la théorie anthropologique du didactique (Chevallard 1999, 2002 ; Artigue & Winslow 2010) et des travaux sur l'enquête documentaire (Margolinas & Wozniak 2010 ; Adler 2010). Nous nous intéressons aux liens entre conception de ressources et professionnalité.

1.1 Enjeux de la conception d'un document de cours

La conception d'un document de cours est une réponse au problème professionnel de tout enseignant : préparer son cours ou plus précisément organiser l'étude d'un thème de savoir mathématique. Selon une approche anthropologique (Chevallard 1999), pour le futur enseignant, organiser l'étude d'un thème de savoir, c'est élaborer une organisation praxéologique : identifier et choisir les types de tâches, s'appuyer sur des techniques et un environnement technologico-théorique pour effectuer ces tâches et justifier de ces techniques.

1.2 Nécessité d'une enquête documentaire

Pour élaborer cette organisation praxéologique, le concepteur du document de cours doit mettre en œuvre une enquête documentaire (Margolinas & Wozniak 2010), c'est à dire explorer une diversité de documents qui traitent les thèmes à aborder. L'étude des réponses apportées par ces documents va conduire le concepteur du cours à produire un discours puis élaborer une œuvre (Ibidem, p.235). Parmi tous les documents étudiés, l'un d'entre eux prend une importance particulière car il fonde l'œuvre. On l'appelle « document générateur » pour rappeler le fait qu'il est l'origine et la source de l'œuvre (Ibidem, p.239). L'enquête documentaire engage le futur enseignant dans l'exploration d'une discipline qui est un construit historique et culturel référant à divers niveaux de réalité (la Discipline, la Pédagogie, l'École, la Société, la Civilisation) : ce sont des niveaux de co-détermination didactique (Chevallard 2007). Ces niveaux déterminent, à partir d'un jeu de contraintes et de conditions, l'écologie des organisations mathématique et didactique. Au niveau de la discipline (Tableau 1), la déclinaison en domaines, secteurs, thèmes et sujets d'études, est déterminée par les programmes, les textes de savoir à enseigner (documentation officielle et officieuse). Au niveau de la pédagogie (Tableau 2), le découpage temporel de la discipline dans le temps scolaire, l'existence des filières, la composition des classes, la prégnance d'un discours pédagogique diffusé par l'environnement de formation, interviennent conjointement, mettant

en évidence l'intrication des niveaux inhérents à l'École (son organisation) et plus largement à la Société (ses enjeux éducatifs).

Niveau 1	Discipline
Niveau 2	Domaines d'étude
Niveau 3	Secteurs d'étude
Niveau 4	Thèmes d'étude
Niveau 5	Sujets d'étude

Tableau 1. Sous-niveaux de co-détermination didactique relatifs à la discipline

Niveau 0	Pédagogie
Niveau -1	Ecole
Niveau -2	Société
Niveau -3	Civilisation

Tableau 2. Niveaux supérieurs de co-détermination didactique

1.3 Nécessité de prendre en compte le contexte culturel

L'élaboration du document de cours s'inscrit par ailleurs dans un contexte culturel qui doit être pris en compte. Le point de vue porté par la théorie anthropologique du didactique sur des comparaisons internationales sur l'enseignement des mathématiques (une interprétation en termes de niveaux de co-détermination didactique) (Artigue & Winslow 2010) peut permettre de discerner des enjeux spécifiques au contexte dans lequel le projet PReNuM-AC a été mis en œuvre. Pour réaliser des études comparatives en didactique des mathématiques, Artigue et Winslow (2010) ont proposé un modèle caractérisé par dix niveaux de comparaison entre deux (ou plus) contextes (Tableau 3). Ce modèle peut s'appliquer à la fois aux organisations mathématique et didactique, aux organisations observées (pratiques réelles) ou prescrites (à travers les programmes scolaires, les examens, les manuels scolaires) et rendre ainsi les résultats de la comparaison concrets et explicites.

Premier contexte	Niveaux de comparaison			Second contexte
Civilisation	←	9	→	Civilisation
Société	←	8	→	Société
Ecole	←	7	→	Ecole
Pédagogie	←	6	→	Pédagogie
Discipline	←	5	→	Discipline
Domaine d'étude	←	4	→	Domaine d'étude
Secteur d'étude	←	3	→	Secteur d'étude
Thème d'étude	←	2	→	Thème d'étude
Sujet d'étude	←	1	→	Sujet d'étude
Connaissances des élèves	←	0	→	Connaissances des élèves

Tableau 3. Niveaux de comparaison entre deux contextes

1.4 Ressources et professionnalité

De nombreux liens ont été établis entre ressources et professionnalité. « Les dispositifs de formation [...] (qui) préparent les professeurs de mathématiques et soutiennent des évolutions de leur pratique [...] sont donc particulièrement attentifs aux ressources matérielles qui pourraient soutenir ces évolutions » (Adler 2010, p.24). Notons que les ressources sont de différentes natures, car elles englobent des ressources humaines (comme les connaissances mathématiques et professionnelles du professeur de mathématiques), des ressources matérielles (les manuels, les outils technologiques) et des ressources culturelles (les connaissances, les pratiques sociales de l'élève, le temps dévolu à l'enseignement) (Ibidem).

Encore faut-il préciser qu'une ressource n'a de sens que si elle est mobilisée : « la fonctionnalité d'une ressource dans et pour l'enseignement des mathématiques réside dans son usage en pratique, plutôt que dans sa simple présence » (Ibidem, p.23). L'évolution des modalités d'usage d'une ressource révèle des transformations dans la représentation de la pratique des mathématiques scolaires. L'hybridation, telle que l'entend Adler (2010), est un caractère spécifique de ces pratiques mathématiques scolaires. D'une part, les mathématiques scolaires sont hybrides parce qu'elles « sont un mélange de mathématiques de tous les jours et de mathématiques académiques » (Adler 2010, p. 25). D'autre part, « la pratique des professeurs en classe est également hybride, car elle mélange des stratégies centrées sur l'apprenant et centrées sur l'enseignant » (Ibidem). L'hybridation apparaît ainsi comme un outil d'analyse qui permet d'identifier des évolutions dans la représentation des mathématiques scolaires chez un futur enseignant et donc de témoigner d'un certain développement professionnel.

2. Développement du projet PReNuM-AC

L'enjeu du projet PReNuM-AC consiste à implanter un projet innovant dans un environnement spécifique porteur de l'héritage d'un enseignement mathématique africain. La production et la mise en ligne de documents de cours répondent à des besoins éducatifs spécifiques en Afrique francophone centrale (classes à fort effectif, isolement des enseignants et manque de ressources pédagogiques). Nous décrivons ici le déroulement du projet en utilisant les niveaux de co-détermination de Chevallard (2007).

2.1 Une interprétation du projet selon l'approche anthropologique

Selon l'approche anthropologique (Chevallard 1999), les objectifs du projet initial, à savoir, produire des documents de cours, se former à la didactique et à l'usage des TICE, sont des activités humaines que l'on peut décrire en termes de praxéologies. Celles-ci ne peuvent être étudiées sans prendre en compte plus largement les contextes dans lesquels elles existent et peuvent évoluer. Le projet peut en effet être interprété comme une forme particulière de transposition didactique d'un savoir à enseigner (les mathématiques dans les classes de terminales scientifiques) interne au niveau de l'École (institutions de formation et d'enseignement). De fait, produire des documents de cours « novateurs », enrichir des pratiques pédagogiques, reviennent à modifier des praxéologies existantes. Celles-ci sont co-déterminées par une hiérarchie de niveaux institutionnels (Artigue & Winslow 2010) qui les coordonnent en fonction de leurs éventuelles interactions. Les conditions et contraintes sous lesquelles le projet se développe relèvent de niveaux de co-détermination didactique propres à chacun des deux contextes : un projet international principalement piloté par le « nord » et implémenté au « sud » dans le système éducatif camerounais.

A l'origine, le projet implique les institutions (Tableau 4) au niveau de l'École (au sens de Chevallard 2002), à savoir l'ENS de Yaoundé et les classes de terminales scientifiques (niveau 7). Les effets visés par le projet concernent le niveau pédagogique (niveau 6) en un sens limité à l'enseignement des mathématiques en terminales scientifiques. *A priori*, le projet trouve sa dynamique dans les sous niveaux de co-détermination qui caractérisent la discipline (niveau 5) dans le contexte socio-culturel : les domaines d'étude (niveau 4), les secteurs d'étude (niveau 3), les thèmes d'étude (niveau 2) et sujets d'étude (niveau 1) prescrits par les programmes.

D'une part, au niveau de la discipline (niveau 5 et inférieurs), le projet s'appuie sur les

programmes HPM (Harmonisation des Programmes de Mathématiques) d'enseignement en vigueur depuis les années 90. Ils sont conçus pour prendre en compte les contextes socioculturels africains, en réaction aux programmes des années 80, transpositions quasi directes des programmes français et belges qui constituaient, pour les mathématiciens africains francophones, un obstacle au développement de l'éducation mathématique (Touré 2002). D'autre part, les programmes sont accompagnés par la publication de manuels rédigés en français, la Collection InterAfricaine de Mathématiques (CIAM), diffusée à partir de 1993. Le projet PReNuM-AC peut s'appuyer sur l'existence de ressources partagées : le français comme langue commune, le curriculum HPM et la collection CIAM. La référence à ces ressources témoigne de l'importance octroyée aux sous niveaux de co-détermination 4, 3, 2 et 1 (domaines, secteurs, thèmes et sujets d'études) dans lesquels s'inscrivent les praxéologies mathématiques et didactiques.

Contexte du projet international	Niveaux de comparaison		Contexte d'implantation du projet
	9	Civilisation	
Nord France	8	Société	Sud Cameroun
Les responsables du projet en France et en Afrique, les évaluateurs en France, les formateurs IREM, les chercheurs LDAR	7	Ecole	L'ENS de Yaoundé, les classes de terminales scientifiques, les responsables du projet au Cameroun, les institutions dont relèvent étudiants-professeurs, universitaires, conseillers pédagogiques, inspecteurs (évaluateurs)
L'enseignement des mathématiques en terminales scientifiques	6	Pédagogie	L'enseignement des mathématiques en terminales scientifiques
Les mathématiques	5	Discipline	Les mathématiques
Référence à une charte prédéfinie réglant l'organisation pédagogique	4	Domaine d'étude	Appui sur les programmes HPM et les manuels CIAM rédigés en français
	3	Secteur d'étude	
	2	Thème d'étude	
	1	Sujet d'étude	
	0	Connaissances des élèves	

Tableau 4. Description du contexte du projet et du contexte camerounais selon les niveaux de comparaison

La charte PReNuM-AC, qui définit le cahier des charges des ressources du projet, intervient au niveau de co-détermination de l'Ecole (niveau 7) dont les institutions de référence sont spécifiques au projet. Selon cette charte, une ressource⁵ porte sur un chapitre de cours de terminale en référence aux programmes HPM et doit être constituée de :

- Un cours riche et détaillé avec les objectifs pédagogiques du cours, la place dans le programme, les prérequis, le schéma pédagogique, le déroulement prévu (avec durée), l'activité pour le maître et l'activité pour l'élève ;
- Deux activités pédagogiques (exposition d'une notion, travail sur une méthode) pour chacune des notions abordées ;

⁵ Les deux premiers éléments qui suivent constituent le document de cours qui sera analysé dans cet article.

- Des devoirs d'évaluation avec correction, analysés *a priori* et *a posteriori* ;
- Des éléments de mise en œuvre (conduite du cours, référence à des travaux de recherche en didactique, difficultés et ressenti des élèves) ;
- Une feuille d'exercices WIMS⁶ (exercices interactifs en ligne ou sur CD Rom) relative au contenu du cours ;
- Une vidéo présentant le document de cours à l'utilisateur.

La charte fixe donc les modalités d'une organisation didactique détaillée tout en laissant aux concepteurs une latitude sur les moments de l'étude (Chevallard 2002). Elle sous-tend que soient articulées réflexion théorique et mise à l'épreuve dans la pratique. Elle suggère l'idée de l'élaboration d'un réseau structuré d'organisations didactiques locales (autour d'un thème ciblé par les programmes) novatrice au niveau pédagogique mais prenant appui sur l'existant. Les 80 documents de cours attendus couvrent les programmes de terminales scientifiques du Cameroun traités dans les manuels de Terminale Sciences Mathématiques (TSM) et Terminale Sciences Expérimentales (TSE) dans la collection CIAM.

2.2 Conditions d'élaboration

Les documents sont élaborés par des étudiants de 4^e et 5^e année de l'ENS de Yaoundé. Maître d'œuvre, chaque étudiant est encadré par une équipe de maîtres d'ouvrage composée d'un professeur de l'ENS, d'un conseiller pédagogique⁷ et d'un inspecteur⁸ (Gélis & al 2017). Nous nous intéressons aux fonctions des institutions (mobilisées au niveau 7 de co-détermination « Ecole » dans les deux contextes) et à la dimension formatrice pour les sujets de l'institution ENS en posture d'étudiant. L'évolution du document de cours suit plusieurs étapes (Tableau 5) :

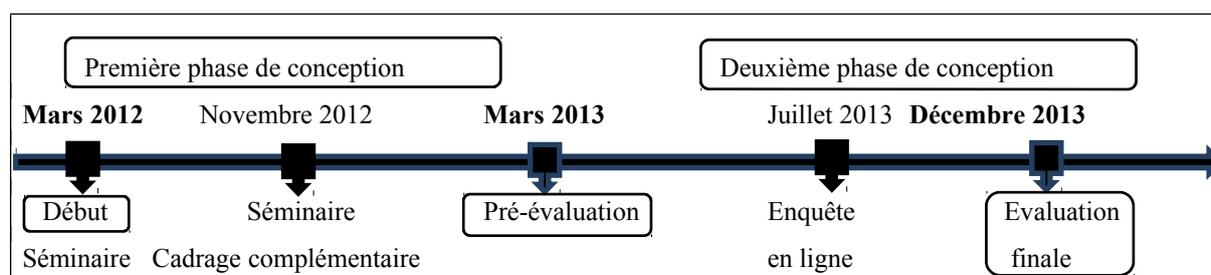


Tableau 5. *Élaboration des documents de cours*

Démarrage du projet par un séminaire en didactique (pilote par les acteurs du nord mais mis en place au sud)

Le projet a été initié par un séminaire qui s'est déroulé à Yaoundé en mars 2012 avec pour objectif d'étayer le travail des acteurs camerounais par la présentation de travaux de didacticiens et de formateurs français. Piloté par les encadrants du nord (niveau 7 de co-détermination), ce séminaire proposait une formation en didactique sur quelques contenus disciplinaires (algèbre, géométrie, équations différentielles) et sur les usages des TICE. Il comprenait aussi une réflexion sur l'intérêt des analyses *a priori* et *a posteriori* d'activités à

⁶ **WIMS (Web Interactive Multipurpose Server)** est une plateforme d'exercices interactifs en ligne qui couvre tous les niveaux d'enseignement pour une large variété de disciplines scolaires. Les exercices sont programmés et les énoncés, à variables aléatoires, diffèrent lorsque l'élève recommence un même exercice. Libre et gratuite, la plateforme WIMS est en constante évolution.

⁷ Le conseiller pédagogique accueille l'étudiant dans sa classe et l'accompagne sans l'évaluer.

⁸ L'inspecteur évalue la pratique de l'étudiant ainsi que son mémoire professionnel.

partir de l'étude d'un mémoire rédigé par un étudiant PLC⁹ français sur l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques. Les enjeux de ce séminaire, à savoir, mettre l'accent sur l'analyse didactique des contenus et sur la mise en œuvre d'une séquence incluant l'usage des TICE traduisaient les intentions des encadrants du nord d'inspirer un certain modèle. S'en suivit la première phase de conception qui a été essentiellement sous la responsabilité des encadrants camerounais. Un premier constat des universitaires camerounais signalait le manque de maîtrise des connaissances disciplinaires des étudiants-professeurs et leurs difficultés à articuler les compétences visées et les activités proposées. Par ailleurs, l'appropriation du langage LaTeX, gage d'une culture mathématique, a été privilégiée au détriment de WIMS par les équipes conceptrices. Ce choix traduit une divergence en termes d'objectifs entre les responsables du projet au nord et au sud. La réalisation de feuilles WIMS constituait pourtant un incontournable du projet tandis que la maîtrise de LaTeX ne figurait pas dans le cahier des charges.

Un cadrage complémentaire, compromis entre les acteurs (au nord et au sud)

Les difficultés rencontrées par les équipes au sud ont nécessité une coordination réunissant les responsables du projet. Le séminaire de Paris, en novembre 2012, a donné lieu à des échanges et des débats autour d'un canevas apporté par les camerounais. Il s'agissait de répondre à des besoins exprimés par les équipes : définir et développer les objectifs pédagogiques qui déterminent l'organisation du document de cours (Tableau 6¹⁰). Le cadrage complémentaire qui en résulte, amendé par les deux parties nord / sud, explicite la structure du document de cours, impose la présence de l'analyse d'un article de recherche en lien avec le cours et de feuilles d'exercices WIMS, n'exige plus la présence d'une vidéo. Ce compromis, au niveau de co-détermination de l'Ecole (niveau 7), a permis au projet de se développer.

Étapes à suivre pour le développement de l'objectif spécifique x

- Identifier clairement l'objectif spécifique x que doit atteindre l'apprenant ;
- Énoncer clairement les savoirs et savoir-faire qui lui sont associés ;
- Donner une preuve précise, concise et rigoureuse des savoirs qui l'exigent (il est question ici de donner une preuve précise, concise et rigoureuse du résultat fondamental qui soutient l'objectif spécifique) ;
- Transformer la preuve en activité d'institutionnalisation et concevoir une activité de découverte ou de rappel du savoir ou savoir-faire ;
- Ayant maintenant une maîtrise théorique des savoirs et savoir-faire attendus, construire un exemple concret de problème/difficulté dont la résolution passe par la compétence développée dans l'objectif spécifique x ;
- Construire deux exercices d'application relatifs au savoir ou savoir-faire.

Tableau 6. Extrait du canevas apporté par les camerounais

Le canevas cible les étapes qui apparaissent essentielles : faire émerger des objectifs d'apprentissage (non explicités dans les programmes HPM), concevoir l'organisation mathématique d'un thème d'étude, organiser les moments de l'étude à l'attention des élèves. Un accent particulier est mis sur la conception des activités pédagogiques en fonction de leur place dans le déroulement de l'étude. Ainsi, sont exemplifiées dans le canevas apporté par les camerounais (cf. annexe) des activités de découverte (savoir ou savoir-faire), de rappel et d'institutionnalisation. Cette dernière activité « doit permettre à l'élève de démontrer si

⁹ PLC : Professeur des Lycées et Collèges

¹⁰ Des exemples d'activités accompagnant le canevas apporté par les camerounais sont présentés en annexe.

nécessaire » (cf. annexe, exemple 4). De fait, « l'activité d'institutionnalisation » (cf. annexe, exemple 4) est un énoncé détaillant un enchaînement de tâches qui permettent de démontrer une propriété. Par ailleurs, ce canevas témoigne des priorités que se donnent les encadrants africains qui tendent indéniablement à développer des pratiques professionnelles enseignantes : faire un cours parfaitement maîtrisé du point de vue théorique et favoriser l'activité mathématique de l'élève.

La fonction d'évaluation (au nord et au sud)

Le document de cours fait l'objet de plusieurs évaluations qui relèvent du niveau de l'École. La première phase de conception donne lieu à une pré-évaluation en mars 2013 (Tableau 5) produite par un membre du comité d'experts français constitué par des enseignants de l'IREM de Paris et du LDAR de l'Université Paris Diderot. L'objectif des pré-évaluations est donc d'évaluer la conformité du document de cours avec la charte PReNuM-AC. Ces pré-évaluations se déclinent en plusieurs rubriques. La première rubrique « Respect des consignes » permet de relever la présence et la pertinence ou non des objectifs pédagogiques, la place dans les programmes, les prérequis. C'est encore dans cette rubrique, que sont repérés ou non, les activités pédagogiques, les devoirs d'évaluation avec correction, la feuille d'exercices WIMS, conformément à la charte du projet. Dans les rubriques « Points forts », « Texte à mettre en relation avec la ressource », « Commentaires et suggestions pour compléter le document », les évaluateurs soulignent les aspects positifs (cours structuré, exercices pertinents, etc.) et les points faibles (exercices en trop petit nombre, absence de recours au registre graphique, etc.). Les évaluateurs font des suggestions précises (reformulation, recours à des sites web pour les exercices ou le cours), apportent des corrections mathématiques quand elles s'avèrent nécessaires, proposent la lecture d'un article en lien avec le thème d'étude. Les pré-évaluations apportent donc des éléments théoriques ciblés sur une discipline, enrichis par des références à des recherches didactiques propres à la culture française, parfois datés (en raison de la non congruence des programmes HPM et français). Ces pré-évaluations peuvent apparaître comme des modalités de formation des étudiants-concepteurs spécifiques au projet mis en œuvre au niveau de co-détermination de l'École (niveau 7). Le document de cours est alors à nouveau travaillé par l'étudiant, encadré par son équipe, durant la deuxième phase de conception. Celle-ci se termine par l'évaluation finale du document de cours, en décembre 2013, conduite par des comités d'experts constitués d'inspecteurs africains, d'enseignants de l'IREM de Paris et du LDAR de l'Université Paris Diderot. Les documents de cours, composantes du mémoire de fin de formation, sont largement validés par les encadrants camerounais sensibles à la clarté des objectifs des cours et à une pédagogie non transmissive. Mais seulement huit documents de cours sur quatorze sont considérés comme publiables car conformes à la charte du projet. En mutualisant les points de vue issus des deux contextes nord et sud, la validation du travail peut rendre compte de l'efficacité de l'élaboration des documents de cours en termes de formation légitimée dans les deux contextes et rendant compte de la compatibilité des niveaux de co-détermination « Écoles » et de leur synergie.

La fonction d'accompagnement des encadrants camerounais (au sud)

Le dispositif d'accompagnement met en évidence le rôle prépondérant du niveau « École » dans les phases de conception du document de cours au sein du contexte camerounais. Une enquête en ligne (réalisée en juillet 2013) ainsi qu'une fiche d'évolution du projet se sont

intéressées aux modalités de travail avec les encadrants et aux éléments des documents de cours travaillés conjointement. Les résultats montrent que le cours et les activités pédagogiques ont fait l'objet de l'attention particulière des inspecteurs, tandis que les conseillers pédagogiques et les professeurs de l'ENS ont davantage veillé à la cohérence générale des documents de cours. Nous avons également constaté que les encadrants portent moins d'attention à la production des devoirs et confient aux étudiants le soin de prendre en charge les exercices WIMS. Cet accompagnement, certes non institutionnalisé et fluctuant, montre l'existence d'interactions spécifiques entre les divers acteurs du projet. Ces interactions constituent de nouvelles modalités de formation en termes de travail collaboratif ; elles ont nécessité que les encadrants camerounais s'entendent plus précisément en adaptant les principes de la charte à un contexte éducatif et socio-culturel qui leur est propre.

2.3 Conclusion

Nous avons analysé les modalités d'élaboration des ressources. En premier lieu, le projet a abouti et des ressources ont été construites. Le dialogue n'a jamais été rompu malgré l'ambition du projet et la nécessité du travail collaboratif à différents niveaux (entre concepteurs et évaluateurs, entre nord et sud). Ensuite, nous notons que la mise en œuvre du projet s'appuie sur une alternance d'initiatives entre le nord (présence des ressources WIMS, article de recherche) et le sud (proposition d'un canevas pour élaborer les documents de cours). Ce processus d'élaboration a nécessité des compromis marqués par l'influence du sud et qui ont abouti au cadrage complémentaire (niveau 6 pédagogique) qui promeut une pédagogie innovante et implicitement une formation des maîtres originale.

3. Étude d'un document de cours référent

Nous avons choisi le document de cours intitulé R13 « Compléments sur les suites », destiné aux classes de terminales D, car il met en évidence le rôle joué par les institutions de formation et d'enseignement camerounaises (niveau 7 de co-détermination de l'École) dans ce qui peut s'apparenter à une certaine transposition didactique du savoir à enseigner. Le document R13 a fait l'objet de trois versions dont la première est antérieure à l'élaboration du canevas par les encadrants camerounais tandis que les deux dernières lui sont postérieures. Nous limiterons notre comparaison à deux versions : la version initiale qui renvoie à l'amorce d'un travail collaboratif et la dernière version (finalisation de la seconde version) amendée après le cadrage complémentaire et la pré-évaluation.

3.1 Présentation du document de cours R13

Dès la première version¹¹ (septembre 2012, 22 pages), le document de cours R13 est conforme aux premières exigences des encadrants (mai 2012) qui souhaitent la présence d'au moins deux références bibliographiques et d'une référence web.

¹¹ Ressources utilisées pour la première version de R13 :

- MANUEL TSM (Terminale Sciences Mathématiques – terminale C) *Collection Inter-Africaine de Mathématiques (CIAM)*. France : EDICEF.
- MANUEL TSE (Terminale Sciences Expérimentales – terminale D) *Collection Inter-Africaine de Mathématiques (CIAM)*. France : EDICEF.
- <http://www.prepacom.net/archive/math/TD/enonces/suites/outils.pdf>

La version finale¹² (novembre 2013, 55 pages) de R13 traduit une évolution : l'augmentation du nombre de références (de 3 à 9) est corrélée à son développement en nombre de pages (de 22 à 55).

La version initiale du document de cours R13 comprend une introduction d'une page avec notamment des objectifs généraux exprimés en termes « d'application des suites récurrentes, arithmétiques ou géométriques » ainsi que quelques prérequis peu organisés. Cette introduction témoigne d'un premier travail : rédiger des objectifs à partir d'un programme (une liste de notions), de l'intitulé du thème du document de cours (Compléments sur les suites), des paragraphes des manuels CIAM (TSM et TSE) pour répondre aux exigences de la charte initiale. Cette première version est largement inspirée par les manuels CIAM. La première partie « Étude d'une suite (u_n) telle que $u_0 = a$ et pour tout n entier, $u_{n+1} = f(u_n)$, où a est un réel et f une fonction continue » reprend le contenu du manuel CIAM TSM. La seconde partie s'appuie sur les travaux pratiques du manuel CIAM TSE « Application aux problèmes concrets ». Elle possède les caractéristiques des manuels : une seule propriété démontrée (TSM)¹³ et les mêmes méthodes exposées (méthodes du point fixe et de Newton) (TSM), la démarche de résolution pour les problèmes concrets (TSE). Neuf activités ou exemples sont corrigés à l'instar des manuels qui donnent les corrigés des exemples et activités. Le document de cours propose encore six exercices non corrigés extraits ou inspirés des manuels CIAM. Contenu et organisation mettent à jour un premier travail d'adaptation (fusion des deux manuels, études des exemples et des exercices pour proposer des variantes) mais aussi le respect de l'organisation didactique des manuels (rôle important des activités dites de motivation et des travaux dirigés ou pratiques) aux dépens d'autres contraintes telles que les programmes (la méthode du point fixe est hors programme).

Dans la version finale du document de cours, des objectifs spécifiques précisément reformulés caractérisent trois sous-parties : (1) Convergence des suites récurrentes ; (2) Utilisation des suites du type $u_{n+1} = f(u_n)$ pour déterminer la valeur approchée d'une équation par la méthode de Newton ; (3) Utilisation des suites numériques pour déterminer la valeur approchée d'une équation par dichotomie. La méthode du point fixe (hors programme) fait l'objet d'une « extension pédagogique ». La résolution des problèmes concrets disparaît. Une liste de prérequis élargie et explicitée se réfère aux manuels CIAM et aux deux autres documents de cours du projet PReNuM-AC portant sur la notion de suite¹⁴. Elle témoigne d'une exploration fine des manuels et d'un travail en coopération avec d'autres concepteurs de documents de cours. L'organisation du cours est modifiée. La structure des paragraphes s'appuie sur un même schéma : résultats fondamentaux (propriétés et définitions préalables),

¹² Ressources ajoutées dans la version finale de R13 :

- DJONGA J. (2010). Annales de mathématiques, classe de terminale C et E. *Collection savoir pour savoir-faire*. Afrédit.
- KINGUE L.B. & AL (2007). Le chemin de la réussite, les mathématiques au baccalauréat C et E. *Collection Pyra*.
- <http://mfritz.perso.sfr.fr/cours/>
- <http://mangéard.maths.free.fr/Terminale/S/Exos-suites-numériques>
- <http://megamaths.perso.neuf.fr/Demoulin-Recueilannalessuites>
- <http://gilles.constantini.pagesperso-orange.fr/exoRsui.pdf>

¹³ Soit (u_n) une suite dont le terme général vérifie $u_{n+1} = f(u_n)$ où f est une fonction. Si (u_n) converge vers l et si f est continue en l , alors $f(l) = l$.

¹⁴ Il s'agit des documents de cours intitulés R11 (Etude globale d'une suite numérique) et R12 (Limites d'une suite numérique).

propriété ou exposition de méthode, exemples, exercices d'application. Le contenu théorique du cours (résultats fondamentaux, propriétés) s'est considérablement développé (dix propriétés au lieu d'une). Le nombre et la diversité des exercices donnés à la fin du chapitre (29 au total) illustrent encore une enquête documentaire élargie aux diverses références citées.

A partir de cette description, nous sommes amenés à émettre deux hypothèses. La première, H1, concerne la diversification des ressources mobilisées. La seconde, H2, concerne l'émergence et le développement d'une organisation mathématique et d'un schéma structurant.

3.2 Hypothèse 1 : diversification des ressources mobilisées

La comparaison entre les deux versions initiale et finale met en évidence l'extension des références. Cet aspect est semble-t-il, à mettre en relation avec le processus de conception du document de cours : dans un premier temps, un cours inspiré par des manuels de référence et, dans un second temps, un développement du cours, d'activités, d'exercices, grâce à des ressources élargies. Ainsi, dans la première version, le concepteur du document de cours R13 cite une unique référence web qui correspond à une fiche de cours mise en ligne. Dans la version finale, il fait référence aux sites de quatre professeurs de lycée (y compris classes préparatoires) qui lui ont permis d'enrichir le cours d'un point de vue théorique et d'étoffer la batterie d'exercices de fin de chapitre. L'usage de ressources élargies témoigne de la volonté du concepteur et de ses encadrants de développer l'organisation mathématique de ce thème d'étude. Il permet d'évoquer une tendance commune inhérente aux divers systèmes de formation des enseignants qui promeuvent « une approche des mathématiques qui va au-delà de la simple maîtrise de procédures » (Adler 2010, p.24).

Parmi les références bibliographiques citées dans le document de cours R13, nous notons encore que les deux manuels CIAM de terminales sont présents dans la version initiale et dans la version finale. Ces manuels semblent constituer des documents générateurs au sens de Margolinas et Wozniak (2010). Leur présence montre que ces manuels sont à l'origine de « l'œuvre du professeur » (Adler 2010, p.235). Ils constituent aussi un marqueur fort d'une conception de l'enseignement mathématique adaptée au contexte socio-culturel africain et compatible avec les attentes de la Société et de l'École (niveaux de co-détermination 8 et 7).

Le travail documentaire du concepteur de R13 témoigne d'une importante diversification des ressources mobilisées toutefois subordonnée à une volonté d'adaptation à la culture locale. Cette diversification traduit la dynamique d'une enquête documentaire s'appuyant sur des apports qui renvoient aux deux contextes nord / sud (les niveaux supérieurs 9, 8, 7 de la Civilisation, la Société et l'École).

3.3 Hypothèse 2 : émergence et développement d'une organisation mathématique et d'un schéma structurant

L'analyse comparée des versions initiale et finale du document de cours R13 conduit à constater une modification de l'organisation mathématique et didactique. Nous désignons par « activités introductives », les activités qui débutent un paragraphe et dont les caractéristiques s'apparentent aux exemples du canevas (cf. annexe) et par « activités de démonstration » les activités qui réfèrent à l'exemple 4 sur les activités d'institutionnalisation (cf. annexe). Nous regroupons sous un même terme « Exemples », les exemples et les exercices d'application directe. Nous observons une évolution significative entre les versions initiale et finale du

document de cours (Tableau 7) : une nette augmentation du nombre d'activités introductives (de 1 à 9) ; une très forte augmentation du nombre de propriétés (de 1 à 10) qui, dans la version finale, constituent pour neuf d'entre elles autant d'activités de démonstration ; une augmentation significative du nombre d'exercices en fin de chapitre (de 1 à 29). Le nombre « d'exemples » évolue peu (de 15 à 16) mais montre une diminution du nombre d'exemples corrigés (de 9 à 6).

R13	Etape 1			Etape 2	Etape 3	Etape 4
	Activités introductives	Propriétés	Définitions	Activités de démonstration	Exemples	Exercices en fin de chapitre
VI 22p	1	1 démontrée	1	0	15 (9 corrigés)	1
VF 55p	9 (1 corrigée)	10 (1 démontrée)	3	9 (1 corrigée)	16 (6 corrigés)	29

Tableau 7. Organisation des versions initiale (VI) et finale (VF) de R13

Plus précisément, l'organisation mathématique et didactique de la version finale du document de cours R13 fait apparaître un schéma en quatre étapes :

1. Une activité introductive qui est une étude de cas, c'est à dire un exercice détaillé et non résolu précédant l'énoncé d'une propriété ou d'une méthode ; l'énoncé de la définition, de la propriété ou la description de la méthode (cf. annexe, exemple 1) ;
2. Une activité de démonstration qui consiste à questionner le lecteur de la même manière que dans la première activité mais cette fois dans le cas général cf. annexe, exemple 4) ;
3. Des exemples (souvent corrigés) qui reprennent la trame du questionnement comme si la propriété n'avait pas été énoncée ;
4. Des exercices non corrigés.

Cette organisation met notamment en évidence l'impact du canevas élaboré par les responsables et encadrants africains. En effet, l'influence des exemples d'activités proposés dans le canevas des camerounais est tangible dans ces quatre étapes.

L'influence des manuels CIAM demeure à travers la préservation d'un certain nombre d'énoncés de problèmes mais les stratégies pédagogiques et les relations entre « enseigner et apprendre » telles qu'elles peuvent être esquissées dans le document de cours traduisent une toute autre approche centrée sur l'élève. Celle-ci met l'élève en demeure de construire par lui-même les significations mathématiques grâce aux tâches et ressources appropriées (exemples corrigés) mises à sa disposition. Bien que les tâches de l'enseignant ne soient pas explicitées, le document de cours suggère une nouvelle forme d'hybridation des pratiques (une centration sur l'activité de l'élève) (Adler 2010). L'évolution de ce document de cours met donc en évidence un processus de transposition original. L'organisation mathématique des manuels CIAM, élaborée dans les années 90 par des mathématiciens africains soucieux de l'importance de leur contexte culturel, est restructurée, actualisée, dans le cadre d'un projet innovant qui ouvre aux acteurs locaux (futurs enseignants, universitaires, conseillers pédagogiques, inspecteurs) un certain nombre de marges d'action. D'une façon certes limitée (la comparaison de deux versions d'un même document de cours), le projet semble transformer des déterminations qui proviennent du niveau de la discipline (niveau 5) et du niveau pédagogique (niveau 6) par le biais d'un dispositif mis en place dans l'institution de formation (au niveau 7 de l'École) (Chevallard 2002).

L'évolution de ce document de cours témoigne du développement d'une organisation mathématique locale (propre à un thème d'étude) qui prend la forme d'un schéma en quatre étapes : (1) activité introductive et énoncé de la propriété ou de la méthode ; (2) activité de démonstration de la propriété ou de la méthode ; (3) exemples (dont certains corrigés) ; (4) exercices. Cette organisation est en rupture avec le schéma traditionnel des manuels CIAM : (1) activité introductive corrigée ou exemples corrigés, (2) énoncé de la propriété ou de la méthode avec éventuelle démonstration, (3) exemples corrigés, (4) exercices. Le contexte camerounais joue un rôle prépondérant dans l'émergence de ce schéma : la réorganisation du thème d'étude (niveau 2) est corrélée à la prise en compte du canevas produit par les encadrants camerounais (niveau 7). La pré-évaluation, centrée sur la rigueur mathématique du document et sur l'apport de compléments en didactique, n'a pas d'impact significatif sur le schéma.

4. Mise à l'épreuve des hypothèses sur quatorze documents de cours

L'étude exploratoire du document de cours R13 « Compléments sur les suites » nous a permis de formuler deux hypothèses sur son évolution : une importante diversification des ressources mobilisées, l'émergence d'un schéma structurant. Nous cherchons à valider ces hypothèses en nous appuyant sur l'ensemble des documents de cours retenus.

4.1 Diversification effective des ressources mobilisées

Nous nous intéressons ici à la diversification des ressources utilisées par les concepteurs des quatorze documents de cours analysés du seul point de vue quantitatif. Notre étude s'appuie sur les ressources matérielles (au sens d'Adler) présentes dans les références bibliographiques et webographiques des documents de cours étudiés.

Analyse des ressources mobilisées

Code	Titre du document de cours	Nb de pages	Nb de réf biblio	Nb de réf web	Différence
R2	Continuité fonctions	57 / 54	5 / 5	1 / 1	0
R3	Dérivation	28 / 34	2 / 3	4 / 4	+1
R4	Fonction dérivée	5 / 19	0 / 6	0 / 0	+6
R5	Application dérivée	19 / 21	0 / 0	0 / 0	0
R13	Compléments sur les suites	23 / 54	2 / 4	1 / 5	+6
R14	Equations différentielles	16 / 41	4 / 8	3 / 2	+3
R15	Similitudes	13 / 25	0 / 0	0 / 0	0
R16	Nombres complexes	29 / 32	0 / 3	0 / 4	+7
R17	Nb complexes : aspects trigonométriques	20 / 29	0 / 6	0 / 2	+8
R18	Applications des nb complexes	19 / 29	2 / 4	1 / 2	+3
R19	Angles orientés	21 / 23	2 / 2	2 / 2	0
R24	Classification isométries planes	8 / 72	0 / 7	0 / 5	+12
R25	Similitudes directes planes	30 / 41	0 / 5	0 / 4	+9
R28	Coniques et paraboles	14 / 15	0 / 2	0 / 3	+5

Tableau 8. Nombre de pages, de références bibliographiques et web respectivement dans la version initiale et la version finale des 14 documents de cours étudiés puis différence du nombre de références

Sur les versions initiales des quatorze documents de cours (Tableau 8) produits avant le séminaire de Paris (novembre 2012), six d'entre eux (R2, R3, R13, R14, R18 et R19) présentent une bibliographie / webographie conforme à la règle « deux références bibliographiques / une référence web ». Dans les versions finales de ces documents de cours (Tableau 8), nous en dénombrons onze (R2, R3, R13, R14, R16, R17, R18, R19, R24, R25 et R28) et seulement deux ne présentent aucune référence (R5, R15). Cet indicateur permet déjà de distinguer les documents de cours qui témoignent du développement d'un travail documentaire chez les concepteurs et ceux qui sont évalués non-conformes à la charte initiale du projet.

Un lien entre l'augmentation du nombre de références et le développement du document de cours en termes de nombre de pages peut être établi. Pour deux documents déjà bien avancés par leurs concepteurs (R2, R19), le nombre de références reste stable. Parmi les huit documents de cours qui ne proposent aucune référence dans leur version initiale (R4, R5, R15, R16, R17, R24, R25, R28), trois d'entre eux (R4, R15, R24) étaient visiblement dans un état d'avancement limité. Dans les versions finales, étoffées, six documents de cours présentent alors des références (R4, R16, R17, R24, R25, R28).

Les exigences de cette enquête documentaire sont donc prises en compte par onze étudiants concepteurs (tous, sauf R4 en raison d'une absence de référence web, R5 et R15 en raison d'une absence de références biblio et web) et conduisent ceux-ci à dépasser des difficultés (signalées dans les fiches personnelles d'évolution du projet) à mobiliser des ressources matérielles (manuels, sites web) en s'appuyant sur des apports africains et français. Très majoritairement, les concepteurs des documents de cours consultent des sites de professeurs de lycées français quand il y a congruence entre les programmes camerounais et français. Pour les documents de cours dont les thèmes ne satisfont pas complètement cette condition (cas en géométrie avec R24, R25, R28), ce sont des sites africains s'appuyant sur les programmes HPM qui sont alors cités. Ce phénomène peut être interprété comme une volonté de s'inscrire dans le contexte socio-culturel local en l'élargissant à un contexte francophone.

Statut de document générateur des manuels CIAM

Les deux manuels CIAM de terminales constituent des références incontournables autant dans les six documents de cours dont les premières versions sont déjà dotées d'une bibliographie que dans les douze documents de cours dont les versions finales sont accompagnées de références. La présence massive de ces manuels (Tableau 9) atteste de l'importance de leur usage dans l'enseignement et la formation et confirme leur statut de documents générateurs (Margolinas & Wozniak 2010). Avec les programmes HPM, ils sont au cœur du processus d'enquête documentaire. Ils sont donc au fondement des organisations mathématiques mises en place dans les documents de cours et les marqueurs d'un ancrage culturel fort.

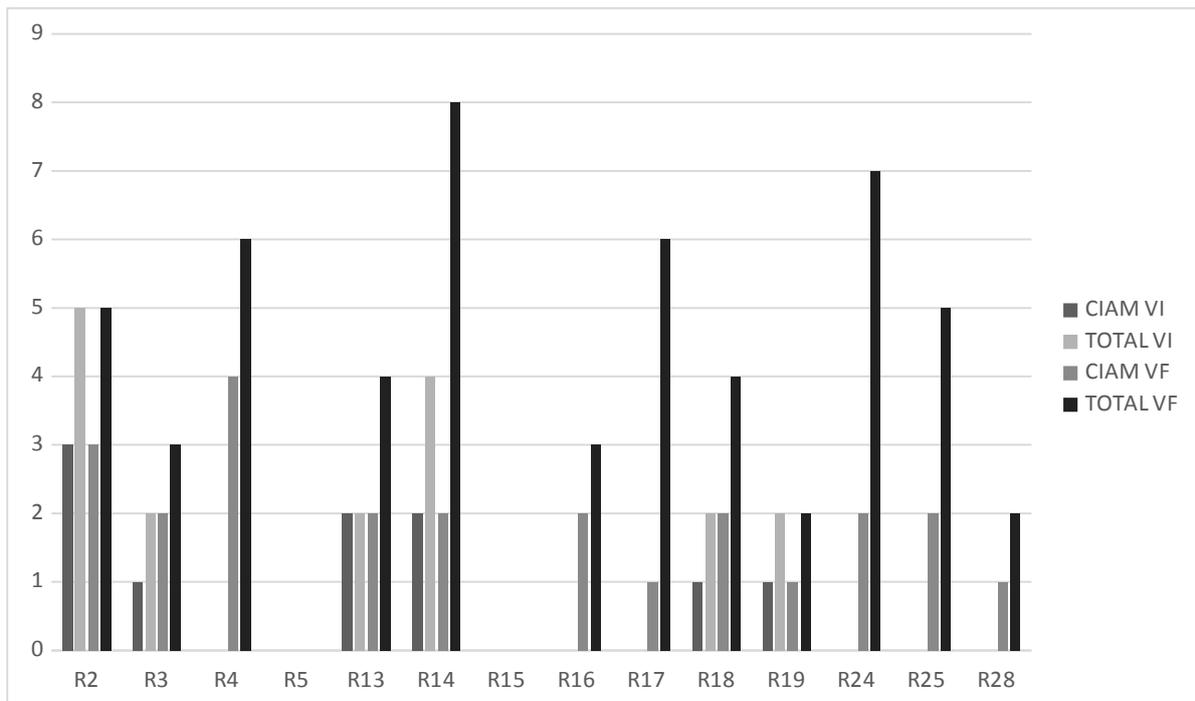


Tableau 9. Nombre de références CIAM et nombre total de références respectivement dans les versions initiales (VI) et finales (VF) des 14 documents de cours étudiés

Des références bibliographiques et web variées

Dans les versions finales, les origines des ressources mobilisées pour réaliser les documents de cours se sont diversifiées au-delà des références aux seuls manuels CIAM. Nous soulignons un recours plus large aux manuels scolaires Majors, Monge et Fractales. Nous constatons, sans plus de précision, que les difficultés d'accès aux ressources relevées par de nombreux concepteurs dans leur fiche personnelle d'évolution du projet sont dépassées par douze d'entre eux (tous sauf R5 et R15).

Cinq documents de cours (R13, R16, R17, R18, R24) comprennent des références mathématiques diversifiées (sites web personnels) et un document de cours (R14) liste trois références de physique. Ces références (manuels africains moins connus, ouvrages pour l'enseignement supérieur, annales de baccalauréat) témoignent d'une démarche de recherche documentaire qui dépasse les limites du seul chapitre de cours pour un niveau donné. Le recours à des manuels de physique traduit chez le concepteur le souci d'une pratique ouverte à l'interdisciplinarité (peut-être suscitée par la formation en didactique lors du séminaire de Yaoundé en mars 2012 et par la pré-évaluation).

Diversification des ressources

Ces éléments permettent de penser que l'enquête documentaire qui constitue le levier du projet PreNuM-AC est bien au cœur du travail de douze des quatorze concepteurs de documents de cours. L'exploration des documents générateurs, les manuels CIAM, est le point de départ d'une enquête documentaire élargie à des ressources humaines (rapport personnalisé de pré-évaluation, interactions avec les encadrants) et matérielles (au sens d'Adler) qui accompagne l'élaboration des documents de cours (contenus et organisation).

Ce premier résultat relatif à la constitution des ressources fait, nous semble-t-il, résonance avec une hypothèse d'Adler. Le projet, parce qu'il présente explicitement une « perspective d'exploitation des ressources pour la formation des professeurs de mathématiques [...] pourrait faciliter leur action et leur réflexion sur l'action » (Adler 2010, p.35). Pour douze des quatorze documents retenus, nous pouvons donc considérer qu'il y a une forte diversification des ressources utilisées pour réaliser un document de cours « riche » mais que cette diversification ne remet pas pour autant en question le statut de « document générateur » des deux manuels CIAM TSM et TSE. Le caractère « intercivilisationnel », « intersociétal » de cette enquête explique la diversification déjà notée pour le document de cours R13 grâce à une fructification d'apports qui relèvent des deux contextes nord / sud en termes de niveaux de codétermination supérieurs. Mais le contexte éducatif local (l'Ecole, niveau 7) confirme la présence d'un document générateur (manuels CIAM) culturellement fédérateur.

4.2 Evolution des organisations mathématiques et émergence d'un schéma structurant

Comme nous l'avons souligné précédemment, l'appui sur les manuels CIAM est conforme au cadre du projet : le sommaire des manuels et leur contenu recouvrent l'ensemble des intitulés des documents de cours. Par exemple, le chapitre « Nombres complexes » (27 pages) du manuel CIAM TSM est constitué de trois paragraphes (étude algébrique, étude trigonométrique, utilisation des nombres complexes). Il donne naissance à trois documents de cours (« Ensemble des nombres complexes », « Nombres complexes : aspects trigonométriques », « Nombres complexes : applications des nombres complexes ») comprenant chacun une trentaine de pages. La prise en compte de cette contrainte de découpage du chapitre impose, en dehors d'une certaine coopération entre concepteurs chargés d'un même thème d'étude (dans ce cas, les nombres complexes), un travail documentaire d'adaptation, de développement, dont témoigne dans les faits la transformation d'un paragraphe de manuel de quelques pages en un document de cours d'au moins une vingtaine de pages. Mais, plus précisément, nous cherchons à appréhender comment les concepteurs révisent, réorganisent, développent les ressources dont ils disposent pour élaborer leurs documents de cours. Comment caractériser l'évolution entre des versions originelles qui réfèrent beaucoup à l'organisation des manuels CIAM et les versions finales produites après le cadrage complémentaire en novembre 2012 ? Dans le cadre de cet article, nous ne pouvons pas présenter et analyser les évolutions de l'ensemble des documents de cours étudiés. Nous proposons donc deux études de cas qui nous paraissent significatives du rôle joué par le cadrage complémentaire dans l'évolution des documents de cours. Le document R2 « Continuité des fonctions » est en grande partie élaboré avant que ne soit introduit le cadrage complémentaire tandis que le document R14 « Équations différentielles » est dans un état d'avancement limité à la même période.

Étude de cas : évolution des organisations mathématique et didactique de R2 et R14

Considérons donc le document de cours R2 « Continuité des fonctions » dont la version initiale présente un cours *a priori* complet et le document de cours R14 « Équations différentielles » dont la version initiale ne traite que de la première partie du contenu « Résolution des équations différentielles linéaires du premier ordre à coefficients constants ». Nous observons dans les versions finales des documents R2 (Tableau 10) et R14 (Tableau 11) une nette augmentation du nombre d'activités introductives, une forte augmentation du nombre d'activités de démonstration et une augmentation significative d'exercices surtout non corrigés.

R2	Etape 1			Etape 2	Etape 3	Etape 4
	Activités introductives	Propriétés	Définitions	Activités de démonstration	Exemples	Exercices en fin de chapitre
VI 57p	10 (5 corrigées)	22 (10 démontrée)	7	0	23 corrigés	20 (2 corrigés)
VF 54p	21 (1 corrigée 2 activités de démonstration non corrigées)	17 (1 démontrée)	7	9 (2 activités introductives non corrigées)	21 corrigés	31

Tableau 10. Organisation des versions initiale (VI) et finale (VF) de R2

R14	Etape 1			Etape 2	Etape 3	Etape 4
	Activités introductives	Propriétés	Définitions	Activités de démonstration	Exemples	Exercices en fin de chapitre
VI 16p	4 corrigées	4 (2 démontrée)	4	0	7 corrigés	0
VF 41p	9 corrigée (5 activités de démonstration)	9 (1 démontrée)	4	6 (5 activités introductives corrigées)	11 corrigés	22 (1 corrigé)

Tableau 11. Organisation des versions initiale (VI) et finale (VF) de R14

Cette évolution témoigne d'un travail de réorganisation pour R2 et d'un travail de développement pour R14 des documents générateurs, les manuels CIAM. Nous pouvons donc témoigner que les concepteurs ont élaboré une organisation mathématique originale autour d'un thème d'étude (niveau 2) (Chevallard 2002) grâce à l'appui de la charte du projet et du cadrage complémentaire ainsi que d'un travail soutenu et régulé par les encadrants. Il apparaît que la pré-évaluation n'intervient pas sur le schéma.

Au-delà de ces constats, comment identifier ce qui rénove et règle l'organisation des documents de cours dans leurs versions finales ? Peut-on identifier un schéma récurrent, tel que celui que nous avons fait émerger en étudiant le document R13 ? Ce schéma en quatre étapes « (1) activité introductive et énoncé de la propriété ou de la méthode, (2) activité de démonstration, (3) exemples, (4) exercices » est-il repérable dans ces deux documents ?

Étude de cas : analyse du schéma de R14

Nous nous intéressons au paragraphe « Résolution d'une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants sans second membre ». Dans la version initiale de R14 (Tableau 12), nous relevons une structure fortement inspirée par celle du manuel CIAM TSE : activité corrigée / théorème et démonstration / exemple corrigé.

Activité 6.1.2

On considère l'équation différentielle (E) : $y' + 5y = 0$

1) Montrer que la fonction h définie sur \mathbb{R} par $h(x) = e^{\lambda x}$ ($\lambda \in \mathbb{R}$) est une solution de (E) si et seulement si $\lambda = -5$.

2) Montrer que les fonctions f et g définies de \mathbb{R} vers \mathbb{R} par $f(x) = 3e^{-5x}$ et $g(x) = ke^{-5x}$ ($k \in \mathbb{R}$) sont des solutions de (E).

Théorème (propriété) 6.1.3

Soit (E) l'équation différentielle $y' + ay = 0$ ($a \in \mathbb{R}^*$) et f une fonction de \mathbb{R} vers \mathbb{R} .

f est une solution de (E) si et seulement si pour tout nombre réel x on a : $f(x) = ke^{-ax}$ ($k \in \mathbb{R}$).

Démonstration (preuve) (copie manuel CIAM TSE p.193 avec étapes de l'activité précédente).

Exemple d'application 6.1.4

Dans chacun des cas suivants, déterminer la famille solution de l'équation différentielle.

(E1) : $y' + 2y = 0$ (E2) : $y' - 3y = 0$ (E3) : $4y' + 3y = 0$

Tableau 12 – Version initiale de R14 (p.10 à 12)

Dans la version finale (Tableau 13), en introduction, une activité de démonstration précède la propriété qui, énoncée, donne suite à des remarques et des exemples d'application. Le schéma relevé ici ne suit pas celui du document R13. Un invariant reste la présence d'une activité de démonstration non corrigée qui débute le document de cours. La mise en œuvre d'un schéma qui écarte d'emblée l'activité corrigée rend compte de l'adaptation, de la révision, des manuels classiques tels que les CIAM et du rôle crucial imposé par le canevas produit par les encadrants camerounais (niveau 7). Elle révèle encore ici le processus de transformation d'un modèle d'apprentissage piloté par des inspecteurs (des activités donnant sens à un apprentissage par compétences, des objectifs décrits en termes de tâches) et par des universitaires soucieux de développer les capacités à démontrer. Au niveau de co-détermination de la Pédagogie (niveau 6), elle témoigne en effet de la volonté des encadrants de dépasser une pédagogie transmissive, adaptée aux effectifs africains pléthoriques, pour placer l'élève plus systématiquement en activité. Le nombre des activités et exemples (une déclinaison de tâches au sens de Chevillard), très élevé, atteste d'un apprentissage basé sur la répétition. Le rôle des propriétés qu'il ne suffit plus d'énoncer ou illustrer par des exemples mais qui conduit presque systématiquement à des activités de démonstration met l'accent sur le développement d'un environnement technologico-théorique au niveau 5 de co-détermination de la Discipline.

Activité 2.1

On donne l'équation différentielle (E) : $f' + af = 0$, $a \in \mathbb{R}$. f étant une fonction de la variable réelle x définie sur \mathbb{R} .

- 1) La fonction nulle est-elle solution de (E) ?
- 2) Déterminer pour $a=0$ toutes les solutions de (E).
- 3) On suppose maintenant que $a \neq 0$ et que la fonction f ne s'annule pas sur \mathbb{R} .

3a) Montrer que $(E) \Leftrightarrow \frac{f'}{f} = -a$.

3b) En intégrant chaque membre, déterminer l'expression de la fonction f .

3b) Combien (E) a-t-elle de solutions ?

4) Quelles sont les étapes à suivre dans la résolution des équations différentielles du type $y' + ay = 0$?

Propriété 2.1

Soit (E) l'équation différentielle $y' + ay = 0$ ($a \in \mathbb{R}$) et f une fonction de la variable réelle x définie de \mathbb{R} vers \mathbb{R} . f est une solution de (E) si et seulement si pour tout nombre réel x on a : $f(x) = ke^{-ax}$ ($k \in \mathbb{R}$).

(cas des équations $y' - ay = 0$ et $ay' + by = 0$).

Exemple d'application 2.1

Dans chacun des cas suivants, déterminer la famille de solutions de l'équation différentielle.

(E1) : $y' + 2y = 0$ (E2) : $y' - 3y = 0$ (E3) : $4y' + 3y = 0$

En déduire dans chaque cas la solution vérifiant la condition initiale $y(1) = -1$.

Tableau 13. Version finale de R14 (p 7 à 9)

Étude de cas : analyse du schéma de R2

Nous nous intéressons au traitement du théorème des valeurs intermédiaires. Dans la version initiale, le théorème est introduit après une étude de cas (activité introductive) non corrigée. La démonstration (Tableau 14), extraite du manuel Monge (p.93), est elliptique (appui implicite sur la continuité de la fonction). Le concepteur élude partiellement l'importance du registre graphique (une simple référence discursive – charge à l'élève de produire le graphique) pour favoriser chez l'élève une meilleure représentation de la propriété.

Théorème 2.1

Soient f une fonction continue sur un intervalle I , a et b deux éléments de I . Tout nombre réel compris entre $f(a)$ et $f(b)$ a au moins un antécédent par f compris entre a et b .

Interprétation graphique (sans présence de représentation graphique).

Le plan étant muni d'un repère orthonormal, soit (C) la représentation graphique de la restriction de f à l'intervalle I .

Alors pour toute valeur y_0 comprise entre $f(a)$ et $f(b)$, la droite d'équation $y=y_0$ coupe (C) en au moins un point entre a et b , d'ordonnée y_0 .

Démonstration

On sait que $f([a; b])$ est un intervalle K .

Soit y_0 un réel compris entre $f(a)$ et $f(b)$. K étant un intervalle, on a $[f(a); f(b)] \subset K$ si $f(a) < f(b)$ (et $[f(b); f(a)] \subset K$ si $f(b) < f(a)$). Ainsi $y_0 \in K$.

Or $K = f([a; b])$. Donc $y_0 \in f([a; b])$. On en déduit par définition de $f([a; b])$ que y_0 a au moins un antécédent compris entre a et b .

Tableau 14. Version initiale de R2 (p.28)

Dans la version finale du document de cours (Tableau 15), l'activité de « démonstration » succède à une introduction présentant l'utilité du théorème. La problématisation n'est pas à la charge de l'élève mais la justification des étapes nécessite une réactivation de propriétés précédemment étudiées. Le déroulé des étapes est congruent à l'organisation linéaire de la démonstration : la dernière étape en délivre l'enjeu. Cette activité prend tout son sens grâce à l'activité non corrigée qui la suit (une étude de cas comprenant une représentation graphique qui cette fois impose une interprétation graphique) et illustre le théorème qui est alors énoncé et suivi d'une interprétation graphique.

Activité 2.1.8

Soient f une fonction continue sur un intervalle I et a, b deux éléments de I .

- 1) Justifier que $f([a; b])$ est un intervalle fermé K . Soit y_0 un réel compris entre $f(a)$ et $f(b)$.
- 2) Montrer que l'intervalle formé par $f(a)$ et $f(b)$ (i.e. $[f(a); f(b)]$ ou $[f(b); f(a)]$) est inclus dans K (utiliser la propriété 2.1.1).
- 3) Ensuite montrer que y_0 est dans K .
- 4) Déduisez-en que y_0 a au moins un antécédent compris entre a et b (utiliser la définition de l'image d'un intervalle).

Tableau 15. Version finale de R2 (p.23)

Tout comme pour R14, l'activité de démonstration joue un rôle de pivot dans le schéma qui est mis en œuvre même si on ne retrouve pas les quatre étapes identifiées dans R13. La présence d'un schéma qui tend à développer chez l'élève, via une activité de recherche étayée, la capacité à s'approprier des démarches déductives, témoigne d'une stratégie pédagogique de conception de cours qui se différencie des stratégies traditionnelles des manuels (y compris les CIAM). Elle montre encore l'impact que le canevas produit par les encadrants camerounais

(niveau 7) a pu avoir sur les stratégies pédagogiques proposées dans les deux documents dont nous venons d'étudier des extraits.

Analyse de l'ensemble des documents évalués conformes

Nous pouvons témoigner de la présence d'un schéma qui place toujours l'activité de démonstration en amont de l'énoncé de la propriété ou de la méthode, que cette activité débute le cours ou non, dans l'ensemble des documents jugés conformes par les évaluateurs camerounais (les inspecteurs garants de la pertinence des activités pédagogiques). L'évolution de l'organisation des documents de cours et la place octroyée à l'activité de démonstration mettent en évidence l'usage en pratique (faire un cours) de certaines ressources utilisées (Adler 2010). Le savoir à enseigner apparaît comme une rénovation d'un savoir de référence historiquement lié aux programmes HPM. Il résulte d'un travail de réappropriation de contenus mathématiques, de mise en réseau, de confrontation avec d'autres textes de savoir à enseigner, de l'adoption des exigences du cadrage complémentaire qui permet de modifier les organisations mathématique et didactique. Cette rénovation est encore lisible en termes de dialectique entre niveaux de co-détermination didactique (Chevallard 2002). L'influence des universitaires garants de la scientificité des contenus et porteurs d'une vision sociétale de l'éducation mathématique pour entrer dans l'enseignement supérieur marque les liens entre mathématique et société. Par leur action pédagogique, les inspecteurs promoteurs d'une pédagogie active et d'une approche par compétences tendent à faire bouger les lignes de la pédagogie (niveau 6), tandis que le rôle des conseillers pédagogiques, les plus aptes à garantir l'adaptabilité des activités pour des classes de terminales, est de cautionner cette nouvelle organisation au sein d'une composante de l'École (des classes de terminales, au niveau 7). Nous ne possédons cependant pas plus amples informations sur la mise en œuvre de ces documents en classe.

Nos analyses nous permettent donc de confirmer que les concepteurs ont produit des organisations mathématiques locales (au niveau 2, sur un thème) qui se distinguent de celles adoptées dans les manuels de référence. Ces organisations sont structurées par un schéma qui traduit une stratégie centrée sur l'activité de l'élève. La fonction majeure de l'activité de démonstration fait que l'étude des notions s'est déplacée d'un mode « exposition / application » vers un mode « questionnement démonstratif / construction et utilisation d'une notion ». Cette stratégie inédite sous-tend toutefois un modèle de questionnement, créé *a priori* par l'enseignant via le cours, que l'élève doit assimiler par répétition. Ce qui est tangible, c'est que les futurs professeurs se sont appropriés un modèle de schéma pédagogique pour concevoir des leçons et que ces futurs professeurs disposent d'un panel de leçons « rénovées », « légitimées » au niveau de l'École (niveau 7), leur permettant de couvrir une part importante des programmes de terminales scientifiques. Cette appropriation est fortement liée à un ensemble de niveaux de co-détermination qui relèvent du seul contexte camerounais.

5. Discussion

Nous analysons en quoi nos résultats nous permettent de considérer que ce projet a pu agir sur le développement professionnel des concepteurs des documents de cours. Nous montrons d'abord comment les interactions entre les responsables du projet au nord et au sud ont influencé le développement de PreNuM-AC : une minoration des attendus en termes de construction de ressources numériques pour les acteurs du nord au profit d'une formation

initiale des étudiants-concepteurs répondant à des besoins forts pour les acteurs du sud. Nous dégagons ensuite, à partir des résultats que nous avons obtenus (la diversification des ressources mobilisées, l'émergence d'une organisation mathématique novatrice et d'un schéma structurant), deux leviers de formation qui ont pu contribuer à développer des gestes professionnels : (1) faire face au problème professionnel qui consiste à préparer une leçon ; (2) proposer des pratiques pédagogiques novatrices adaptées aux enjeux sociétaux.

5.1 La dimension « formation initiale des futurs professeurs » en filigrane du projet

Le développement du projet PreNuM-AC, dont nous avons esquissé le modèle en termes de niveaux de co-détermination didactique, accompagne la genèse de documents de cours marqués initialement par la charte du projet. Celle-ci renvoie à un consensus nord / sud sur la nature et la fonction de productions numériques compatibles avec les besoins éducatifs (certes au niveau des classes de terminales scientifiques) du continent africain. Certaines prescriptions du cadrage complémentaire (appui sur des articles de recherche issus d'une bibliographie presque exclusivement française, présence de feuilles WIMS) ont cependant été rejetées au profit d'une centration sur une pédagogie innovante. Le canevas des camerounais, qui vise une relecture des programmes en termes d'objectifs pour l'enseignant et de capacités pour les élèves, qui promeut un modèle d'apprentissage à partir d'activités exemplaires, influence de manière tangible l'organisation et les contenus des documents de cours produits. Le rôle des pré-évaluateurs (contexte nord) peut s'illustrer dans la prise en compte d'un certain nombre de conseils (rappel au respect des contraintes de la charte, rigueur scientifique, propositions de sites web ou d'articles de recherche) et expliquer en partie la diversification des ressources mobilisées par les étudiants. Mais il est évident que l'accompagnement des encadrants camerounais joue un rôle majeur (ne serait-ce que parce que la validation du document de cours entre dans celle du mémoire professionnel).

Il nous semble légitime d'affirmer que les instances relevant des niveaux de co-détermination didactique spécifiques au contexte camerounais (niveaux supérieurs comme inférieurs) ont joué un rôle qui leur était certes dévolu dans la mise en œuvre du projet PReNuM-AC mais qu'ils l'ont encore orienté vers une mission qui n'était pas explicitement exprimée dans le pilotage du projet : fournir une formation innovante à de futurs enseignants.

5.2 Faire face à un problème professionnel

Concevoir des documents de cours place les futurs enseignants face à un problème professionnel : préparer un cours pour des élèves de classes scientifiques en Afrique centrale. Le travail du concepteur n'est pas un travail solitaire : c'est en collaboration avec d'autres concepteurs (chargés du même thème d'étude ou de thèmes connexes), avec son conseiller pédagogique, son inspecteur, l'universitaire qui le suit, qu'il doit mener son travail documentaire. La nécessité de déterminer précisément des objectifs pédagogiques spécifiques impose d'étudier en parallèle programmes et manuels qui, rappelons-le, ne sont pas formulés en ces termes. La détermination des objectifs spécifiques est exigée pour construire et structurer les différentes parties du document de cours. Les objectifs, exprimés en type de tâches (ou plus largement en termes de connaissances et capacités), inscrivent les contenus du programme dans le cadre d'une approche par compétences. Nous relevons que la présence des objectifs est soulignée par les inspecteurs évaluateurs camerounais, garants du respect des programmes, dans leurs évaluations finales. Les objectifs s'inscrivent aussi dans la durée des

apprentissages. Les documents de cours témoignent d'une réflexion en termes d'organisations praxéologiques non réduites à des organisations ponctuelles, mais locales, par le biais de retours sur de « l'ancien » ou de liens avec des praxéologies connexes. Par exemple, pour R2 (continuité des fonctions), la bibliographie comprend des références CIAM de terminale mais aussi de première. Plus généralement, des rubriques « prérequis », « liens avec les autres parties du programme » signalent un travail de mise en réseau des notions étudiées. Les ressources à disposition constituent à la fois un système de conditions et de contraintes : un appui sur des manuels en vigueur mais la liberté d'utiliser d'autres manuels ou des sites web, une charte initiale dont l'application nécessite une adaptation dans le contexte des institutions où elle doit être prise en compte.

Le projet constitue donc un outil pour la formation initiale : le futur professeur doit étudier des « réponses » à son problème professionnel en mettant à profit les ressources humaines et matérielles (Adler 2010) dont il dispose. Le caractère « outil pour la formation initiale » est identifiable dans la manière dont les futurs enseignants s'emparent du canevas des camerounais. Celui-ci traduit précisément les attentes des formateurs / encadrants en termes de compétences professionnelles (une expertise mathématique au-delà de la maîtrise des procédures, la mise en place de stratégies pédagogiques) (Adler 2010). Son impact sur l'évolution des documents de cours est tangible : il oriente l'enquête documentaire, régule le travail sur le choix des activités. L'adoption d'un schéma règle l'étude du cours, le rôle des exemples, la place octroyée aux activités de démonstration. Ces exigences témoignent encore du souci de l'institution de formation d'adapter ces documents de cours au contexte de l'enseignement africain. Enfin, la conception des documents de cours est une composante importante de la formation professionnelle initiale puisque ce travail nourrit par ailleurs le mémoire qui évaluera les compétences du futur enseignant.

5.3 Transformer ses pratiques potentielles en tenant compte du contexte culturel

Avec l'accompagnement de leurs encadrants, les futurs professeurs sont amenés à remettre en question un modèle d'enseignement transmissif et à promouvoir l'activité des élèves dans un contexte où les effectifs sont souvent pléthoriques. Le document de cours constitue alors un outil d'apprentissage pour l'élève, suppléant l'activité de l'enseignant. En proposant à l'élève un cheminement cognitif balisé, axé sur une démarche démonstrative, le document de cours est un moyen pour le professeur d'organiser l'étude. Régulé plutôt sur le mode exposition / application dans sa version initiale, le document de cours enchaîne, dans sa version finale, une suite d'organisations mathématiques ponctuelles (ciblées sur un type de tâche exprimé par un objectif spécifique) structurées par un questionnement démonstratif. Nous avons souligné le rôle majeur des manuels CIAM. Nous leur avons conféré le statut de documents générateurs (Margolinas & Wozniak 2010) qui n'est pas anodin dans le contexte donné. Rappelons que ces manuels (en lien avec les programmes HPM) sont à l'origine d'une conception novatrice de l'enseignement mathématique en Afrique francophone. Mais si les manuels CIAM sont caractérisés, d'une part par la volonté d'introduire nombre de notions par des activités introductives qui permettent à l'élève (à partir d'un cas) de donner du sens à ces notions, d'autre part de favoriser l'activité de l'élève, ils demeurent des manuels limités en nombre de pages. Ils n'expriment pas, en termes de capacités, l'objectif d'apprentissage attendu. Ils ne proposent pas un étayage particulier pour favoriser l'activité de démonstration. La charte initiale du projet et le cadrage complémentaire dont s'emparent les concepteurs des documents constituent des outils pour adapter, réviser, développer des manuels tout en

préservant des aspects fondamentaux. Les activités dites de motivation se multiplient dans les documents de cours sous le dénominateur d'activités multifonctionnelles (introductives, démonstratives, d'application). Ce constat s'explique par le travail coopératif et témoigne du fait que les futurs professeurs ont mis à profit le travail en équipe pluri-catégorielle pour initier *a priori* des pratiques innovantes mais adaptées au contexte.

Conclusion et perspectives

La genèse des documents de cours et les enquêtes documentaires, ont peut-être permis au futur professeur de mieux prendre conscience des divers niveaux de co-détermination (au sens de Chevallard 2002) qui peuvent peser sur le savoir à enseigner. L'étude d'un thème mathématique peut l'avoir conduit à s'interroger au niveau de la discipline : des mathématiques « pures de tout mélange épistémologique » ou au contraire « se nourrissant de non-mathématique » (Chevallard 2002). Les ressources et ses encadrants lui auront permis de prendre la mesure des contraintes pédagogiques (les programmes, les modèles d'apprentissage préconisés), des contraintes de l'institution « classes de terminales scientifiques » et, enfin, des attentes d'une société qui vise l'amélioration de la formation scientifique de ses élites dans le contexte de l'Afrique centrale francophone. Les diverses compétences développées nous permettent de penser que ce projet de production de documents de cours est un dispositif de formation initiale innovant. Il présente l'intérêt de faire émerger des besoins professionnels et de fournir des ressources dont l'adaptation est l'enjeu d'un travail collaboratif.

Notre étude est toutefois marquée par un certain nombre de limites. L'absence de réflexion pédagogique relative à une mise en œuvre des séances en classe ne nous permet pas de prélever plus finement des traces de développement professionnel chez les futurs professeurs. L'influence du modèle de ressources véhiculé lors du séminaire de Yaoundé en mars 2012 ne sera pas réellement sensible dans les productions étudiées et les différents éléments de formation proposés seront très peu exploités par les concepteurs des ressources. Les articles de recherche (pour l'essentiel issus des revues *Repères IREM* et *Petit x*¹⁵, suggérés par les pré-évaluateurs) qui auraient pu permettre aux étudiants une réflexion didactique ont été inégalement exploités : seuls quatre documents de cours sur quatorze comprennent des éléments de mise en œuvre et/ou de référence à des travaux de recherche en didactique. Nous n'avons pas abordé la question de l'usage des TICE pour l'enseignement qui constitue un enjeu fort et innovant. S'il convient de souligner que la rédaction des documents de cours met en évidence la maîtrise des TIC (et notamment du LaTeX) par les futurs professeurs, ceux-ci n'ont pas réellement exploité les potentialités des TICE pour les élèves (pas de référence à l'usage des exercices WIMS). Des exercices WIMS ont été proposés dans les documents de cours, grâce au soutien d'un enseignant du Cameroun, expert TICE, qui a fortement guidé les étudiants.

Des perspectives se dressent par ailleurs. Le partenariat entre les ENS de Yaoundé et de Brazzaville, l'IREM de Paris et le LDAR pourrait ultérieurement être porteur d'enseignements et de dynamique pour d'autres pays de l'Afrique centrale francophone. Le fait d'avoir impliqué dans le projet des étudiants de 4^e et 5^e année des ENS, futurs enseignants de mathématiques de lycée, est un moyen d'initier une démarche de production et d'usages de

¹⁵ Revues destinées aux enseignants et disponibles sur l'Internet.

ressources, via les réseaux, chez les nouveaux enseignants. La création d'institutions de type IREM (effective à Brazzaville) peut trouver dans ce projet, qui a mis en synergie des acteurs de divers statuts, des conditions pour asseoir une légitimité officielle. A plus long terme, l'usage des TICE et la diffusion de méthodes pédagogiques qui donnent davantage de place à l'activité des élèves permettront d'envisager des programmes comportant une certaine part d'innovation¹⁶.

BIBLIOGRAPHIE

- ADLER J. (2010) La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques. In Guedet G. & Trouche L. (Eds.) *Ressources Vives, Le travail documentaire des professeurs en mathématiques*. Rennes : INRP, Presses Universitaires de Rennes.
- ARTIGUE M. & WINSLOW C. (2010) International comparative studies on mathematics education: a view point from the anthropological theory of didactics. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **30.1**, 47-82.
- BAHEUX C., GALISSON M-P., CHENOVOTOT F. & GÉLIS J-M. (2015) Projet d'innovation au Cameroun et développement professionnel. In Theis L. (Ed), *Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage, Actes du 6^e colloque Espace Mathématique Francophone (EMF 2015 – GT6, 10-14 octobre 2015) (551-565)*. Alger, Algérie : Faculté de mathématiques.
- CHEVALLARD Y. (1999) L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **19.2**, 221-265.
- CHEVALLARD Y. (2002) Organiser l'étude. Ecologie et régulation. In Dorier J. L., Artaud M., Artigue M., Berthelot R, Floris R. (Eds.). *Actes de la XI^{ème} école d'été de Didactique des Mathématiques*. Grenoble : La pensée Sauvage.
- CHEVALLARD Y. (2007) Éducation & didactique : une tension essentielle. *Education & didactique* **1.1**, 9-28.
- COPPÉ S. (2011) La réforme de la formation des enseignants en France en 2010. *Petit x*, **85**, 53-71.
- DJEUMENI TCHAMABE M. (2015) La formation pratique des enseignants au Cameroun, *Formation et Profession*, **23.3**, 169-180.
- FONKOUA P. (2007) La formation des enseignants et le développement durable en Afrique : d'une situation locale à une préoccupation globale. In Karsenti T., Garry R-P., Bechoux J., Tchameno Ngamo S. (Eds.). *La formation des enseignants dans la francophonie : diversités, défis et stratégies d'action*. Montréal : AUF.
- GÉLIS J-M. CHENOVOTOT F., GALISSON M-P. & BAHEUX C. (2017) Disséminer la recherche en technologies éducatives dans les pays en voie de développement, une approche issue du projet PReNuM-AC. *Frantice.net, Numéro spécial 12-13* (décembre 2016).
- GRUGEON-ALLYS B. (2009) Les pratiques des enseignants débutants de mathématiques : vers des ingénieries de formation. In Kuzniak A. & Sokhna M. (Eds), *Enseignement des mathématiques et développement : enjeux de société et de formation, Actes du 4^e colloque Espace Mathématique Francophone EMF2009* (293-306).

¹⁶ Cette recherche a été financée par le LDAR et l'Université d'ARTOIS. Elle a bénéficié des conseils de Michèle ARTIGUE, Jean-Baptiste LAGRANGE, Ana MESQUITA et Bernadette DENYS.

- KUZNIAK A. (2007) Savoir mathématique et enseignement didactique et pédagogique dans les formations initiales du premier et du second degrés. *La question des contenus en formation des enseignants, Recherche et formation*, 55, 27-40.
- MARGOLINAS C. & WOZNIAC F. (2010) Rôle de la documentation scolaire dans la situation du professeur : le cas de l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire. In Gueudet G. & Trouche L. (Eds.) *Ressources Vives, Le travail documentaire des professeurs en mathématiques*. Rennes : INRP, Presses Universitaires de Rennes.
- TCHAMENO NGAMO S. (2007) TIC et formation des enseignants au Cameroun. In Karsenti T., Garry R-P, Bechoux J, Tchameno Ngamo S (Eds.) *La formation des enseignants dans la francophonie : diversités, défis et stratégies d'action*. Montréal : AUF.
- TOURÉ S. (2002) L'enseignement des mathématiques dans les pays francophones d'Afrique et de l'Océan Indien. *Zentralblatt für Didaktik des Mathematik ZDM*, 34.4, 175-178.
- TRAORÉ K. & BARRY S. (2007) La problématique d'une voie africaine en didactique des mathématiques : vrais et faux enjeux. *RADISMA*, 2.
- HAYE G., DE NARP E., RANDE B. & SERRA E. (1989). Collection « Fractale » Analyse terminales C et E dirigée par BONTEMPS G. France : Bordas.
- MANUEL TSM (Terminale Sciences Mathématiques – terminale C) *Collection Inter-Africaine de Mathématiques (CIAM)*. France : EDICEF.
- MANUEL TSE (Terminale Sciences Expérimentales – terminale D) *Collection Inter-Africaine de Mathématiques (CIAM)*. France : EDICEF.
- MONGE M., AUDOUIN-ERGOROFF M-C. & LEMAIRE-BODY F. (1974). Mathématiques terminales C et E. France : Belin.
- MONGE M., AUDOUIN-ERGOROFF M-C. & HAUTCOEUR-TARDIEU S. (1973). Mathématiques terminale D. France : Belin.
- MVOMO OTAM C. & al (2012). (Terminales C et E). Collection Majors en mathématiques. ASVA Education. Mars 2012.

Annexe : Extrait du canevas des camerounais - les exemples d'activités

Exemple 1 : activité permettant la découverte d'un savoir

Enoncé de l'activité (objectif visé : définir l'intégrale de a à b d'une fonction f et découvrir les propriétés)	Commentaire
1. Soit f telle que $f(x) = 2x$. 1.a. Déterminer 3 primitives F , G et H de f . 1.b. Calculer $F(-1) - F(3)$; $G(-1) - G(3)$; $H(-1) - H(3)$. 1.c. Que constatez-vous ? Note : Le réel obtenu en 1.b. est appelé intégrale de 3 à -1 de la fonction f et est noté : $\int_3^{-1} f(x) dx$	La fonction utilisée est simple en ce qui concerne la détermination de ses primitives
2. Soit g telle que $g(x) = 3x^2 + 1$. Calculer : $\int_1^3 g(x) dx$ et $\int_0^{-2} g(x) dx$	Renforcer l'objet découvert
3. Soit h une fonction définie dans un intervalle $[a; b]$. 3.a. Donner une condition suffisante d'existence de $\int_a^b h(x) dx$ 3.b. Sous cette condition, qu'appelle-t-on intégrale de a à b de h ?	Négocier la transférabilité en invitant à généraliser Une activité n'est pas nécessairement restreinte à un objectif

Une seconde activité peut accompagner celle-ci pour découvrir et établir des premières propriétés.

Exemple 4 : activité d'institutionnalisation

La seconde activité dite d'institutionnalisation doit permettre à l'élève de démontrer si c'est nécessaire.

Enoncé de l'activité (objectif visé : prouver que le module d'un produit de complexes est le produit des modules)	Commentaire
1. Soient $z = r(\cos\theta + i \sin\theta)$ et $z' = r'(\cos\theta' + i \sin\theta')$. 1.a. Justifier que $(\cos\theta + i \sin\theta)(\cos\theta' + i \sin\theta') = \cos(\theta + \theta') + i \sin(\theta + \theta')$ 1.b. En déduire que : $ zz' = z z' $ et $\arg(zz') = \arg z + \arg z'$ 1.c. Quelles sont alors les étapes clefs pour établir les résultats de 1.b. ? 2. Soit n un entier naturel non nul 2.a. Justifier que $(\cos\theta + i \sin\theta)^n = \cos(n\theta) + i \sin(n\theta)$ 2.b. En déduire le module et l'argument de z^n . 2.c. Quelles sont alors les étapes clefs ?	Démonstration guidée L'élève est invité à se donner des repères pour la refaire de lui-même Une activité peut concerner plusieurs propriétés sœurs