

Maîtrise des connaissances professionnelles TPACK d'enseignants : le cas de l'intégration de la simulation informatique dans l'enseignement technique camerounais en électronique

Teachers' TPACK Professional Knowledge Mastering: The case of computer simulation integration in Cameroonian technical education in electronics programs

Georges Modeste Dabove Foueko, l'Université de Maroua

Raquel Becerril Ortega, Université de Lille & INRIA

Résumé

Cet article se veut une contribution à l'étude des connaissances professionnelles activées par les enseignants lorsqu'ils mobilisent des technologies en classe. L'analyse des domaines de connaissances s'appuie sur la catégorisation dite de *Technological Pedagogical and Content Knowledge* (TPACK) élaborée par Mishra et Koehler (2006) à partir de la modélisation de Shulman (1986; 1987) sur les connaissances de base des enseignants. De nombreuses recherches s'attachent à développer ce modèle TPACK et en particulier l'intégration de la technologie dans les processus d'enseignement et d'apprentissage. Elles peuvent concerner l'enseignement primaire, secondaire et/ou universitaire (Su & Foulger, 2019). Cependant, les études se développant en contexte africain sont peu nombreuses, se déroulent en contexte anglophone (Kihzoza et al., 2016) et se focalisent majoritairement sur l'introduction de technologies dans les écoles. Notre recherche étudie le niveau de maîtrise des connaissances professionnelles d'une trentaine d'enseignants du secondaire exerçant dans cinq lycées techniques du Cameroun. À l'aide d'un questionnaire d'autopositionnement de Likert, nos résultats s'organisent selon trois statuts de maîtrise des connaissances professionnelles : insuffisant, satisfaisant et expert. En révélant les différents niveaux dans les domaines de connaissances en question, ce travail contribue à définir les actions de formation à entreprendre en direction des enseignants en vue de développer leur professionnalité.

Mots clés : connaissances professionnelles; TPACK; électronique; simulation informatique; formation des enseignants

Abstract

This article is intended as a contribution to the study of the professional knowledge activated by teachers when mobilizing technologies in the classroom. The analysis of knowledge domains is based on the categorization of *Technological Pedagogical and Content Knowledge* (TPACK)

developed by Mishra and Koehler (2006) and Koehler and Mishra (2009) build on Shulman's (1986-1987) model of teachers' knowledge base. A lot of research is being focused on the development of this TPACK model and in particular the integration of technology in teaching and learning processes. They may concern primary, secondary and/or university education (Su & Foulger, 2019). However, the studies being developed in the African context are few in number, take place in the English-speaking context Kihzoza *et al.* (2016) and focus mainly on the introduction of technologies in schools. Our research studies the level of mastery of professional knowledge of about thirty secondary school teachers working in five technical high schools in Cameroon. Using a Likert questionnaire, our results are organized according to three statuses of mastery of professional knowledge: insufficient, satisfying and expert. By revealing the different levels in the areas of knowledge involved, this work helps to identify the training actions to be undertaken for teachers in order to develop their professionalism.

Keywords: professional knowledge; TPACK; electronic; computer simulation; teacher training

Introduction

Les connaissances professionnelles des enseignants font l'objet d'un grand intérêt dans les recherches francophones sur les pratiques et l'activité des enseignants (Cross, 2009; Lefebvre et al., 2016; Mangane & Kermen, 2016). Elles orientent l'épistémologie pratique des enseignants et constituent un déterminant de l'action professorale au travers des représentations et croyances que ceux-ci se font à propos des savoirs pour enseigner (Sensevy & Mercier, 2007; Therriault, 2008). La réalisation efficace des tâches d'enseignement implique une maîtrise des connaissances professionnelles en rapport avec la discipline scolaire et le contexte didactique au sein duquel l'enseignant actualise sa pratique. Ce travail interroge les statuts de maîtrise des connaissances professionnelles des enseignants dans un contexte d'intégration pédagogique des technologies.

Une trentaine d'enseignants en électronique de lycées techniques de Yaoundé au Cameroun s'expriment sur les connaissances professionnelles activées dans les tâches d'enseignement lors d'un cours de microprocesseurs à l'aide de la simulation. Ce dispositif prévoit notamment l'utilisation en classe d'un logiciel de simulation, de postes d'ordinateurs, et si possible d'appareils de rétroprojection¹ ou de vidéoprojection selon les lycées. In fine, nous considérons que cette étude présente un double intérêt dans l'optique d'une efficacité plus accrue des pratiques d'enseignement. Pour les enseignants, elle permettra une prise de conscience de la réalité de leurs positionnements à partir des représentations qu'ils se font à propos de leur niveau de connaissances professionnelles. Pour les décideurs, responsables de l'enseignement secondaire au Cameroun, ce travail peut être un levier pour penser le développement de la professionnalité des enseignants à travers une actualisation des compétences à acquérir en formation initiale au vu de l'évolution des technologies éducatives.

Cet article s'organise en trois parties. Tout d'abord, nous interrogeons les connaissances professionnelles des enseignants en électronique dans un contexte d'usage pédagogique de la simulation informatique. À partir d'un état de l'art analytique, nous articulons les recherches francophones sur l'épistémologie pratique des enseignants avec la perspective TPACK centrée sur

¹ Le rétroprojecteur est, dans le contexte de fracture numérique de Cameroun, considéré comme un outil de médiation technologique.

les connaissances professionnelles des enseignants. Ensuite, un questionnaire de Likert est élaboré pour répondre à ce double ancrage. La troisième partie présente les résultats d'analyse des statuts de maîtrise des connaissances professionnelles. Enfin, ce travail interroge l'expertise des enseignants dans l'intégration des technologies et ouvre vers des pistes pour formuler des orientations possibles à la formation initiale et continue des enseignants au Cameroun.

Problématique

L'étude des microprocesseurs fait partie du programme d'enseignement de l'électronique en classe terminale dans le secondaire technique au Cameroun. Cette matière scolaire renferme deux particularités. Sur le plan didactique, la nature des contenus liés à l'apprentissage du fonctionnement de microprocesseurs convoque ce qu'on appelle l'informatique-objet (Bernard et al., 1992) : programmation, langage assembleur, etc. La particularité sur le plan pédagogique vient du recours à l'informatique-outil (Archambault, 2012; Fluckiger, 2019) dans le dispositif d'enseignement-apprentissage. Elle se réalise par l'instrumentalisation en classe d'un logiciel de simulation et potentiellement d'outils du numérique éducatif (vidéoprojecteur simple ou interactif, rétroprojecteur, etc.). En considérant cette juxtaposition de l'informatique-objet et de l'informatique-outil dans un même cours (Baron, 1990), l'on peut facilement entrevoir le niveau de complexité rattaché à son enseignement. Des difficultés émanant, d'une part, du fait que la transposition des contenus de savoirs de la programmation pose d'épineux problèmes didactiques aux enseignants (Rogalski, 1988, 1990). D'autre part, du fait de l'organisation didactique et pédagogique qu'exige l'orchestration instrumentale durant la phase de médiatisation de l'apprentissage à l'aide d'artefacts technologiques mentionnés supra.

Les connaissances professionnelles des enseignants dispensant ce cours en spécialité électronique à l'aide de la simulation sont considérées selon ce double ancrage épistémologique de l'informatique objet-outil. Dans ce contexte d'intégration pédagogique de technologies, l'enseignement requiert l'activation de plusieurs domaines de savoirs professionnels et suppose une capacité suffisante de leur mobilisation en situation. Il s'agit notamment de savoirs théoriques, c'est-à-dire des contenus disciplinaires et de « savoirs d'action » ou « savoirs d'ordre praxéologique » (Barbier, 2004; Mialaret, 2011) qui sont de nature pédagogiques, didactiques, technopédagogiques, etc.

Pour répondre à la question soulevée, nous élaborons un état de l'art analytique qui articule les analyses épistémologiques propres aux perspectives didactiques francophones et la catégorisation des savoirs professionnels des enseignants en contexte d'usage des technologies issue du modèle théorique du TPACK, cadre élaboré au départ par Koehler et Mishra (2005, 2008).

Cadre théorique

Connaissances et savoirs professionnels des enseignants : délimitation conceptuelle

La recherche francophone établit une distinction très nette et consensuelle entre « savoir » et « connaissance », alors que les deux notions renvoient au même terme « knowledge » en anglais. Plusieurs chercheurs francophones délimitent les significations que recouvrent chacune de ces deux

notions. Selon Laparra et Margolinas (2010), une connaissance désigne « ce que le sujet met en jeu lorsqu'il investit une situation » tandis que le savoir renvoie à une « construction sociale et culturelle qui vit dans une institution, et qui est un texte. Il est dépersonnalisé, décontextualisé, détemporalisé » (p. 146). Dans le même sens, D'Amore et al. (2008) envisagent les savoirs comme une entité englobant les données, concepts, procédures et méthodes qui sont codifiés et consignés sous forme d'ouvrages, d'encyclopédies ou de manuels pour être appris. De ce point de vue, le savoir se transforme en connaissance une fois que l'individu l'a intériorisé. Pour Kermen *et al.* (2016), les connaissances qu'on ne peut dissocier du sujet renvoient à une ressource cognitive interne qu'une personne développe.

Dans ce texte, nous désignons par « connaissances professionnelles » des savoirs indispensables à la réalisation des tâches spécifiques à une profession telle que l'enseignement. Ces savoirs qui s'acquièrent par la formation ou par l'expérience pratique sont répertoriés dans un texte objectif, puis codifiés au plan institutionnel pour être intégrés sous forme de référentiels de compétences du métier.

Les connaissances professionnelles des enseignants et les contenus disciplinaires

Dans la recherche scientifique, francophone et anglo-saxonne, plusieurs auteurs abordent cette problématique reliant les connaissances professionnelles des enseignants et les contenus disciplinaires.

Dans le registre de ces travaux, Tardif, Lessard et Lahaye (1991) ont tenté de déterminer les savoirs qui s'actualisent dans la pratique enseignante de manière générale. Ils distinguent notamment les « *savoirs de formation professionnelle* » que les enseignants acquièrent dans les institutions de formation telles que les écoles normales, les facultés de sciences de l'éducation. Les « *savoirs disciplinaires* » qui se transmettent dans les programmes des facultés d'universités sous forme de disciplines. Les « *savoirs curriculaires* » qui se déclinent sous la forme des programmes scolaires (objectifs, contenus, méthodes) prescrits aux enseignants au niveau institutionnel pour être enseignés et appris. Enfin, les « *savoirs d'expérience* » qui sont les savoirs spécifiques développés par les enseignants eux-mêmes dans la pratique de leur métier, fondés sur le travail quotidien et validés par l'expérience sous formes d'habitus, de savoir-faire et de savoir-être. Pour leur part, Paqua et al. (2012) distinguent deux composantes de savoirs de l'enseignant constituées en général des savoirs théoriques et des savoirs pratiques. La première composante regroupe les savoirs à faire acquérir aux apprenants ou « *savoirs disciplinaires et culturels* » et les « *savoirs pédagogiques et didactiques* ». La deuxième composante, quant à elle, comprend les savoirs pratiques qui renvoient au « *savoir y faire* » qui se construisent sur le terrain.

D'autres travaux, centrés sur la notion de « connaissances », proposent une catégorisation des connaissances professionnelles mobilisées dans l'enseignement de contenus spécifiques en sciences (physique, chimie, etc.). L'étude de Jameau (2015) recense précisément les connaissances professionnelles activées par des enseignants de physique dans une activité d'enseignement de la mécanique au collège à partir d'une analyse de l'organisation de l'activité et des tâches d'apprentissage prescrites aux élèves. L'analyse de ces données met en évidence quatre types de connaissances professionnelles mobilisées. Il s'agit des connaissances disciplinaires dénommée *Subject Matter Knowledge*; des connaissances pédagogiques *Pedagogical Knowledge* (PK) et des connaissances didactiques propres aux contenus de la physique renvoyant aux *Pedagogical Content*

Knowledge (PCK); enfin, le dernier type de connaissances professionnelles, relatif au contexte, est appelé *Knowledge of Context* (KofC). Il convient cependant de noter qu'à la catégorie correspondant aux PCK, (Jameau, 2015) adjoint trois sous-catégories de connaissances nécessaires pour réguler l'activité. Ce sont notamment les connaissances du programme et du matériel pédagogique prescrits (*PCK-Curriculum*), les connaissances sur les stratégies d'enseignement (*PCK-Stratégies*) et les connaissances des élèves (*PCK-élèves*) qui se rapportent en l'occurrence à leurs difficultés d'apprentissage.

Dans une étude qui privilégie également un ancrage didactique et une préoccupation pour l'épistémologie pratique des enseignants, Kermen et Izquierdo-Aymerich (2017) se sont proposées de répertorier les types de connaissances professionnelles didactiques des enseignants de sciences et de les comparer à celles définies par Shulman (1986) dans sa typologie des PCK. Elles distinguent alors « les connaissances didactiques de conception et planification de stratégies appliquées à l'enseignement-apprentissage d'un concept donné » auxquelles s'articulent les connaissances didactiques activées dans l'action didactique in situ. La recherche conduite par Lefebvre *et al.* (2016) rend compte des connaissances mises à contribution par trente enseignants dans l'exploitation en classe du tableau numérique interactif (TNI) à partir de leurs pratiques déclarées. Les analyses de contenu du discours des enseignants relatifs à leurs propres pratiques en référence au modèle du TPACK ont démontré que ces enseignants mobilisent deux types de connaissances professionnelles au regard de leur usage pédagogique du TNI. Il s'agit des connaissances technopédagogiques (TP) ou *Technological Pedagogical Knowledge* (TPK) et d'autre part des connaissances technologiques (T) ou encore *Technological Knowledge* (TK).

Vers une intégration du modèle TPACK dans les recherches francophones

D'autres recherches se sont consacrées au développement des instruments d'évaluation du TPACK des enseignants ou à l'évaluation de leur sentiment de confiance relatif à la maîtrise des connaissances professionnelles dans divers contextes d'enseignement intégrant notamment l'usage pédagogique des technologies. Parmi celles-ci, on retrouve en majorité les travaux anglo-saxons (Su & Foulger, 2019) et peu de travaux francophones (Bachy, 2014; Stockless *et al.*, 2018). Certains des travaux mentionnés s'attèlent à valider les instruments d'évaluation des connaissances tandis que d'autres procèdent à l'évaluation proprement dite du degré de maîtrise des enseignants concernant les connaissances professionnelles. Dans cette lignée, l'étude de Bachy (2014) propose un modèle-outil pour représenter le savoir technopédagogique disciplinaire chez des enseignants à travers la détermination des différents profils épistémologiques des enseignants. Elle s'appuie sur quatre dimensions pouvant aider à la compréhension des pratiques qu'elle teste à l'aide d'un questionnaire. Il s'agit notamment de la discipline (D), l'épistémologie personnelle (E), les connaissances pédagogiques (P) et les connaissances technologiques (T). Entre autres résultats obtenus, il apparaît une corrélation positive assez expressive de la dimension « connaissances pédagogiques » avec les trois autres dimensions (les connaissances technologiques, l'épistémologie personnelle et la discipline).

L'étude de Graham *et al.* (2009), quant à elle, réalise une évaluation des TPACK auprès de 15 étudiants en formation initiale à l'enseignement en mesurant leur degré de confiance concernant la maîtrise des domaines de savoirs (TPACK, TPK, TCK et TK). L'analyse des données du questionnaire administré aux participants fournit un classement des degrés de maîtrise des

connaissances. Ainsi, on a par ordre décroissant de maîtrise : les connaissances technologiques (TK), les connaissances technopédagogiques (TPK), les connaissances technopédagogiques du contenu (TPCK) et enfin les connaissances technologiques liées aux contenus (TCK).

Dans la partie qui suit, nous présentons le cadre de référence du TPACK convoqué dans l'optique de révéler les statuts de maîtrise des connaissances professionnelles mobilisées par les enseignants visés dans cette étude, aux prises avec les contenus d'enseignement visés.

Pour articuler ces deux traditions scientifiques : une tradition des travaux anglophones (ou publiés en langue anglaise), centrée sur les connaissances professionnelles chez les enseignants et une tradition francophone, centrée sur les profils épistémologiques vis-à-vis du contenu visé, nous présentons les fondements théoriques sur les connaissances pour enseigner ayant conduit au développement du modèle du TPACK. Par la suite, nous décrivons la catégorisation des connaissances professionnelles de l'enseignant selon leur statut épistémologique.

Connaissances professionnelles et statut épistémologique des enseignants

Fondements du modèle du TPACK

L'intégration des technologies en éducation s'accompagne d'une transformation des pratiques pédagogiques habituelles, entraînant la nécessité de redéfinir les connaissances professionnelles indispensables pour enseigner. Le modèle du TPACK construit par Mishra et Koehler (2006) vient répondre à cette préoccupation par la prise en compte de la dimension technologique dans la catégorisation des savoirs professionnels de l'enseignant. Ce cadre de référence s'inspire du modèle du PCK proposé en 1986 par Lee Shulman et son équipe après avoir créé la *Knowledge base for teaching* ou base de connaissances pour enseigner. Le modèle du PCK distingue en effet trois domaines de connaissances de l'enseignant : Il s'agit notamment du PK qui renvoie à la pédagogie, du *Content Knowledge* (CK) qui réfère aux contenus de la discipline, et du PCK qui concerne la didactique, c'est-à-dire les connaissances pédagogiques liées aux contenus.

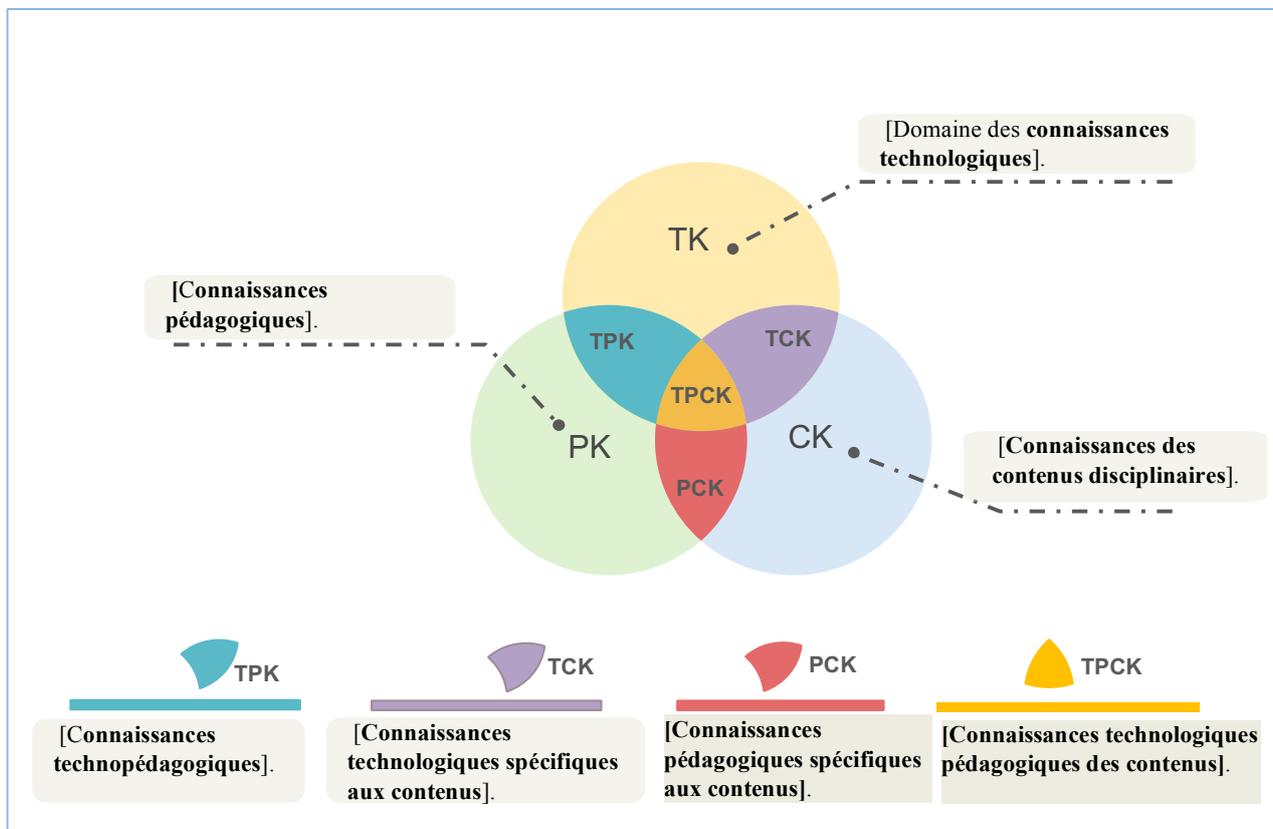
Définition des domaines de connaissances du modèle TPACK

Le modèle théorique du (TPACK) (Mishra & Koehler, 2006; Koehler & Mishra, 2009) suggère donc que l'expertise pragmatique d'un enseignant est fondée sur trois domaines principaux de savoirs professionnels. Il s'agit notamment :

- Des savoirs technologiques ou *Technological Knowledge* (TK) qui supposent la maîtrise des ressources, outils et applications des TIC;
- Des savoirs pédagogiques ou *Pedagogical Knowledge* (PK) qui s'actualisent par la maîtrise des différentes approches pédagogiques (comment enseigner);
- Des savoirs disciplinaires ou *Content Knowledge* (CK) qui ont trait à la maîtrise des contenus ou objets à enseigner.

Figure 1

Schématisation des composantes du TPACK d'après le modèle de Mishra et Koehler (2006)



Les interrelations (voir figure 1) entre ces trois composantes de base génèrent des formes complémentaires de savoirs professionnels que sont :

- Les savoirs pédagogiques liés aux contenus disciplinaires désignés sous le nom de PCK. Cette sous-composante fait référence aux connaissances didactiques, c'est-à-dire celles qui ont trait aux méthodes d'enseignement-apprentissage spécifiques aux contenus de savoirs en jeu dans la matière.
- Les savoirs technologiques liés aux contenus désignés par *Technological Content Knowledge* (TCK). Cette sous-composante englobe les connaissances technologiques associées aux contenus mis à l'enseignement et qui s'actualisent par exemple lorsqu'un enseignant mobilise un logiciel d'apprentissage spécifique à son domaine disciplinaire (logiciels d'apprentissage de la chimie, des mathématiques, logiciel de simulation de circuits, etc.).
- Les savoirs technopédagogiques traduits par *Technological Pedagogical Knowledge* (TPK) qui réfèrent à la capacité pour l'enseignant d'appréhender comment les modalités d'enseignement/apprentissage sont transformées avec l'intégration de technologies spécifiques et selon des approches bien définies. Baran, Chuang et Thompson (2011) résumant les TPK comme étant la connaissance de la manière dont diverses technologies peuvent être mobilisées aux fins d'enseignement. Pour maîtriser ce domaine de connaissance, Koehler et Mishra (2013) estiment qu'il est indispensable de développer une

profonde compréhension des contraintes et affordances aussi bien des technologies que du champ disciplinaire dans lequel elles fonctionnent. En guise d'exemple de ces technologies nécessitant l'activation des TPK également désignées comme « savoirs technopédagogiques » par Bachy (2014), on peut citer entre autres : le tableau blanc interactif, le vidéoprojecteur simple ou interactif, les logiciels de développement de ressources pédagogiques, etc.

- Les savoirs technopédagogiques didactiques et disciplinaires désignés par TPCK résultent de l'interrelation des sous-domaines de connaissances TPK, PCK et TCK. Cette sous-composante de savoirs renvoie à la capacité de l'enseignant à mobiliser dans sa pratique d'enseignement les outils technologiques de manière efficace et harmonieuse pour enseigner un contenu spécifique.

Somme toute, le modèle du TPACK offre un cadre de référence pertinent permettant d'opérationnaliser l'évaluation du niveau de maîtrise des connaissances professionnelles par les enseignants en contexte d'intégration des technologies en classe. La section qui suit décrit le protocole méthodologique mis sur pied pour accéder aux statuts épistémologiques des connaissances professionnelles des enseignants.

Méthodologie

La démarche méthodologique rend d'abord compte du terrain d'étude et des participants. Ensuite, des détails sont apportés à propos de la constitution des données et de son instrument de collecte et d'analyse. En dernier lieu, nous présentons l'approche de modélisation retenue en vue d'établir les statuts épistémologiques des enseignants relatifs à leur niveau de maîtrise des connaissances TPACK.

Terrain d'étude et participants

Cette recherche empirique cible un échantillon non représentatif de 30 enseignants en électronique constitué d'hommes et de femmes issus de cinq lycées techniques au Cameroun ayant effectivement suivi la formation initiale à l'enseignement dans la spécialité électronique. Ces participants dont l'âge varie entre 28 et 42 ans justifient chacun d'une expérience cumulée d'au moins cinq années d'enseignement dont deux accomplies dans le cours de microprocesseurs mobilisant la simulation informatique en classe de terminale. Nous considérons en effet que la professionnalité de l'enseignant est un processus dynamique qui se nourrit en partie des expériences acquises dans l'exercice de la profession et graduel car évoluant dans le temps vers la stabilisation d'un « profil pédagogique ». Ainsi, dans ce processus de construction professionnelle chez l'enseignant débutant, plusieurs auteurs s'accordent pour situer, entre les cinq et sept premières années d'exercice de la profession, la durée nécessaire pour passer de la phase « d'insertion professionnelle » (Nault, 1999) jusqu'à celle de « stabilisation » (Huberman, 1989) où ce dernier construit « des structures permanentes, des routines en fonction des réussites et des échecs qu'il vit ou a vécu » (Ambroise, Toczec et Brunot, 2017, p. 9).

Le questionnaire d'autopositionnement de Likert

Les données découlent d'une enquête par questionnaire conçu en format numérique et administré aux enseignants par courriel. L'instrument de collecte est un questionnaire

d'autoévaluation du TPACK, de type Likert à 5 points comptant 45 items qui recouvrent les sept domaines de connaissances du TPACK. Celui-ci est inspiré et adapté des modèles développés par Schmidt *et al.* (2009) et par Kartal *et al.* (2016) qui proposent des énoncés d'items que nous avons traduits et modifiés en vue de s'assurer de leur adéquation à notre questionnement.

Validité du questionnaire

S'agissant de la validation de l'instrument, nous avons élaboré un questionnaire initial de 49 items jugés pertinents en regard de leur adéquation aux tâches et actions liées à l'enseignement des microprocesseurs soutenu par le dispositif numérique de simulation. Ce spécimen a été soumis pour lecture à un groupe de cinq enseignants afin de s'assurer que l'interprétation des énoncés d'items par les répondants ne puisse prêter à équivoque. Cette étape a finalement permis de retenir les 45 items répartis ainsi qu'il suit : connaissances pédagogiques (PK = 6 items), connaissances technologiques (TK = 6 items), connaissances des contenus (CK = 10 items), connaissances pédagogiques liées aux contenus (PCK = 6 items), connaissances technologiques spécifiques aux contenus (TCK = 6 items), connaissances technopédagogiques (TPK = 6 items), connaissances technologiques, pédagogiques et des contenus (TPCK = 5 items). Pour nous assurer de la cohérence interne des groupes d'items, les coefficients de fiabilité (alpha de Cronbach) sont calculés pour les sept domaines du TPACK à évaluer. Les valeurs obtenues sont indiquées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1

Alpha de Cronbach calculés par composantes du TPACK

Composantes du TPACK	PK1 à PK6	CK1 à CK10	TK1 à TK6	PCK1 à PCK6	TCK1 à TCK6	TPK1 à TPK6	TPCK1 à TPCK5
Nombre de réponses valides sur n = 40	30	30	30	30	30	30	30
Alpha de Cronbach (α)	0,735	0,978	0,741	0,937	0,964	0,892	0,944

Tel que l'indique le tableau 2, tous les coefficients de fiabilité (α de Cronbach) sont supérieurs à (0,70), ce qui traduit une bonne cohérence interne des groupes d'items.

Échelle de mesure des TPACK et formulation des items du questionnaire

Le but de l'évaluation est d'approcher les perceptions des enseignants concernant leur capacité à activer les connaissances du TPACK dans les tâches liées à l'enseignement du cours de microprocesseurs soutenu par le dispositif numérique de simulation. Le questionnaire conçu à cet effet demande aux enseignants de répondre à la question suivante : « À quel degré percevez-vous votre capacité à réaliser les tâches ou actions énumérées ci-après? »

Le principe consiste pour les enseignants à s'autopositionner sur une échelle de confiance à cinq degrés allant du plus bas degré = 1 qui signifie « pas du tout confiant », au degré le plus élevé = 5 qui signifie « très confiant ». Ces différents degrés sont précisés dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2*Description des cinq niveaux de l'échelle de Likert*

1 = Pas du tout confiant	2 = Légèrement confiant	3 = Passablement confiant	4 = Assez confiant	5 = Très confiant
--------------------------	-------------------------	---------------------------	--------------------	-------------------

Les tableaux ci-dessous renseignent sur les différents groupes d'items formulés dans le questionnaire du TPACK.

Le tableau 3 présente les six items construits pour mesurer le statut déclaré de maîtrise des connaissances pédagogiques des enseignants. Ces items prennent en compte quatre dimensions (Sonmark et al., 2017). Il s'agit de la planification des leçons et stratégies pédagogiques (item PK1), les approches d'enseignement (item PK2), l'évaluation des apprentissages (item PK5), la gestion du climat de la classe (items PK3 et PK6).

Tableau 3*Liste d'items de la composante « connaissances pédagogiques »*

Connaissances pédagogiques (PK) : 6 items	
PK1	Je peux préparer un scénario pédagogique de leçon faisant clairement ressortir les stratégies pédagogiques que je compte mettre en œuvre.
PK2	Je peux enseigner en variant les approches d'enseignement pour guider l'apprentissage des élèves (constructivisme, socioconstructivisme, behaviorisme, etc.).
PK3	Je peux maintenir un climat de classe propice au déroulement des activités d'enseignement/apprentissage par une bonne gestion de la discipline.
PK4	Je peux répondre aux sollicitations, besoins et attentes des apprenants en tenant compte du niveau de ces derniers et de leurs différences (aptitudes personnelles, connaissances antérieures, etc.).
PK5	Je peux varier les modalités d'évaluation de l'apprentissage des élèves selon le type de la leçon (leçon théorique ou pratique).
PK6	Je peux gérer le temps alloué pour mes séances d'enseignement.

Le tableau 4 ci-dessous montre la liste des items relatifs au statut de maîtrise déclaré des enseignants à mobiliser les connaissances liées aux contenus à enseigner du cours sur la programmation des microprocesseurs. La construction des dix items s'appuie sur le curriculum prescrit du cours de microprocesseurs et cible les différents savoirs en jeu dans cette matière : les techniques de programmation, l'architecture et le fonctionnement des systèmes à microprocesseurs, les circuits d'interfaces parallèles employés dans la conception des automatismes, etc. Ces items concernent essentiellement les « savoirs disciplinaires » qui font partie intégrante de l'épistémologie personnelle de l'enseignant.

Tableau 4*Items évaluant les connaissances des contenus (CK)*

Connaissances des contenus (CK) : 10 items

Je peux énoncer les finalités de l'étude des microprocesseurs en général et dans le programme officiel en œuvre au cycle de lycée d'enseignement technique au Cameroun.

Je peux élaborer des techniques de programmation adaptées aux contenus de savoirs à enseigner sur l'étude des automatismes interfacés à microprocesseurs.

Je peux rechercher et structurer les contenus à enseigner en adéquation avec le curriculum prescrit.

Je peux rappeler les éléments de savoirs prérequis aux apprenants pour aborder efficacement l'étude des systèmes à microprocesseurs.

Je peux établir une articulation logique entre les thèmes d'enseignement à aborder dans le cours de microprocesseur.

Je peux déterminer le mot de commande et écrire le programme d'initialisation des différents interfaces parallèles des microprocesseurs étudiés.

Je peux schématiser un système à microprocesseur et décrire le rôle de ses composantes.

Je peux décrire le cycle d'exécution d'une instruction par le microprocesseur.

Je peux déterminer quel microprocesseur choisir pour la mise en œuvre d'un automate.

Je pense que je suis un expert des contenus disciplinaires en microprocesseurs.

Le tableau 5 présente les six items construits pour mesurer le statut déclaré de maîtrise des connaissances technologiques des enseignants.

Tableau 5*Items évaluant les connaissances technologiques (TK)*

Connaissances technologiques (TK) : 6 items

Je pense que je possède les connaissances et compétences me permettant d'installer des logiciels sur un ordinateur, les configurer sur mon ordinateur, raccorder et utiliser des périphériques d'entrées/sorties (scanner, imprimante, etc.).

Je pense que je suis apte à utiliser les outils ou logiciels de bureautique (applications de traitement de texte, tableurs, de présentation, etc.).

Connaissances technologiques (TK) : 6 items

Je sais utiliser les outils technologiques de communication et de collaboration à distance (applications de messagerie électronique, logiciels Skype, WhatsApp, Facebook, Google Docs, etc.).

Je peux utiliser des moteurs de recherche pour rechercher des informations, trouver des ressources documentaires, etc., sur Internet

Je pense que je peux résoudre des problèmes techniques liés à l'utilisation de terminaux informatiques tels que : connexions réseaux, erreurs système, reconnaître des pannes matérielles (disques dur, mémoires RAM, etc.).

Je sais déterminer les outils technologiques mobilisables dans les tâches d'enseignement pour améliorer l'apprentissage.

Le tableau 6 montre les six items utilisés pour évaluer le statut déclaré de maîtrise des connaissances dans la composante PCK.

Tableau 6

Items de la composante PCK

Connaissances didactiques (PCK) : 6 items	
PCK1	Je peux choisir des méthodes d'enseignement efficaces pour guider la réflexion et l'apprentissage de la programmation des microprocesseurs chez des élèves.
PCK2	Je suis capable de repérer les principales difficultés que les élèves rencontrent dans l'apprentissage de la programmation des microprocesseurs ainsi que certaines de leurs conceptions erronées à propos de certaines notions.
PCK3	Je peux développer des outils traditionnels d'évaluation tels que les questionnaires à choix multiples, des questions de type vrai ou faux, les formulaires de question ouvertes, etc., en lien avec mon champ disciplinaire.
PCK4	Je sais adopter les stratégies d'enseignement prenant en compte les obstacles inhérents à la transmission et/ou l'acquisition de contenus de savoirs des microprocesseurs.
PCK5	Je peux concevoir des tâches d'apprentissage qui appuient les contenus enseignés et les enjeux de savoirs à faire acquérir aux élèves.
PCK6	Je peux utiliser des méthodes d'enseignement spécifiques au champ disciplinaire des microprocesseurs (Exemple : apprentissage collaboratif ; situation problème ; démonstration, apprentissage par la méthode d'investigation ; cours magistral ; étude de cas, etc.).

Le tableau qui suit énumère les six items utilisés pour mesurer le statut déclaré de maîtrise des connaissances dans la composante PCK.

Tableau 7*Items évaluant les connaissances des contenus technologiques liées aux contenus*

Connaissances technologiques spécifiques aux contenus (TCK) : 6 items	
TCK1	Je sais lancer le logiciel de simulation AVSIM, puis effectuer les actions de choix de types de microprocesseurs et de paramétrage préalables à son utilisation.
TCK2	Je connais le rôle des différentes zones d'écran apparaissant dans l'interface du logiciel AVSIM.
TCK3	Je peux dérouler l'enchaînement complet des phases opératoires de simulation dans le logiciel AVSIM utilisé pour le cours pratique de microprocesseurs.
TCK4	Je maîtrise bien les actions sur les touches du clavier permettant de contrôler les sous-menus du logiciel AVSIM durant la simulation.
TCK5	Je sais comment définir les espaces mémoires d'utilisation en ROM et en RAM, indexer les différents ports du circuit d'interface du microprocesseur.
TCK6	Je connais les fonctions ou touches sur lesquelles appuyer pour exécuter et déboguer le programme dans le logiciel de simulation de microprocesseur AVSIM.

Le tableau 8 ci-dessous rappelle les six items ayant servi à l'appréciation du statut déclaré de maîtrise par les enseignants des connaissances technopédagogiques (TPK).

Tableau 8*Items de mesure du sous-domaine TPK*

Connaissances technopédagogiques (TPK) : 6 items
Je peux sélectionner les outils ou supports technologiques appropriés et les intégrer dans un scénario pédagogique de leçon pratique à l'aide de la simulation informatique.
Je peux mettre en œuvre une leçon en mobilisant des outils technologiques comme support pédagogique (vidéoprojecteur ; tableau blanc interactif ; didacticiel ou tutoriel vidéo, etc.
Je sais associer les méthodes d'enseignement (démonstration) adaptées aux technologies que j'utilise pour enseigner et faire apprendre les élèves.
Je peux concevoir des supports ou ressources numériques ou matériels à remettre aux élèves en vue d'améliorer l'enseignement-apprentissage. Par exemple : fiches imprimées, ressources numériques d'apprentissage des élèves.
Je peux déterminer les différents logiciels et supports du numérique éducatif pouvant être utilisés pour enseigner et apprendre les notions à enseigner aux élèves.

Connaissances technopédagogiques (TPK) : 6 items

Je sais utiliser des logiciels de conception de ressources pédagogiques numériques (logiciels de QCM...) permettant d'évaluer les apprentissages.

Le tableau 9 ci-dessous récapitule les énoncés des cinq items convoqués pour rendre compte des connaissances (TPCK).

Tableau 9

Items de mesure du sous-domaine TPCK

Connaissances technologiques pédagogiques des contenus (TPCK) : 5 items

Je sais comment déterminer les objectifs d'apprentissage à la lumière des possibilités qu'offrent les TIC.

Je peux mettre au point des ressources d'apprentissage en tenant compte du design pédagogique.

Je peux créer et mettre en œuvre des situations d'apprentissage intégrant l'usage des TIC. (Exemple : des situations d'apprentissage qui nécessitent pour les élèves de recourir aux TIC pour réaliser tâches demandées.

Je peux me servir des technologies du numérique avec éthique pour communiquer avec les collègues et les élèves, collaborer et partager à distance des ressources, expériences des pratiques avec les membres de ma communauté professionnelle. (Exemple : forum de discussion en ligne, plateforme de cyberapprentissage, etc.).

Je sais comment exploiter les TIC pour favoriser la réussite et stimuler la motivation des élèves.

Technique d'analyse des données

Les données constituées des fichiers numériques des réponses au questionnaire de type Likert sont compilées à l'aide d'un fichier Excel, puis analysées automatiquement à l'aide du logiciel de statistique XLSTAT (Version 2016.02.28451). Les résultats issus de cette analyse quantitative sont ensuite interprétés qualitativement (Lee & Tsai, 2010) en vue de représenter les statuts d'expertise des domaines de connaissances TPACK chez les enseignants.

Afin d'interpréter qualitativement les résultats d'analyses statistiques et dégager les statuts de maîtrise des connaissances TPACK par les enseignants, nous avons construit des « classes latentes » (Aitkin et al., 1987; Saporta, 2005). D'après ce modèle de classification, les classes latentes représentent des intervalles significatifs fixés sur la base de la fréquence des choix de réponses (de 1 à 5 sur l'échelle) des répondants, et d'une variable latente qui est ici la moyenne des scores enregistrés dans les groupes d'items de connaissances TPACK évaluées.

Ainsi, chaque classe comprend un groupe d'individus (les enseignants) qui partagent des perceptions de confiance proches ou communes concernant leur capacité à activer efficacement les connaissances adéquates dans l'accomplissement des tâches spécifiques (liées à l'enseignement). Ainsi, lorsque la moyenne des scores calculée se trouve dans une classe latente donnée (intervalle

significatif), le groupe d'enseignants concerné est catégorisé comme possédant le même statut (déclaré) de maîtrise du domaine de connaissances considéré.

Le modèle de classification utilisé pour constituer les statuts de maîtrise des TPACK est détaillé dans le tableau qui suit.

Tableau 10

Modélisation des classes de statuts de maîtrise des connaissances

Désignation des classes	Distribution des fréquences de réponses par degrés de confiance exprimés sur l'échelle	Intervalles significatifs associés aux classes	Statuts de maîtrise correspondant au degré de confiance ressenti
Classe 1	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de réponses 1 et 2 : fréquence très élevée. - Nombre de réponses 3 : fréquence rare. - Nombre de réponses 4 et 5 : fréquence presque nulle ou très rare. 	Moyenne des scores se trouvant dans la plage [1; 2,9]	Statut de maîtrise jugé « Faible ». (Enseignants peu ou pas confiants.)
Classe 2	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de 3 : fréquence très élevée. - Nombre de 2 et 4 : fréquence rare. - Nombre de 1 et 5 : fréquence quasi nulle ou très rare. 	Moyenne des scores se trouvant dans la plage]2,9; 3,9]	Statut de maîtrise jugé « Insuffisant ou Moyen ». (Enseignants passablement confiants.)
Classe 3	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de 4 et 5 : fréquence très élevée. - Nombre de 3 : fréquence rare. - Nombre de 1 et 2 : fréquence quasi nulle ou très rare. 	Moyenne des scores se trouvant dans la plage]3,9; 5]	Statut de maîtrise jugé « Avancé » ou « Expert ». (Enseignants confiants.)



Considérations éthiques

Pour les considérations éthiques de cette recherche, le mode de recrutement des participants n'a pas suivi une voie institutionnelle car les enseignants ont été contactés au travers des plateformes (forums professionnels, associations de promotion) par l'entremise des inspecteurs pédagogiques régionaux en électronique.

Au Cameroun, seules les recherches en sciences médicales et celles impliquant des publics mineurs (âgés de moins 18 ans) sont soumises à un protocole réglementé avec certification éthique requise.

Bien que les enseignants invités se soient volontairement décidés à participer à cette recherche, nous avons toutefois élaboré un formulaire de libre consentement les informant de leurs droits, du respect de la confidentialité des données collectées ainsi que des buts de leur utilisation. Nous leur avons également explicité que cette demande s'inscrivait dans le cadre d'une recherche doctorale sur les pratiques enseignantes qui comprend plusieurs phases de collecte de données consistant pour eux à : compléter des questionnaires, participer à des entrevues semi-dirigées, se prêter à des observations de séances de classes, etc. En signant le formulaire de consentement, les enseignants ont été informés qu'ils sont libres de suspendre leur participation à tout moment en nous tenant juste informés et sans préjudice.

Résultats

Cette section s'articule en deux volets. Premièrement, nous présentons les différents histogrammes de mesure dans les sept composantes ou domaines du TPACK qui ressortent du traitement quantitatif des données effectué au moyen du logiciel de statistiques XLSTAT. Deuxièmement, nous proposons une interprétation qualitative à partir de l'histogramme de synthèse des scores moyens atteints dans chaque composante du TPACK. Enfin, partant de la distribution des effectifs d'enseignants dans les trois classes de scores moyens modélisées, nous caractérisons leurs statuts épistémologiques déclarés relatifs à la maîtrise des TPACK.

Résultats d'autopositionnement des enseignants par composantes des TPACK

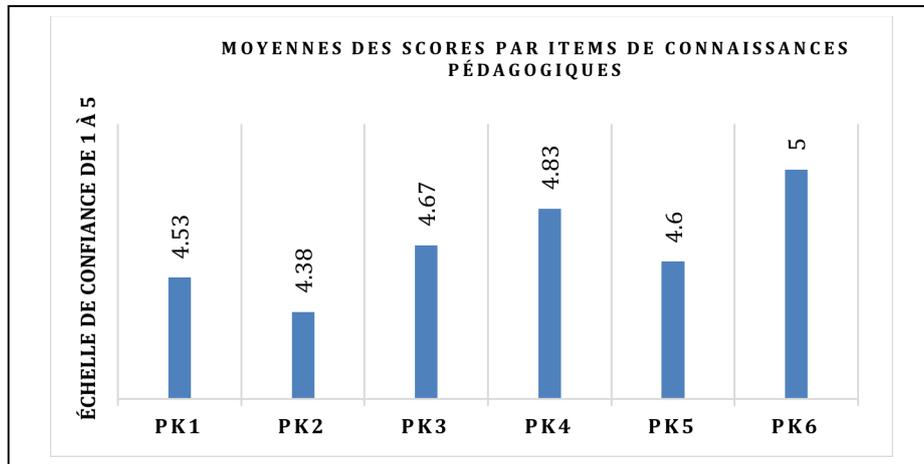
Pour chaque composante du TPACK, nous exposons à l'aide d'une figure la liste des items formulés et l'histogramme d'analyse mettant en évidence les scores moyens exprimés par les enseignants sur chaque item. Nous proposons ensuite une lecture interprétative de chaque histogramme à la lumière des scores moyens obtenus par items de mesure.

La composante « connaissances pédagogiques » (PK)

L'histogramme à la figure 2 ci-dessous donne l'aperçu des scores moyens de l'évaluation de chacun des six items de cette composante.

Figure 2

Histogramme de mesure de la composante connaissances pédagogiques



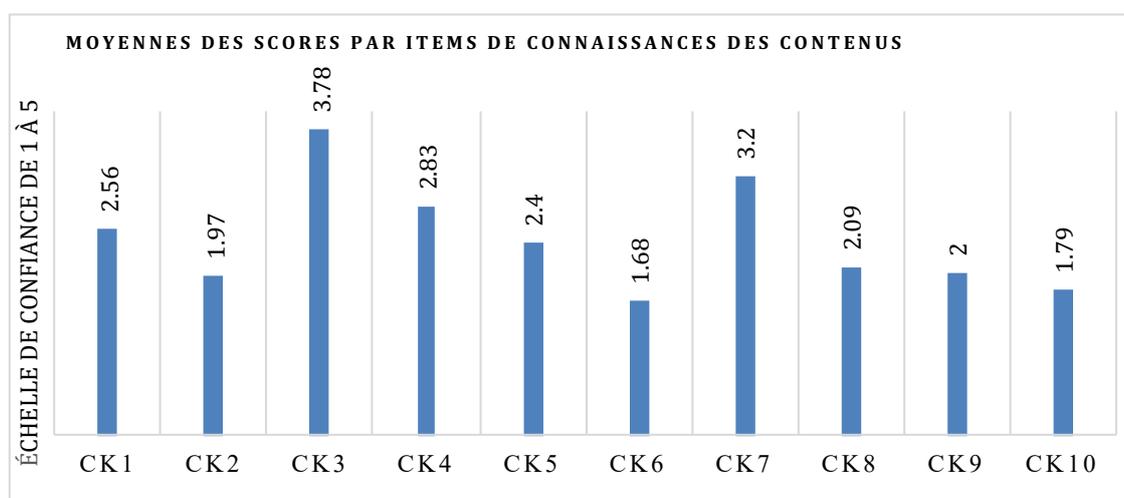
L'histogramme indique des scores moyens sur l'échelle de 1 à 5 évoluant de 4,38 pour l'item (PK2) jusqu'à atteindre 5 pour l'item (PK6). Ce score traduit une perception de confiance assez élevée des enseignants relativement à leur capacité à mobiliser les connaissances pédagogiques. Au regard des items énoncés, ces résultats révèlent que les enseignants sont moins confiants concernant la maîtrise de la planification des leçons (item PK1) et des méthodes d'enseignement (item PK2). En revanche, ils déclarent avoir une maîtrise plus accrue de la gestion du climat dans la classe et du temps (items PK3; PK6), de la gestion des aspects motivationnels et affectifs (item PK4) et des modalités d'évaluation (item PK5). Ces résultats confirment ceux obtenus par Sonmark *et al.* (2017) dans leur recherche sur les connaissances pédagogiques des enseignants.

La composante « connaissances des contenus » (CK)

La figure 3 ci-dessous montre l'histogramme des scores moyens obtenus sur chacun des dix items de mesure dans la composante CK.

Figure 3

Histogramme de mesure de la composante CK



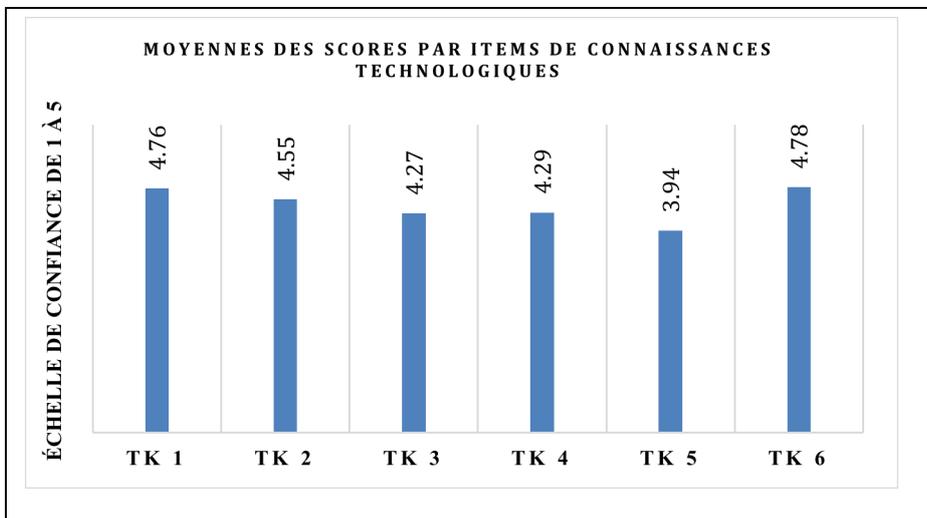
L'histogramme obtenu révèle des scores moyens n'atteignant pas le degré 4. Cela suppose que les enseignants ne sont pas confiants en leur capacité à maîtriser les contenus en jeu dans le cours de microprocesseurs. Ces derniers estiment ne pas avoir une maîtrise suffisante des contenus qui ont trait à la programmation (items CK2 et CK6 où les scores moyens sont les plus faibles; respectivement 1,97 et 1,68 sur une échelle de 5). A priori, ces résultats se justifient du fait que les enseignants du secondaire, non informaticiens de surcroît, développent une certaine appréhension vis-à-vis de la programmation informatique et de son enseignement (Rogalski, 1998).

La composante « connaissances technologiques » (TK)

L'histogramme à la figure 4 ci-dessous renseigne sur les scores moyens obtenus pour les six items de la composante TK.

Figure 4

Histogramme de mesure de la composante TK



Cet histogramme révèle que les scores moyens de confiance exprimés par les enseignants sur les six items évalués des TK varient de 3,94 à de 4,78. L'item TK5 où l'on enregistre la valeur la plus faible, soit 3,94, évalue la capacité pour l'enseignant à « résoudre des problèmes techniques liés à l'utilisation de terminaux informatiques » à l'instar des pannes de connexion réseau, des défaillances matérielles ou logicielles du système. Les enseignants expriment un niveau de confort au-dessus de la moyenne dans l'utilisation au quotidien des TIC² (web social, courriel, traitement de texte, installation de logiciels, etc.) (Benali *et al.*, 2018), même s'ils ne se considèrent pas au seuil de maîtrise d'expert ou « bon » (Stockless et al., 2018). Néanmoins, ceux-ci ne peuvent pas efficacement intervenir dans les tâches visant la résolution de défaillances techniques dans le fonctionnement d'un système informatique comme l'indique le score moyen proche du degré 3 « passablement confiant ».

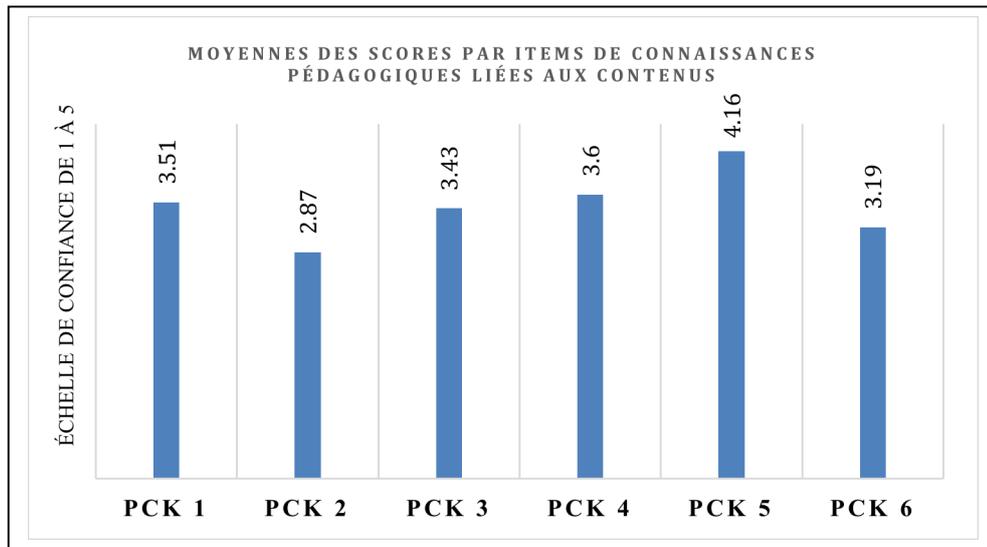
La composante « connaissances pédagogiques spécifiques aux contenus » (PCK)

L'histogramme à la figure 5 ci-dessous renseigne sur les scores moyens obtenus pour les six items de la composante PCK.

² Technologies de l'information et de la communication.

Figure 5

Histogramme de mesure de la composante PCK



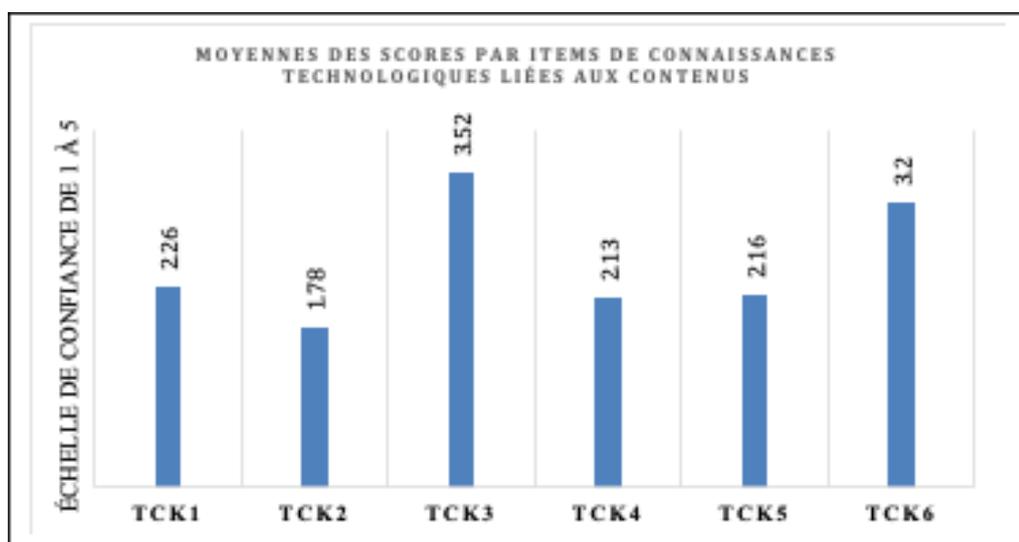
Les résultats dans la composante PCK révèle que les enseignants s'autopositionnent dans l'item PCK5 avec un score de 4,16. Pour cet item mesurant la capacité à construire des tâches d'apprentissage qui ciblent les contenus de savoirs en jeu, les enseignants se considèrent comme expert. S'agissant en revanche des cinq autres items mesurés, les scores moyens oscillent entre les valeurs 2,87 et 3,51, ce qui traduit un niveau de maîtrise plutôt « moyen » des connaissances pédagogiques spécifiques aux contenus.

La composante des connaissances technologiques liées aux contenus (TCK)

La figure 6 ci-dessous représente l'histogramme de l'analyse pour les six items du sous-domaine des TCK.

Figure 6

Histogramme de mesure dans le sous-domaine des connaissances technologiques liées aux contenus (TCK)



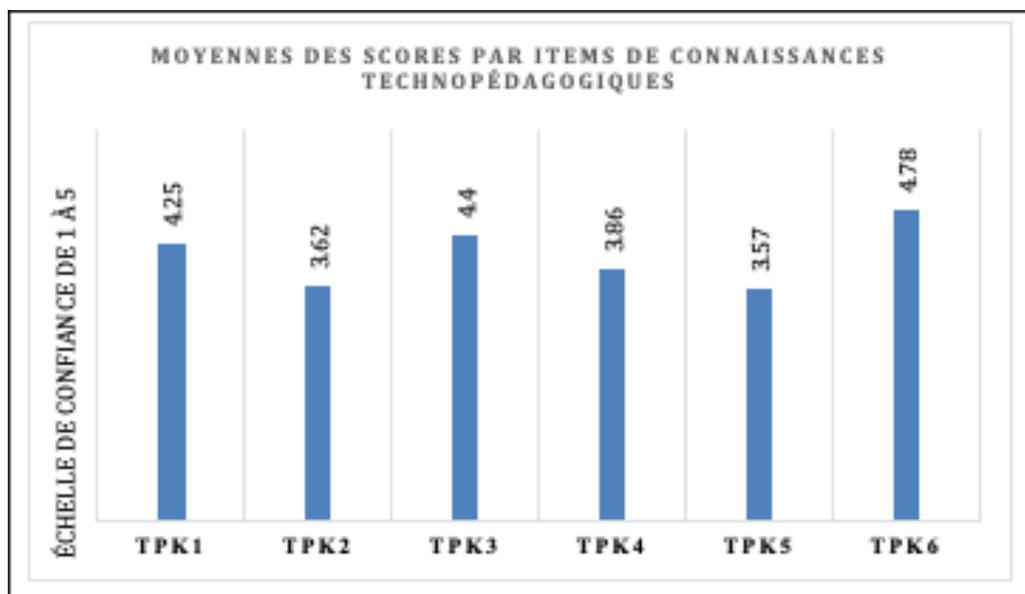
Ce résultat met en évidence des scores moyens de confiance se situant entre 1,78 (valeur minimum) pour l'item n° 2 et 3,52 (valeur maximum) pour l'item n° 3. Cela sous-entend que globalement les enseignants s'autopositionnent comme pas vraiment aptes à mobiliser les connaissances technologiques liées aux contenus disciplinaires en jeu. Il ressort en outre que ce « faible » niveau de maîtrise des TCK est plus prononcé dans les tâches instrumentales impliquant le logiciel de simulation prescrit AVSIM (voir les scores faibles des items TCK2 et TCK4).

La composante des connaissances technopédagogiques (TPK)

L'histogramme de la figure 7 montre les scores moyens d'autopositionnement sur les six items de mesure dans le sous-domaine des TPK.

Figure 7

Histogramme de mesure dans le sous-domaine TPK



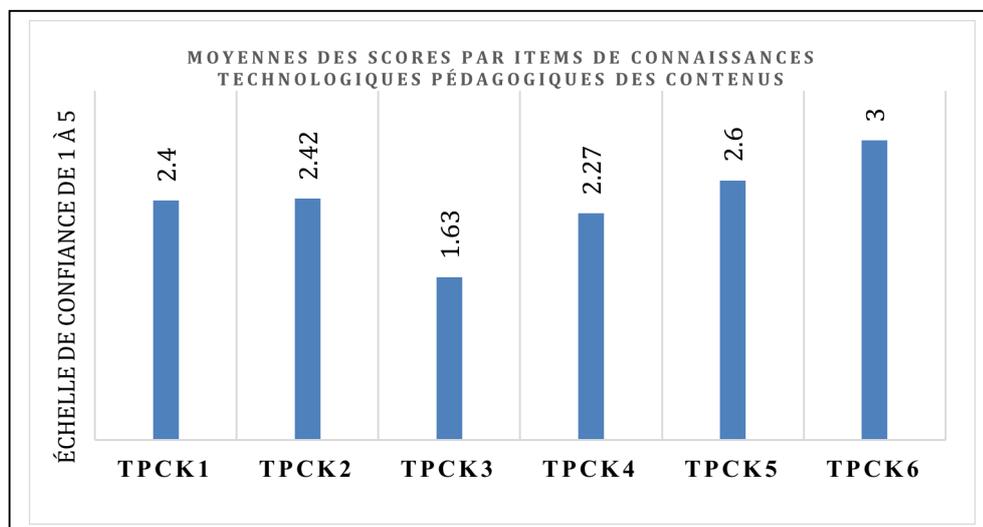
Les moyennes de scores exprimés se situent entre 3,72 et 4,78, ce qui sous-entend que les enseignants déclarent avoir une bonne maîtrise des connaissances technopédagogiques ou bien se sentent plutôt « confiants » en leur capacité à mobiliser les TPK dans les tâches cibles.

La composante des connaissances technologiques pédagogiques des contenus (TPCK)

L'histogramme de la figure 8 présente les scores moyens recueillis dans l'évaluation de chacun des cinq items listés précédemment.

Figure 8

Histogramme de mesure dans le sous-domaine des connaissances technopédagogiques (TPCK)



L'histogramme relié à la mesure des connaissances technologiques, pédagogiques des contenus (TPCK) révèle des scores moyens de confiance variant entre 1,63 et 3, soit une moyenne générale des scores assez faible (égale à 2,39). Cette valeur signifie que les enseignants ne se sentent pas confiants quant à leur capacité à mobiliser ce domaine hybride de connaissances.

Caractérisation des statuts de maîtrise déclarée des TPACK par les enseignants

Le tableau ci-dessous montre la répartition des effectifs d'enseignants entre les classes en fonction des scores moyens de confiance obtenus dans chaque domaine de connaissances TPACK.

Tableau 11

Répartition des effectifs d'enseignants par classes ou statuts en fonction des scores de confiance

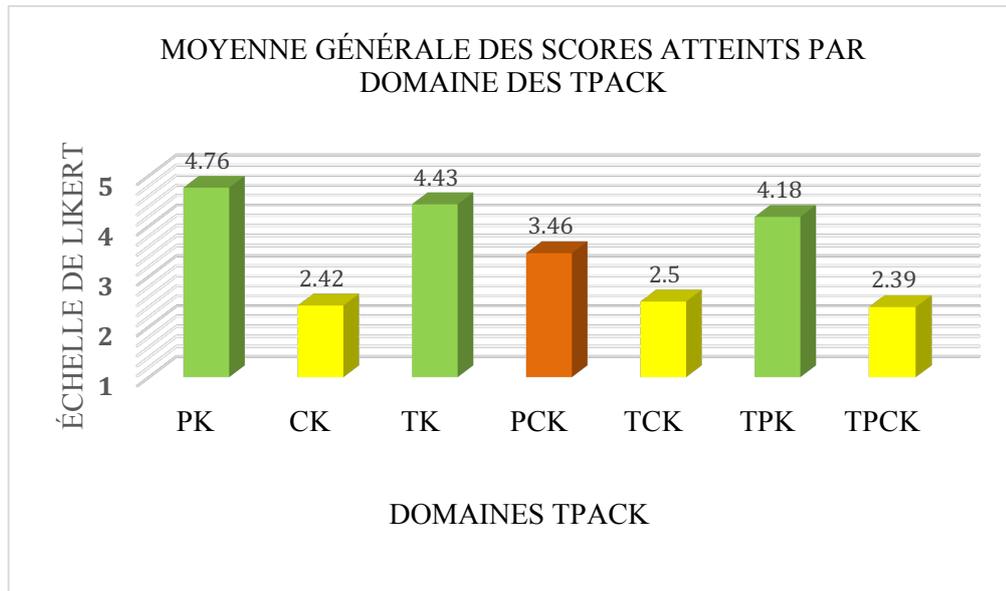
Domaines de connaissances TPACK évalués	Répartition des effectifs par statuts dominants			Total	Moyenne des scores calculée par domaine TPACK
	<u>Classe n° 1 :</u> Statut de maîtrise faible. Effectif dont les scores se trouvent dans [1; 2,9[<u>Classe n° 2 :</u> Statut de maîtrise insuffisant ou moyen. Effectif dont les scores se trouvent dans]2,9; 3,9]	<u>Classe n° 3 :</u> Statut de maîtrise expert. Effectif dont les scores se trouvent dans]3,9; 5]		
PK	0	3	27	30	Moy. = 4,76
CK	19	6	5	30	Moy. = 2,42
TK	2	8	20	30	Moy. = 4,43

Domaines de connaissances TPACK évalués	Répartition des effectifs par statuts dominants			Total	Moyenne des scores calculée par domaine TPACK
	Classe n° 1 : Statut de maîtrise faible. Effectif dont les scores se trouvent dans [1; 2,9[Classe n° 2 : Statut de maîtrise insuffisant ou moyen. Effectif dont les scores se trouvent dans]2,9; 3,9]	Classe n° 3 : Statut de maîtrise expert. Effectif dont les scores se trouvent dans]3,9; 5]		
PCK	11	15	4	30	Moy. = 3,46
TCK	17	7	6	30	Moy. = 2,50
TPK	7	8	15	30	Moy. = 4,18
TPCK	20	6	4	30	Moy. = 2,39
<u>Rappel de la désignation des domaines de connaissances d'après le construit du TPACK</u>					
<ul style="list-style-type: none"> ▪ PK=Connaissances pédagogiques. ▪ CK= Connaissances disciplinaires ou des contenus. ▪ TK=Connaissances pédagogiques. ▪ PCK=Connaissances pédagogiques liées aux contenus. ▪ TCK=Connaissances technologiques liées aux contenus. ▪ TPK=Connaissances techno-pédagogiques. ▪ TPCK=Connaissances technologiques pédagogiques et des contenus. 					

L'histogramme de synthèse ci-dessous donne les moyennes de scores cumulées par l'effectif de n = 30 enseignants dans chaque domaine du TPACK.

Figure 9

Histogramme des moyennes cumulées des scores de l'effectif total par domaine du TPACK



■ Classe n° 3 : Statut EXPERT. ■ Classe n° 2 : Statut INSUFFISANT ou MOYEN ■ Classe n° 1 : Statut

D'après les informations contenues dans le tableau 11 et celles figurant sur l'histogramme de synthèse à la figure 9, nous pouvons à présent dégager les statuts épistémologiques des enseignants relatifs à leur niveau maîtrise des domaines du TPACK.

- Pour les composantes : connaissances pédagogiques (PK), connaissances technologiques (TK) et connaissances technopédagogiques (TPK) dont les scores moyens sont respectivement de 4,76; 4,43 et 4,18, avec un effectif moyen d'environ 20 enseignants se déclarant « confiants » en leur capacité à activer ces trois domaines du TPACK. Ainsi, leur statut épistémologique perçu pour ces trois domaines de connaissances se rattache à la classe n° 3 qui correspond au niveau de maîtrise avancé ou d'expert.
- Pour la composante connaissances pédagogiques liées aux contenus (PCK) dont le score moyen cumulé s'élève 3,46, il ressort que 50 % de l'effectif total soit 15 enseignants se déclarent moyennement confiants. Leur statut épistémologique est en conséquence relié à la classe n° 2 qui réfère au niveau de maîtrise moyen ou insuffisant.
- Pour les composantes : connaissances des contenus (CK), connaissances technologiques liées aux contenus (PCK) et connaissances technologiques pédagogiques des contenus (TPCK), les scores cumulés sont respectivement de 2,42; 2,5 et 2,39. Pour ces trois composantes du TPACK susmentionnées, on dénombre en moyenne 19 enseignants qui s'autopositionnent comme étant « peu confiants » à les activer dans les items de tâches énoncées. En conséquence, ces derniers sont associés à la classe n° 1 dont le niveau de maîtrise est « faible ».

Discussion des résultats

En effet, si les enseignants se positionnent comme de véritables spécialistes dans l'intégration des technologies, ils le seraient moins lorsqu'il s'agit d'activer les connaissances disciplinaires en lien avec les technologies qui y sont associées, par exemple la simulation.

Cette étude rend compte des statuts épistémologiques de 30 enseignants du secondaire en relation avec leur niveau de maîtrise déclaré des connaissances professionnelles activées dans les tâches d'enseignement d'un cours de programmation/simulation des microprocesseurs. Pour cela, les perceptions des enseignants ont été recueillies par questionnaire concernant leur capacité à mobiliser les domaines de connaissances professionnelles du modèle TPACK de Mishra et Koehler (2006). Les analyses statistiques effectuées des données quantitatives provenant des réponses ont permis d'établir qu'il y a trois statuts épistémologiques de maîtrise des connaissances évaluées, associés à des composantes précises du TPACK.

Ainsi, les enseignants se déclarent majoritairement experts par rapport aux composantes PK, TK et TPK qui concernent les trois composantes PK, TK et TPK (scores cumulés dont les valeurs moyennes sont supérieures à 4). À propos des connaissances technopédagogiques (TPK), des études (Birisci & Kul, 2019; Keser et al., 2015) ont montré que les enseignants ont une perception élevée de leur sentiment d'efficacité personnelle à intégrer les technologies. Par ailleurs, il a été prouvé par Chai et al. (2012) que les composantes PK (connaissances pédagogiques) et TK (connaissances technologiques) constituent des prédicteurs positifs significatifs des PCK (connaissances technopédagogiques).

Concernant la composante PCK (connaissances pédagogiques liées aux contenus), les enseignants obtiennent des scores dont la moyenne se situe dans la plage de confiance]2,9; 3,9] et dont le niveau de maîtrise peut être qualifié de « moyen » ou « insuffisant » (score de la composante CK de 2,42). Nous considérons, à l'instar de Mishra et Koehler (2006) et de Krauss et al. (2008) que les CK constituent un prédicteur positif et significatif du niveau de maîtrise des PCK car ils déterminent la capacité des enseignants à activer les connaissances pédagogiques liées aux contenus (PCK). D'un autre côté, la moyenne des scores dans la composante connaissances pédagogiques (PK) étant de 4,76, nous pouvons dire qu'il y a une influence substantielle des PK sur les PCK dont le score moyen est de (3,46). Ces conclusions sont partagées par Chuang et Ho (2011) qui trouvent qu'il existe une corrélation positive très significative entre les PK et PCK.

Le troisième statut épistémologique dégagé de l'évaluation des connaissances TPACK des enseignants recouvre les trois domaines suivants : les connaissances des contenus disciplinaires (CK), les connaissances technologiques des contenus (TCK) et les connaissances technologiques pédagogiques des contenus (TPCK). Pour ces domaines justement, le niveau de maîtrise correspondant est « faible » avec des scores moyens de confiance compris dans l'intervalle [1; 2,9]. L'appartenance de ces trois composantes du TPACK dans la même classe conforte l'existence d'une corrélation positive significative entre les CK, TCK et TPCK. Koh *et al.* (Koh, 2013; Koh et al., 2013) convergent vers le même postulat selon lequel les TCK ainsi que les TPK jouent le rôle de prédicteurs positifs pour les TPCK.

Conclusion

Cette étude interroge l'épistémologie personnelle d'un groupe d'enseignants à travers une représentation de leurs statuts de maîtrise des connaissances professionnelles activées en contexte d'enseignement intégrant les technologies. Les analyses effectuées en référence au modèle théorique du TPACK mettent à jour trois configurations de statuts de maîtrise des connaissances par les enseignants. Les enseignants se sentent plus confiants dans les tâches qui requièrent la mobilisation des connaissances pédagogiques (PK), technologiques (TK) et didactiques (PCK). En revanche, ils se sentent peu confiants à réaliser les tâches nécessitant la maîtrise des connaissances disciplinaires CK, des connaissances technologiques liées aux contenus, ainsi que de la complexité des connaissances associée au domaine TPCK. Les résultats révèlent également que les enseignants se déclarent moyennement aptes à mobiliser les connaissances technopédagogiques (TPK) ayant essentiellement trait à la capacité de concevoir et d'implémenter un scénario d'intégration pédagogique des technologies.

Pour assurer l'intégration de technologies dans l'éducation secondaire en contexte africain, il semble indispensable de renforcer la formation des enseignants afin qu'ils puissent non seulement développer les connaissances nécessaires pour enseigner en contexte d'intégration de ces technologies, mais également qu'ils soient capables d'assurer les tâches d'enseignement avec la simulation. Dans les actions de formation initiale ou continue à mettre sur pied, il est intéressant de cibler en particulier les domaines de connaissances considérés comme ayant une influence substantielle sur les TPACK des enseignants. Il s'agit en particulier des connaissances pédagogiques liées au contenu (PCK), des connaissances technologiques pédagogiques des contenus (TPCK) d'après Schmid, Brianza et Petko (2020, 2021). À celles-ci, Pamuk et al. (2015) ajoutent les domaines des connaissances technologiques liées aux (TCK) et des connaissances technopédagogiques (TPK) qu'on ne peut dissocier des TPCK. Cette étude met ainsi en perspective le besoin d'insérer ces composantes des savoirs professionnels pour enseigner dans les référentiels de compétences à mettre en œuvre dans les dispositifs de formation initiale des enseignants au Cameroun, en lien avec les différents champs disciplinaires. Au final, cette recherche nous a permis d'avoir une idée des statuts épistémologiques de 30 enseignants d'électronique relatifs à leur niveau de maîtrise des TPACK. Cependant, il serait intéressant d'élargir l'étude à un échantillon plus large d'enseignants afin de conforter les résultats obtenus. Par ailleurs, il semble judicieux d'aller au-delà des perceptions des enseignants à propos de leur maîtrise des TPACK en explorant d'autres approches menant vers une nouvelle intelligibilité de leurs connaissances professionnelles et de leurs pratiques. Cela consiste par exemple à conduire des observations d'activités des enseignants en classe et/ou de leurs préparations des leçons (Canbazoglu Bilici et al., 2016; Schmidt-Crawford et al., 2016) en vue de saisir leur capacité effective à activer les TPACK en contexte d'usage pédagogique des technologies.

Bibliographie

- Aitkin, M., Francis, B., & Raynal, N. (1987). Une étude comparative d'analyses des correspondances ou de classifications et des modèles de variables latentes ou de classes latentes. *Revue de statistique appliquée*, 35(3), 53-81.
- Ambroise, C., Toczek, M. C., & Brunot, S. (2017). Les enseignants débutants : vécu et transformations. Panorama des connaissances sur l'entrée dans le métier. *Éducation et socialisation. Les cahiers du CERFEE*, 46. doi:10.4000/edso.2656
- Archambault, J. -P. (2012). L'informatique, discipline scolaire. Un long et tortueux cheminement. *Terminal. Technologie de l'information, culture & société*, 110, 121-131. doi:10.4000/terminal.1263
- Bachy, S. (2014). Un modèle-outil pour représenter le savoir technopédagogique disciplinaire des enseignants. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 30(2). doi :10.4000/ripes.821
- Baran, E., Chuang, H. H., & Thompson, A. (2011). TPACK : An emerging research and development tool for teacher educators. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 10(4), 370-377.
- Barbier, J. M., & Galatanu, O. (dir.) (2004). *Les savoirs d'action. Une mise en mots des compétences?* Paris : L'Harmattan.
- Baron, G. -L. (1990). L'informatique en éducation. *Revue française de pédagogie*, 92, 57-77. doi:10.3406/rfp.1990.2474
- Benali, M., Azzimani, T., Kaddouri, M. & Boukare, M. (2018). Compétences numériques chez les futurs enseignants marocains en formation initiale : enjeux épistémologiques. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire/International Journal of Technologies in Higher Education*, 15(3), 34-51. doi:10.18162/ritpu-2018-v15n3-03
- Bernard, A., Dessus, P., Marquet, P., & Baillé, J. (1992). Recherches sur l'appropriation de compétences techniques en informatique appliquée : contribution à une ergonomie de la formation. Première Biennale de l'éducation et de la formation, Unesco/APRIEF, Paris, France.
- Birisci, S., & Kul, E. (2019). Predictors of technology integration self-efficacy beliefs of preservice teachers. *Contemporary Educational Technology*, 10(1), 75-93. doi:10.30935/cet.512537
- Canbazoglu Bilici, S., Guzey, S. S., & Yamak, H. (2016). Assessing pre-service science teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) through observations and lesson plans. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 237-251. doi:10.1080/02635143.2016.1144050
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., Ho, H. N. J., & Tsai, C.C. (2012). Examining preservice teachers' perceived knowledge of TPACK and cyberwellness through structural equation modeling. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(6). doi:10.14742/ajet.807
- Chuang, H. H., & Ho, C. J. (2011). An investigation of early childhood teachers' technological pedagogical content knowledge TPACK in Taiwan. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(2), 99-117.

- Cross, D. (2009). *Les connaissances professionnelles de l'enseignant. Reconstruction à partir d'un corpus vidéo de situations de classe de chimie*. Thèse de doctorat en éducation. Université Lumière - Lyon 2, France.
- D'Amore, B., Fandiño Pinilla, M. I., Marazzani, I., Santi, G., & Sbaragli, S. (2008). Le rôle de l'épistémologie de l'enseignant dans les pratiques d'enseignement. Dans les actes du colloque international Les didactiques et leurs rapports à l'enseignement et à la formation. Quel statut épistémologique de leurs modèles et de leurs résultats? AFIRSE, septembre 2008, Université de Bordeaux, France.
- Dinh, H. (2013). Developing and validating a self-assessed survey instrument to measure Vietnamese EFL teachers' TPACK. Dans *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (p. 2566-2571). Waynesville : Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Fluckiger, C. (2019). *Une approche didactique de l'informatique scolaire*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes. doi:10.4000/rfp.8523
- Graham, R. C., Burgoyne, N., Cantrell, P., Smith, L., St Clair, L., & Harris, R. (2009). Measuring the TPACK confidence of inservice science teachers. *TechTrends*, 53(5), 70-79.
- Huberman, M. (1989). Les phases de la carrière enseignante : un essai de description et de prévision. *Revue française de pédagogie*, 86(1), 5-16. doi:10.3406/rfp.1989.1423
- Jameau, A. (2015). Les connaissances professionnelles des enseignants et leur évolution à travers une analyse de l'activité. Une étude de cas en physique au collège. *Éducation et didactique*, 9(1), 9-31. doi:10.4000/educationdidactique.2140
- Kartal, T., Kartal, B., & Uluay, G. (2016). Technological pedagogical content knowledge self-assessment scale (TPACK-SAS) for pre-service teachers: Development, validity and reliability. *International Journal of Eurasia Social Sciences*, 7(23), 1-36.
- Kermen, I., & Izquierdo-Aymerich, M. (2017). Connaissances professionnelles didactiques des enseignants de sciences : un thème de recherche encore récent dans les recherches francophones. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 15, 9-32. doi:10.4000/rdst.1479
- Keser, H., Yilmaz, F. G. K., & Yilmaz, R. (2015). TPACK competencies and technology integration self-efficacy perceptions of pre-service teachers. *Elementary Education Online*, 14(4). doi:10.17051/io.2015.65067
- Kihoza, P., Zlotnikova, I., Bada, J., & Kalegele, K. (2016). Classroom ICT integration in Tanzania : Opportunities and challenges from the perspectives of TPACK and SAMR models. *International Journal of Education and Development using ICT*, 12(1).
- Koh, J. H. L. (2013). A rubric for assessing teachers' lesson activities with respect to TPACK for meaningful learning with ICT. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(6). doi:10.14742/ajet.228

- Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Tsai, C. C. (2013). Examining practicing teachers' perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK) pathways: A structural equation modeling approach. *Instructional Science*, 41(4), 793-809. doi:10.1007/s11251-012-9249-y
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32(2), 131-152. doi:10.2190/0ew7-01wb-bkhl-qdyv
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008). Introducing TPACK. AACTE Committee on Innovation and Technology. Dans *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators*. New York : Routledge.
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13-19.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., & Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716-725.
- Laparra, M., & Margolinas, C. (2010). Milieu, connaissance, savoir. Des concepts pour l'analyse de situations d'enseignement. *Pratiques. Linguistique, littérature, didactique*, 145-146, 141-160. doi:10.4000/pratiques.1534
- Lee, M., & Tsai, C. (2010). Exploring teachers' perceived self efficacy and technological pedagogical content knowledge with respect to educational use of the World Wide Web. *Instructional Science*, 38, 1-21. doi:10.1007/s11251-008-9075-4
- Lefebvre, S., Samson, G., Gareau, A., & Brouillette, N. (2016). Connaissances abordées dans les pratiques déclarées d'enseignants du primaire et du secondaire qui exploitent le tableau numérique interactif (TNI) en classe. *Canadian Journal of Learning and Technology/La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 42(5).
- Mangane, D., & Kermen, I. (2016). Un aspect des difficultés des élèves béninois en stéréochimie : la visualisation mentale des représentations sémiotiques de Cram et de Newman. *Recherches en didactiques*, 2, 85-110. doi:10.3917/rdid.022.0085
- Mialaret, G. (2011). Savoirs théoriques, savoirs scientifiques et savoirs d'action en éducation. Dans J.-M. Barbier (dir.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (p. 161-187). Paris : Presses Universitaires de France. doi:10.3917/puf.barbi.2011.01.0161
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge : A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. doi:10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x
- Nault, T. (1999). Écllosion d'un moi professionnel personnalisé et modalités de préparation aux premières rencontres d'une classe. Dans J.-C. Héту, M. Lavoie et S. Baillauquès (dir.), *Jeunes enseignants et insertion professionnelle. Un processus de socialisation* (p. 139-160). Louvain-la-Neuve : De Boeck.

- Pamuk, S., Ergun, M., Cakir, R., Yilmaz, H. B., & Ayas, C. (2015). Exploring relationships among TPACK components and development of the TPACK instrument. *Education and Information Technologies, 20*(2), 241-263. doi:10.1007/s10639-013-9278-4.
- Paquay, L., Altet, M., Charlier, E., & Perrenoud, P. (2012). *Former des enseignants professionnels*. Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur.
- Rogalski, J. (1988). Enseignement de méthodes de programmation dans l'initiation à l'informatique. Dans *Colloque francophone sur la didactique de l'informatique* (p. 61-72). Paris : Association EPI.
- Rogalski, J. (1990). Didactique de l'informatique et acquisition de la programmation. *Recherches en didactique des mathématiques, 9*(3), 407-425.
- Saporta, G. (2005). Les classes latentes. Dans J.-J. Driesbeke, M. Lejeune et G. Saporta (dir.), *Modèles statistiques pour données qualitatives* (p.71-82). Paris : Editions Technip. doi:9782710808558. (hal-01125049).
- Schmid, M., Brianza, E., & Petko, D. (2020). Developing a short assessment instrument for Technological pedagogical content knowledge (TPACK.xs) and comparing the factor structure of an integrative and a transformative model. *Computers & Education, 157*, article n° 103967. doi:10.1016/j.compedu.2020.103967
- Schmid, M., Brianza, E., & Petko, D. (2021). Self-reported technological pedagogical content knowledge (TPACK) of pre-service teachers in relation to digital technology use in lesson plans. *Computers in Human Behavior, 115*, article n° 106586. doi:10.1016/j.chb.2020.106586
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) the development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education, 42*(2), 123-149.
- Schmidt-Crawford, D. A., Tai, S. J. D., Wang, W., & Jin, Y. (2016). Understanding teachers' TPACK through observation. Dans M. C. Herring, M. J. Koehler et P. Mishra (dir.), *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Educators*. Londres : Taylor & Francis.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). Agir ensemble : l'action didactique conjointe. Dans G. Sensevy et A. Mercier (dir.), *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes. doi:10.4000/rfp.906
- Shulman, L. (1986). Those who understand : Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher, 15*(2), 4-14. doi:10.1177/002205741319300302
- Sonmark, K., Révai, N., Gottschalk, F., Deligiannidi, K., & Burns, T. (2017). Understanding teachers' pedagogical knowledge : report on an international pilot study. *OECD Education Working Papers, 159*. doi:10.1787/43332ebd-en

- Stockless, A., Villeneuve, S., & Gingras, B. (2018). Maîtrise d'outils technologiques : son influence sur la compétence TIC des enseignants et les usages pédagogiques/Mastery of digital tools : The influence on information and communication technologies competency and pedagogical use. *Canadian Journal of Learning and Technology/La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 44(2). doi:10.21432/cjlt27581
- Stockless, A., Villeneuve, S., & Beaupré, J. (2018). La compétence TIC des enseignants du primaire et du secondaire : un état de la situation. *Formation et profession*, 26(1), 109-124. doi:10.18162/fp.2018.402
- Tardif, M., Lessard, C., & Lahaye, L. (1991). Les enseignants des ordres d'enseignement primaire et secondaire face aux savoirs. Esquisse d'une problématique du savoir enseignant. *Sociologie et sociétés*, 23(1), 55-69.
- Therriault, G. (2008). *Postures épistémologiques que développent des étudiants des profils sciences et technologies et univers social au cours de leur formation initiale à l'enseignement secondaire : une analyse de leurs croyances et de leurs rapports aux savoirs*. Thèse de doctorat en éducation, Université du Québec à Montréal, Montréal, Canada.

Auteurs

Dabove Foueko Georges Modeste

Unité de formation doctorale (UFD) en sciences de l'éducation de l'École Normale Supérieure (ENS) de l'Université de Maroua, Cameroun. S/C BP 46 Maroua. Doctorant en didactique des sciences et technologies. Email : dabovegeorges@gmail.com

Becerril Ortega Raquel

Laboratoire CIREL, EA 4354, Université de Lille & INRIA, France.

Maîtresse de Conférences en SEFA (Sciences de l'Éducation et Formation des Adultes), Université de Lille, France. Email : raquel.becerril-ortega@univ-lille.fr



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial CC-BY-NC 4.0 International license.