

# Des processus d'acquisition de connaissances professionnelles chez deux professeurs des écoles lors d'un enseignement de sciences

ALAIN JAMEAU

---

Centre de Recherche sur l'Éducation,  
les Apprentissages et la Didactique (CREAD), ESPE  
Université de Bretagne Occidentale  
France  
Alain.jameau@espe-bretagne.fr

---

## ABSTRACT

*This paper focuses on the theme of professional knowledge mobilized by teachers at elementary school in teaching sciences. This study was conducted in the context of the teaching of electricity in grade 5 and in grade 4 in France. It comes to analyzing teachers' knowledge acquisition mechanisms. The theoretical approach articulates science didactics and professional didactics as well as on a methodology that we developed specifically for this research. Unexpected events lead to a short regulation loop which allows the teacher to adjust his preparation. During this regulation, new professional knowledge is acquired. This study identifies some elements concerning the acquisition of professional experience.*

## KEYWORDS

*Pedagogical Content Knowledge, PCK, knowledge acquisition, Inquiry-Based Science Education, science*

## RÉSUMÉ

*Cet article porte sur le thème des connaissances professionnelles mobilisées par des enseignants du premier degré lors d'un enseignement de sciences. L'étude est menée dans le contexte d'un enseignement de l'électricité au cycle 3 (8-10 ans). Il s'agit d'analyser des mécanismes d'acquisition de connaissances d'enseignants en nous appuyant sur les cadres théoriques de la didactique des sciences et de la didactique professionnelle ainsi que sur une méthodologie construite spécifiquement pour*

*cette recherche. Des imprévus donnent lieu à des boucles courtes de régulation rétroactive de l'activité ce qui permet à l'enseignant d'ajuster sa préparation. Ils sont à l'origine de la construction de nouvelles connaissances. Cette étude permet d'identifier certains éléments concernant l'acquisition d'expérience professionnelle.*

## **MOTS-CLÉS**

*Connaissances pédagogiques liées au contenu, PCK, acquisition de connaissances, démarche d'investigation, sciences*

## **INTRODUCTION**

Cette étude examine les connaissances mobilisées par des enseignants<sup>1</sup> de l'école primaire en France dans le contexte d'un enseignement des sciences par démarche d'investigation (DI). L'enseignement des sciences expérimentales à l'école concerne le «cycle 3» (âge 8-10 ans) dans le domaine «sciences expérimentales et technologie»<sup>2</sup>. Pour les élèves plus jeunes, les programmes parlent de «découvrir le monde» en cycle 1 (âge 3-5 ans) et de «découverte du monde» en cycle 2 (âge 6-7 ans) dans lesquels nous trouvons des éléments «attribués» aux sciences mais aussi d'autres éléments qui ne sont pas une simple addition des disciplines que nous retrouvons dès le collège (Bisault, 2010). Les objectifs des sciences expérimentales et des technologies sont de «comprendre et de décrire le monde réel, celui de la nature et celui construit par l'Homme, d'agir sur lui, et de maîtriser les changements induits par l'activité humaine» (2008, p. 24). Les textes officiels préconisent une acquisition des connaissances et des compétences dans le cadre d'une démarche d'investigation. Celle-ci est apparue dans les programmes de l'école en 2002, suite au *Plan de Renovation de l'Enseignement des Sciences et de la Technologie à l'École (PRESTE)*, adopté en juin 2000. Elle est aussi présente dans les programmes du collège depuis 2005 et au lycée depuis 2010.

Pour Boilevin (2013a, 2013b) et Venturini et Tiberghien (2012), cette démarche s'inscrit dans le contexte international plus large de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (Inquiry-Based Science Education, IBSE). Les différentes prescriptions semblent plus ou moins voisines (AAAS, 1989; NRC, 1996; Eurydice, 2006), et la mise en œuvre d'un tel enseignement pose un certain nombre de difficultés. Venturini (2012) souligne que l'IBSE opère une rupture avec un enseignement classique d'un point de vue «des pratiques, des croyances, des valeurs» qui touche aussi bien les enseignants que les élèves. Bisault (2010) ajoute que la prescription introduit une certaine ambiguïté, en particulier concernant la démarche d'investigation, par la multiplicité des références:

1 Ce sont des professeurs des écoles qui enseignent différents domaines scolaires dont les mathématiques et le français.

2 Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale, BOEN N°3, 19 juin 2008

«référence épistémologique au débat scientifique, référence pédagogique au rôle des interactions entre élèves, enjeu d'apprentissage de la langue, enjeu d'apprentissage civique» (p. 5). Il signale la difficulté pour les enseignants à séparer ces différentes références au sein du même texte officiel. Un enjeu de cette démarche est de renouveler les pratiques d'enseignement des sciences et des technologies en cherchant à rendre l'apprentissage plus actif et plus motivant et en proposant aux élèves des tâches plus ouvertes leur laissant plus d'autonomie (Calmettes, 2012; Boilevin, 2013a). Il s'agit notamment d'élaborer des questions «scientifiques», de formuler des hypothèses qui seront vérifiées lors des investigations, à partir d'une situation de départ ouverte et motivante pour les élèves (Venturini & Tiberghien, 2012).

L'IBSE fait l'objet de très nombreux travaux de recherche tant au niveau international que français (Bachtold, 2012; Boilevin, 2013b). Certains portent sur l'explicitation du sens accordé au terme de «démarche d'investigation» en classe dans les curricula (Park Rogers & Abell, 2008; Gengarely & Abrams, 2009; Minner, Jurist Levy & Century, 2010; Dell'Angelo, Coquidé & Magneron, 2012; Venturini & Tiberghien, 2012). D'autres travaux portent sur les représentations des enseignants de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI) (Park Rogers & Abell, 2008; Prieur, Monod-Ansaldi & Fontanieu, 2013) ou bien sur les croyances et connaissances des enseignants sur la nature des sciences (Crawford, 2007; Gyllenpalm, Wickman & Holmgren, 2010; Pélissier & Venturini, 2012) ou à propos des fondements épistémologiques, psychologiques et didactiques de ce type d'enseignement (Bachtold, 2012; Cariou, 2013).

D'autres recherches s'intéressent aux conditions de mise en œuvre en classe et aux effets sur les apprentissages (Grangeat, 2013). Ainsi, Boilevin, Brandt-Pomares, Givry & Delsérieys (2012), Calmettes (2012) et Jameau (2015) mettent en évidence les écarts et les tensions entre les prescriptions et les connaissances professionnelles des enseignants alors que certains travaux abordent la formation des enseignants à ces nouvelles pratiques (Blanchard, Southerland & Granger, 2009; Grangeat, 2013). Enfin, nous trouvons des études sur les effets de ce type de démarches pédagogiques sur les apprentissages des élèves (Windschitl, 2003; Blanchard et al., 2009; Minner et al., 2010).

Cette étude vise à modéliser une acquisition de connaissances professionnelles lors de boucles de régulations rétroactives de l'activité opérées par les enseignants de sciences. Il s'agit d'analyser le processus qui permet au professeur d'adapter sa *préparation*<sup>3</sup> à un public et comment celle-ci évolue en relation avec l'activité dans la classe. Pour cela, nous nous intéressons spécifiquement à l'écart entre ce qui est prévu par l'enseignant et ce qui est réalisé en classe. Il est donc nécessaire de considérer ce qui se passe hors de la classe et dans la classe. Selon Bécu-Robinault (2007), une

3 Nous désignons ici par *préparation* l'activité du professeur en amont de la mise en œuvre d'une séance ou d'une séquence. Elle peut donner lieu à la conception et à l'organisation de supports matériels (fiches de préparation...).

part non négligeable des décisions sur l'enseignement est prise pendant le travail hors classe et notamment lors de la préparation. C'est à partir des traces écrites produites par le professeur, de son journal de bord et des entretiens, que nous y accédons. Pour cette étude, le choix est d'analyser les pratiques de deux professeurs d'école (§ Méthodologie) dans la mise en œuvre d'un enseignement fondé sur l'investigation car nous pensons que l'ESFI offre un terrain propice si nous faisons l'hypothèse que sa mise en œuvre amène les enseignants à évoluer dans leurs pratiques pour faire face aux nouvelles prescriptions. Avant de détailler notre questionnement et les résultats de recherche, nous présentons le cadre conceptuel auquel nous nous référons.

## **PROBLÉMATIQUE ET CADRE THÉORIQUE**

De nombreux travaux de recherche en éducation étudient des connaissances professionnelles des enseignants aussi bien en sciences que d'un point de vue général. Ils se réfèrent souvent aux travaux de Shulman (1986, 1987) et au concept de Pedagogical Content Knowledge (PCK), qui est défini comme une connaissance spécifique pour enseigner, nourrie partiellement par la connaissance du contenu (Sensevy & Amade-Escot, 2007). La plupart des études internationales, comme le montre Abell (2007), ont cherché à identifier les connaissances des enseignants à partir de ce qu'ils disent sur leurs connaissances et de leur pratique. En France, les études sont encore peu nombreuses. Certaines mettent en œuvre des méthodologies qui permettent de repérer une PCK à partir de l'action du professeur (Bécu-Robinault, 2007; Cross, 2010; Hammoud, 2012; Jameau, 2015; Jameau & Boilevin, 2015a). Quelques-unes soulignent la nécessité de se placer à un grain plus petit pour mieux conceptualiser une PCK. Par exemple, Cross (2010) étudie les Teacher Pedagogical Construction (TPC) qui sont une collection d'unités plus petites que les PCK tandis que Morge (2008) parle des Local Pedagogical Content Knowledge (LPCK) qui sont des unités dépendant du contenu enseigné et qui ne peuvent pas faire l'objet d'un transfert à d'autres séances. Dans tous les cas, ce modèle originel est très peu discuté car, soit il est redéfini à chaque recherche, soit un autre cadre théorique est proposé (Abell, 2007).

Pour identifier les connaissances, nous analysons les buts des professeurs au cours de leur activité ainsi que les tâches prescrites qui en découlent pour les élèves. Pour cela, nous explorons différents cadres théoriques que nous présentons maintenant. Tout d'abord, nous exposons nos références à la didactique professionnelle pour analyser l'activité des enseignants et les mécanismes de régulations qui l'accompagnent. Puis, nous présentons le concept de Pedagogical Content Knowledge (PCK) ainsi que le modèle de Magnusson, Krajcik et Borko (1999) que nous utilisons dans notre analyse. Enfin, nous présentons quelques travaux de recherches concernant le concept de l'imprévu.

### **Activité et Action de l'enseignant**

Pour Sensevy (2007) le sens du mot action dans le syntagme «action didactique» renvoie à *l'agir* «que celui-ci soit *manifeste* ou *intellectuel*, et le sens général qu'on peut lui donner lorsqu'on parle de *philosophie de l'action*» (p. 5), ce que Bronckart (2005) désigne par «toute forme d'intervention orientée d'un ou plusieurs humains dans le monde» (p. 81). Schubauer-Leoni, Leutenegger, Ligozat & Fluckinger (2007) soulignent l'intérêt à retenir les éléments d'articulation entre *activité* et *action* tels qu'ils sont proposés par Leontiev (1975) et, à la suite, par Bronckart. Leontiev place les actions *réalisées* comme les composantes essentielles des activités humaines. Elles sont subordonnées aux activités. Les activités se réalisent par des actions; les actions répondent à des buts conscients. Ces buts font partie de la *tâche* qu'il définit comme «un but donné dans des conditions déterminées» (Leontiev, 1975, p. 96). Les actions sont réalisées par les opérations déterminées par les conditions de l'activité et les activités sont orientées par un mobile, objet matériel(s) ou idéal(s) satisfaisant un besoin (Venturini, 2012). De son côté, Bronckart définit l'activité comme une lecture de *l'agir* au niveau du collectif organisé et l'action au niveau d'une personne singulière. Cette «importance» collective de l'activité comporte, au plan intentionnel, des *finalités*, alors que la dimension individuelle de l'action est portée par des *intentions* et des *motifs* qui sont propres aux raisons d'agir de celle-ci.

Il nous paraît nécessaire de bien différencier ce qui relève de la tâche de ce qui relève de l'activité pour étudier des tâches prescrites aux élèves. Les travaux de Leplat (2004) articulent ces deux éléments tout en montrant précisément ce qui les différencie. Il écrit : «La tâche c'est ce qu'il y a à faire: le but qu'il s'agit d'atteindre sous certaines conditions (...) l'activité dépend de la tâche et des caractéristiques du sujet mais elle peut contribuer (en retour) à la définition de la tâche et à la transformation du sujet» (p. 14). Par conséquent, l'étude de l'activité ne peut se faire indépendamment de la tâche (Vinatier, 2009).

### **Les boucles de régulation**

Leplat (2006) signale que la notion de régulation revient souvent dans les textes consacrés à l'étude de l'activité en situation de travail. Et, comme le souligne Coulet (2011) : «Il est, en effet, difficile de rendre compte de l'activité sans insister sur les mécanismes de régulation qui l'accompagnent» (p. 15). Par conséquent, Leplat propose une définition et un modèle qui lui permettent de montrer «comment un modèle de régulation peut mettre en lumière certains aspects de l'activité» (Leplat, 2006, p. 5). Il mentionne quelques principaux types de régulations qu'il classe comme des *régulations rétroactives* et *proactives*: la première est fondée sur les résultats, la seconde sur l'anticipation. Coulet (2010) ajoute que «les régulations rétroactives montrent la réorganisation de l'activité en conséquence des retours sur l'action (*feedback*) pris en compte par le sujet» (p. 5).

De son côté, Pastré (1999) montre, dans le cadre de sa recherche sur l'apprentissage de la conduite de centrales nucléaires sur simulateurs, qu'il existe deux types de stratégies, qualifiées toutes les deux de «rétroactives et partielles»: la stratégie dite de *boucle courte* et la stratégie dite de *boucle longue*. La première est celle du novice qui ne parvient pas à avoir une représentation d'ensemble du fonctionnement. Elle est de type procédural. Autrement dit, le novice modifie son activité de proche en proche, suivant un mode que l'on pourrait qualifier d'essai/erreur, où à chaque défaut correspond une règle d'action. C'est une régulation de type «coordination agie» (Piaget, 1974), essentiellement axée vers la réussite. La seconde stratégie est de type analytique. L'opérateur met en œuvre une forme de «coordination conceptuelle» (Ibid.), à travers une approche globale. Il apparaît, de plus, dans des travaux sur la résolution de problèmes, une autre forme de régulation rétroactive de l'activité : celle qui réoriente le sujet vers d'autres formes d'activités, vers d'autres schèmes, qui seraient plus adaptés aux propriétés de la situation et de la tâche. Pour Coulet (2010), il s'agit de régulations de type «changement de schème».

Les travaux que nous venons de présenter apportent des outils conceptuels qui nous aident à analyser l'activité des enseignants, son organisation, et les processus de régulation qui l'accompagnent. En effet, les travaux de Leontiev permettent de montrer que toute activité est organisée. La description des actions et des opérations qui les réalisent nous permet d'accéder aux connaissances des enseignants. Les changements de but dans l'action montrent les régulations de l'activité.

Nous examinons maintenant les travaux de recherche concernant la modélisation dans l'enseignement des sciences afin d'étudier la tâche prescrite aux élèves en lien avec l'activité des enseignants, dans le cas d'un enseignement de sciences.

### **La notion d'imprévu**

Dans certaines études, l'imprévu est considéré comme un outil alors que, dans d'autres travaux, il est vu comme un objet ou comme «un objet structurant intégré dans une méthode ou en tant qu'élément de formation» (Jean, 2008, p. 25). L'imprévu est parfois synonyme d'incident perturbateur (Woods, 1990), de malentendus (Broussal, 2006) qui sont liées à des enseignements qualifiés de «travail flou» par Tardif et Lessard (1999). De son côté, Yinger (1986) parle d'improvisation pour qualifier le travail des enseignants experts.

Huber et Chautard (2001) considèrent un imprévu comme un cas particulier d'événement défini comme perturbateur qui conduit l'enseignant à la recherche «d'un nouvel équilibre» dans l'instant ou en différé. Il s'agit de comprendre l'imprévu comme un système de régulation des apprentissages. Nous retrouvons cette relation entre l'imprévu et la régulation dans les travaux de Broussal (2006). Ce dernier met en évidence une relation entre le repérage de malentendus et l'expertise des enseignants

qui se servent des malentendus comme des «indicateurs pertinents» qui ont un impact sur leurs interventions. Perrenoud (1999) utilise aussi la notion d'évènement mais ajoute le qualificatif «imprévu». Cet auteur distingue le cas de *l'évènement prévisible* dont l'occurrence n'est pas prévue et *l'évènement inédit* pour lequel seule une réponse improvisée est envisageable.

Notre étude de l'écart entre le prévu et le réalisé se fait à travers l'identification d'imprévus dans la classe. En nous appuyant sur les travaux de Huber et Chautard (2001) ainsi que ceux de Perrenoud, nous définissons l'imprévu comme un évènement perturbateur survenant en classe qui sort de la planification du professeur. Nous nous plaçons dans le cas particulier où l'imprévu est perçu par l'enseignant mais qui ne génère pas forcément une régulation. De fait il fait évènement au professeur mais pas forcément à l'élève.

### **La modélisation dans l'enseignement des sciences**

Certaines recherches en didactique s'intéressent à la prise en compte des modèles dans l'enseignement (Boilevin, 2013a). Ainsi, pour Martinand (2000), l'enseignement des sciences, trop dogmatique, présente les modèles comme des évidences non questionnées non rattachées à des problèmes. Les questions d'enseignement et d'apprentissage de la modélisation se posent en termes de construction, d'adaptation et d'utilisation des modèles scientifiques. Ceux-ci doivent conserver au cours des manipulations leurs trois caractéristiques essentielles: ils sont hypothétiques, modifiables et ils sont pertinents pour certains problèmes dans certains contextes. Pour cet auteur, il s'agit de distinguer le registre du référent empirique et le registre des modèles construits sur ces référents, selon des exigences qui n'ont pas de solution dans le premier registre. Le registre du référent empirique n'est pas constitué uniquement d'objets ou de phénomènes, ce qui pourrait être appelé le réel, mais aussi de connaissances phénoménographiques, phénoménotechniques et phénoménologiques qui leur sont associées. Pour Bisault (2010), ce qui est référent à un moment donné est une description qui remplace la réalité qu'on ne connaît pas. De la même manière, un modèle scientifique peut se substituer à une description antérieure et être incorporé comme phénoménologie dans un nouveau registre empirique (Larcher, 2003). Les résultats de recherche pointent les difficultés d'élaboration du registre du référent empirique. Il y a une responsabilité didactique dans le choix et la définition du référent empirique car les objets et les phénomènes ne sont pas «donnés» mais ils sont le résultat d'une lecture de la «réalité». Cependant, cette lecture n'est pas forcément la même pour les élèves et pour des adultes instruits (Martinand, 2000).

Ces références théoriques à la didactique des sciences nous permettent d'étudier la tâche prescrite aux élèves au cours d'une modélisation et dans l'application du modèle. Nous faisons la relation avec le but du professeur dans l'activité et les changements

de but grâce au concept de régulation. Dès lors, nous pouvons regarder la manière dont les élèves s'approprient les savoirs en jeu. Il ne nous reste plus qu'à présenter le concept de PCK et le modèle de Magnusson et al. (1999) qui nous permettent d'analyser les connaissances des enseignants afin de montrer leur impact au niveau de leur activité et de sa conduite.

### **Les PCK**

Le modèle de Shulman permet d'identifier les connaissances spécifiques en jeu, dans l'enseignement d'un savoir en lien avec un sujet, afin de distinguer un enseignant d'un spécialiste de ce sujet. Il définit d'abord trois types de «*content understanding*» et étudie leur impact en classe : «*Subject Matter Knowledge (SMK)*», «*Pedagogical Content Knowledge (PCK)*» et «*Curricular Knowledge (CK)*». Plus tard, Grossman (1990) propose une évolution du modèle de Shulman en définissant quatre domaines : les connaissances pédagogiques générales (PK), les connaissances disciplinaires (SMK), les connaissances pédagogiques liées au contenu (PCK), et les connaissances du contexte (KofC).

Magnusson et al. (1999) ont défini séparément les composantes des PCK. Elles se déclinent en quatre composantes : les connaissances sur les stratégies d'enseignement, les connaissances du programme, les connaissances de l'évaluation, les connaissances sur les élèves. Ces quatre composantes des PCK sont, elles-mêmes, divisées en sous-catégories qui interagissent entre-elles. De plus, une cinquième composante façonne les autres : la composante «orientations pour l'enseignement des sciences». Dans notre étude, nous utilisons ce modèle pour catégoriser les connaissances en jeu dans la pratique du professeur. Il est composé de catégories et sous-catégories qui permettent de distinguer finement les connaissances qui se situent au niveau enseignant, celles qu'il mobilise en lien avec un contenu à enseigner (l'électricité pour notre étude), des connaissances au niveau élève qui sont les connaissances spécifiques à l'enseignement de ce contenu.

Nous présentons maintenant la notion d'imprévu qui nous permet d'identifier les écarts entre le prévu et le réalisé à la base des régulations opérées par le professeur. D'un point de vue méthodologique, ces imprévus sont identifiés par l'enseignant lors de la mise en œuvre de son enseignement et servent de base aux entretiens (§ Méthodologie)

## **QUESTIONS DE RECHERCHE**

Les cadres théoriques que nous venons de présenter nous permettent de préciser nos questions de recherche. Afin d'étudier l'évolution des connaissances professionnelles en jeu, nous devons articuler l'action des enseignants avec leurs connaissances. Pour cela, nous examinons le but des enseignants et les changements de but dans l'activité.

Nous mobilisons le concept de PCK comme cadre d'analyse des connaissances des enseignants en nous référant au modèle de Magnusson & al. (1999) pour caractériser les types de connaissances professionnelles en jeu. Notre problématique s'articule autour de deux questions principales : Quels types de connaissances professionnelles sont mobilisés par les enseignants de sciences? Comment évoluent-elles au cours de l'activité du professeur?

Le concept de boucle de régulation rétroactive de l'activité permet d'analyser les conséquences de l'écart entre le prévu et le réalisé. Par conséquent, la seconde question principale peut se décliner en sous-questions de la manière suivante: Comment se construisent les nouvelles connaissances? De quel(s) type(s) sont-elles? Comment participent-elles à l'organisation de l'activité et à sa conduite? Pour répondre à ces questions, nous avons construit une méthodologie propre à cette recherche que nous présentons maintenant.

## MÉTHODOLOGIE

Nous explicitons, dans ce paragraphe, les outils de recueil et de traitement des données par rapport à notre contexte de l'étude.

### **Contexte de l'étude**

Nous avons mis en œuvre cette méthodologie pendant pour le suivi de deux enseignants expérimentés de l'école primaire française. Nous les avons appelés André et Francis. L'étude de cas que nous présentons ici se réfère à un enseignement de l'électricité, pour des élèves de 8 ans à 10 ans (cycle 3). Les deux enseignants ont très peu d'expérience dans l'enseignement de l'électricité, mais ils en ont beaucoup par ailleurs ce qui nous permet d'éviter, d'un côté, les enseignants débutants et les problèmes inhérents au début de carrière qui pourraient occulter les objets de notre étude, et de l'autre, les enseignants experts qui enseignent le même thème depuis des années, chez qui nous pourrions observer des préparations pouvant être succinctes, et des routines installées qui rendraient moins visibles les évolutions qui nous intéressent.

Le thème choisi concerne les notions de circuits en série et en dérivation. Il est traité par chacun des enseignants en quatre séances d'une heure chacune environ, suivies d'une évaluation sommative. Les progressions ont été coordonnées de manière à ce que ce thème soit enseigné dans la même période de l'année afin de permettre à chacun de discuter de situations d'enseignement récemment vécues. Ajoutons enfin que la pratique de ces deux enseignants s'inscrit dans le contexte curriculaire français où l'ESFI figure parmi les prescriptions depuis 2002<sup>4</sup>.

---

4 BOEN N°1, 14 février 2002 Hors-série

### **Outils de recueil de données**

Le corpus que nous recueillons comporte des enregistrements audio et vidéo de séquences de classe et des entretiens avec chacun des enseignants, ainsi que des données issues d'un journal de bord renseigné par les deux professeurs sur toute la durée de l'étude. Ce dernier nous donne une trace de leur préparation de classe et de leur analyse de la séance précédente. Il permet d'approcher le travail hors classe des enseignants. C'est un outil essentiel de la méthodologie d'investigation réflexive dans le sens où il incite à la réflexivité sur les activités.

La durée totale d'enregistrement vidéo est d'environ 20 heures. Nous avons deux caméras à disposition : la première était fixe au fond de la classe centrée sur le tableau et la seconde était mobile prenant les interactions entre le professeur et les élèves. L'enseignant était équipé d'un micro-cravate et deux micros «d'ambiance» étaient placés dans la classe. L'enregistrement vidéo était ensuite numérisé.

Nous menons différents types d'entretiens avec les enseignants : un entretien en début et en fin de séquence ainsi que des entretiens de type autoconfrontation (Clot, Faïta, Fernandez & Scheller, 2001). Le thème étudié lors de la séquence a été décidé au préalable conjointement par les enseignants et le chercheur. Il sert de base à deux entretiens dans lesquels les professeurs font une auto-analyse de leur action, à partir des enregistrements vidéo des séances, selon des modalités proches de l'autoconfrontation simple et croisée. L'auto-analyse<sup>5</sup> est envisagée ici comme méthode de recueil de données empiriques et d'analyse de protocoles verbaux en relation avec l'action. L'auto-analyse simple consiste en un entretien entre le chercheur et chaque enseignant. Il leur est demandé de décrire puis d'analyser leurs actions, en verbalisant ce qu'ils faisaient, pensaient ou prenaient en compte pour agir, et en évitant les interprétations ou généralités. L'auto-analyse croisée met en scène deux enseignants et le chercheur dans une analyse commune du même enregistrement vidéo. Il s'agit d'analyser les imprévus relevés au cours de l'auto-analyse simple. Nous avons donc retenu de suivre deux enseignants simultanément pour pouvoir organiser ces entretiens.

### **Outils de traitements des données**

Notre analyse se situe parfois à un grain très fin, au niveau de l'énoncé, pour nous permettre de percevoir les ajustements effectués par les enseignants dans l'action de la classe ce qui nous a conduit à procéder selon la méthodologie de *l'étude de cas*, comportant deux niveaux d'analyse.

Au premier niveau, nous élaborons un synopsis (Sensevy, 2007) des séances à par-

5 Nous souhaitons distinguer un entretien en auto-analyse qui, dans notre étude, est centré sur les savoirs enseignés et sur les apprentissages des élèves, d'un entretien en auto-confrontation qui est défini comme une méthode d'analyse de l'activité de travail (Clot & al., 2001) qui vise non seulement de comprendre le travail pour le transformer, mais de le transformer pour comprendre comment le développement se produit ou ne se produit pas.

tir d'une première analyse vidéo. D'un point de vue méthodologique, le synopsis de séance correspond à une réduction du corpus permettant une vision de l'ensemble de la séance étudiée. Afin de préparer l'entretien en auto-analyse simple, nous fournissons à chacun des enseignants les vidéos de classe de leur propre pratique avec les synopsis. Puis, nous leur demandons de relever toutes les situations qu'ils souhaiteraient discuter avec leur binôme en notant, en particulier, tous les imprévus survenus en classe. Au cours de cet entretien, les imprévus identifiés par l'enseignant sont croisés avec ceux relevés par le chercheur, puis discutés. Ceux qui sont jugés pertinents, au regard de notre étude, sont listés pour être discutés lors de l'entretien croisé et nous donnons à chaque enseignant les vidéos des cours dispensés par l'autre membre du binôme ainsi que les synopsis des séances. Ils doivent en faire une première analyse et relever des objets à discuter avec leur binôme. Cela peut concerner la progression, la planification, une situation, etc. Ce corpus sera la base de l'entretien en auto-analyse croisée. Au second niveau, nous élaborons les transcriptions des situations qui ont été discutées dans les entretiens. Elles sont relatives notamment aux imprévus qui ont été définis. Nous élaborons aussi les transcriptions des entretiens relatifs à ces situations. Nous inférons les connaissances des enseignants en triangulant toutes les données issues des vidéos et des *transcripts*<sup>6</sup>.

Notre étude s'appuie ici sur deux extraits qui nous semblent représentatifs de la séquence en électricité mise en œuvre par Francis et André.

## RÉSULTATS

Nous présentons maintenant quelques résultats de nos recherches. Nous étudions des imprévus qui ont donné lieu à des régulations rétroactives de l'activité en boucle courte de la part des deux enseignants. Nous analysons la situation d'entrée mise en œuvre par Francis puis la réponse d'André à deux imprévus concernant le montage pile – lampe et le circuit en série.

Francis propose une situation d'entrée sous la forme de quatre questions et d'un exercice qui font l'objet d'une correction en suivant. Elles ont toutes les deux une valeur de diagnostic c'est-à-dire, pour Francis, «*de faire remarquer au bout de la séquence qu'ils (les élèves) ont progressé un écrit reste une manipulation non*». Il s'agit aussi pour le professeur de s'assurer que tous les élèves possèdent les savoirs aux programmes du cycle 2 avant de débiter le programme du cycle 3. Cette approche de la situation d'entrée, Francis l'a construite depuis très longtemps en mathématiques et en EPS. Il n'enseigne pas habituellement les sciences dans sa classe et, par conséquent, il s'appuie sur cette «*façon de faire*» pour aborder un enseignement nouveau.

---

6 Nous appelons *transcript* les tableaux des transcriptions des productions verbales des situations de classe, et des entretiens, associées à quelques descriptions succinctes du chercheur

André débute la séquence sur l'électricité par une phase expérimentale, dans laquelle les élèves ont à allumer une lampe avec une pile et à dessiner leur montage. La mise en commun qui suit comporte deux temps. Un travail à partir de la trace écrite de chaque groupe pour symboliser la pile et la lampe, et la schématisation du montage pile/lampe avec un apport de vocabulaire sur les points de contact. Puis, à la seconde séance, il leur demande de construire une petite guirlande de Noël, composée seulement de 3 lampes et de 4 fils. Le professeur impose le nombre de fils pour éviter d'avoir à gérer trop de circuits différents car il souhaite travailler sur le circuit en série.

### **Un imprévu au cours de la situation d'entrée. Cas de Francis**

Au cours de la correction de deux schémas de l'exercice (annexe 3, schéma A et B encerclés), Francis s'aperçoit que les élèves ne connaissent pas les mots de vocabulaire, «plot», «culot» et «borne». Il est surpris car il sait qu'ils l'ont appris en cycle 2. Après plusieurs tentatives infructueuses pour les aider à se souvenir, l'enseignant leur demande de refaire l'expérience correspondant au schéma A en faisant bien attention aux points de contact entre la pile et la lampe. Lors de la mise en commun, les élèves n'arrivent toujours pas à expliquer pourquoi la lampe n'éclaire pas, par manque de vocabulaire scientifique. Ils parlent de «dessous» ou de «côté» de l'ampoule qui est ou qui n'est pas en contact avec les «barrettes», le «plus ou le moins» de la pile. Le professeur n'introduit toujours pas le vocabulaire scientifique. Il poursuit la correction de l'évaluation diagnostique.

Francis dit dans l'entretien n°1 ses difficultés: *«moi-même j'ai pas les connaissances ce qui m'a dérangé toute la séance c'est le vocabulaire scientifique à chaque fois ça se résume à ça marche ou ça marche pas (...) j'aurai dû intervenir quoi avoir un vocabulaire adapté»*. L'enseignant n'avait pas prévu de redéfinir le vocabulaire dans cette séance. Nous nommons cet imprévu: «description de la manipulation pile/lampe en mobilisant le vocabulaire scientifique». Son manque de connaissances n'a pas permis à Francis de réguler son activité afin d'atteindre son but: corriger tous les montages représentés par un schéma dans l'évaluation diagnostique. Les élèves sont restés dans le flou et il dit avoir perdu le fil au fur et à mesure de la séance car il était *«agacé (..) par ce manque-là de connaissances qui n'est pas acceptable pour un maître»*. Il reconnaît que l'activité expérimentale n'a servi à rien *«c'est une perte de temps»*. En effet, sans le vocabulaire adapté, les élèves ne peuvent pas modéliser le circuit fermé composé d'une pile, de fils et d'une lampe.

Pour autant, Francis a mobilisé des connaissances professionnelles pour construire cette évaluation lors de sa préparation de classe. Nous identifions des connaissances scientifiques (SMK) sur les circuits simples, des PCK sur les programmes (le circuit électrique est appris en cycle 2, le matériel pédagogique), sur les élèves (la formulation des questions, les schémas des montages) et des connaissances pédagogiques sur la

gestion de la classe et sur les stratégies. En effet, Francis met en place une évaluation diagnostique dans d'autres matières scolaires, en Mathématiques et en Education Physique et Sportive. Dans tous les cas, Francis nous dit que l'organisation est la même, des exercices qu'il s'agit de corriger, et ses objectifs sont identiques, faire un diagnostic des savoirs acquis par les élèves et qu'ils se rendent compte des progrès accomplis en fin de séquence. Pour nous, il s'agit d'une connaissance pédagogique, indépendante du contenu enseigné.

### **La réponse à deux imprévus par l'expérience. Cas d'André**

André a les plus grandes difficultés à faire émerger chez les élèves des explications claires et précises à propos du montage qu'ils ont fait pour allumer la lampe à l'aide de la pile. Il souhaite qu'ils utilisent le vocabulaire scientifique de «plot», «culot» et «borne» pour répondre à la question *«que faut-il pour que cette ampoule s'allume?»*. Ce vocabulaire a été appris par tous les élèves en cycle 2. Le professeur s'appuie sur le référent empirique constitué notamment d'une pile et d'une lampe et de ce que les élèves ont appris les années précédentes (Martinand, 2000; Larcher, 2003) pour construire le modèle du circuit fermé. Pour autant, ils n'arrivent toujours pas à répondre à la question. André décide de les faire expérimenter à nouveau car *«c'était le seul moyen pour les enfants de se rendre compte comment ça fonctionnait leur dire faut faire ci faut faire ça ça n'apporte rien pour moi ça n'apportait rien du tout»* (Annexe 1). Le professeur dit dans l'entretien n° 1 que cette situation n'était pas prévue: *«c'est une improvisation judicieuse parce que ça leur permet de se rendre compte mais là on est concrètement dans la phase de redécouverte»*.

André nous donne l'indice qui lui a fait changer son organisation: *«parce que connaissant Mireille je la voyais dire alors tu vois on va prendre le plot et puis alors on va elle elle parle pour parler bon je savais que son explication n'allait pas donner quelque chose»* (Tdp 7). Donc, c'est à partir sa connaissance de l'élève et du contenu de sa réponse que l'enseignant a décidé d'opérer une régulation de son activité à partir d'un imprévu que nous nommons: imprévu n° 1 *«décrire la manipulation pile/lampe en mobilisant le vocabulaire scientifique»*.

Après cette phase expérimentale, les élèves montrent très précisément les points de contacts nécessaires entre la pile et la lampe pour que cette dernière s'allume. Mais ils ne sont pas d'accord entre eux sur le sens du branchement de la lampe. Certains disent qu'il faut que le plot soit en contact avec la petite borne; d'autres disent que le plot doit être en contact avec la grande borne. Nous observons le professeur remettre les élèves à expérimenter. La preuve s'établit à nouveau par l'expérience. C'est un nouvel imprévu pour André, que nous nommons: imprévu n°2 *«la lampe n'est pas polarisée»*. C'est le *«brouhaha de la classe»* qui lui a fait changer l'organisation de son activité. Au final, les élèves concluent que la lampe peut se brancher dans les deux sens.

### **Le circuit en série comportant une lampe défectueuse. Cas d'André**

Au cours de l'activité expérimentale pour allumer 3 lampes avec une pile et 4 fils, André dépanne un binôme pour lequel aucune lampe n'éclaire. Il isole la lampe défectueuse qui est responsable de la panne et la place dans un montage en série accroché au tableau afin de mobiliser la classe sur le problème: *«Bien voici donc ma guirlande de Noël malheureusement (...) un soir je rentre à la maison j'allume mon sapin il y a comme une petite lumière et on entend pac et puis et puis là ça ne fonctionne pas (...) si ça arrive le soir de Noël on est drôlement embêté on ne peut pas fêter Noël sans que le sapin ne soit éclairé»*. Les élèves doivent expliquer *«pourquoi la guirlande ne fonctionne pas»* (Transcript en annexe), à savoir que la lampe défectueuse ouvre le circuit (le filament est coupé) et empêche les autres d'éclairer puisqu'elles appartiennent à la même boucle.

Cette activité n'était pas prévue par André. Nous nommons cet imprévu n° 3 «mise en évidence d'une propriété du circuit en série». Dans l'entretien n° 1, il justifie son changement d'organisation: *«ça nous permettait justement de faire l'expérience devant tout le monde et de faire référence à ce qu'ils avaient fait avant et de mieux comprendre aussi les points positifs et négatifs du circuit en série»*.

La stratégie d'André permet à tous les élèves de s'approprier le problème. En effet, il scénarise la situation en se plaçant le soir de Noël où il n'est pas question d'avoir une guirlande qui ne fonctionne pas. Ensuite, le fait d'accrocher le circuit au tableau permet à tous de voir les effets et d'agir sur le circuit *«en direct sachant qu'ils ont déjà manipulé avant»*. L'enseignant s'appuie sur le modèle du circuit en série construit par les élèves, au cours des expériences précédentes, pour qu'ils puissent expliquer la panne. Il leur demande d'émettre des hypothèses explicatives qui n'ont pas vocation à être testées individuellement mais plutôt à être discutées et testées collectivement (par exemple, Tdp 13). Nous observons les difficultés des élèves à répondre à la question du professeur. Ils restent au niveau du registre empirique (Martinand, 2000) en faisant référence à des solutions pour dépanner (Jusqu'au Tdp 11). Ensuite, ils le mettent en lien le registre des modèles en faisant référence à l'électricité qui circule dans le circuit (pour les élèves le terme circuit est synonyme de boucle) avec, parfois, un point de vue animiste (par exemple, Tdp 18).

Pour nous, les difficultés des élèves se situent à deux niveaux. Ils doivent, d'une part, faire le lien entre le registre empirique et celui des modèles et, d'autre part, l'activité langagière entre les élèves doit se situer, *a priori*, sur le plan explicatif et sur le plan empirique. En effet, la question posée par le professeur débute par «pourquoi». Elle est sensée placer les élèves dans une activité langagière sur le plan explicatif par la formulation d'arguments qui s'appuient notamment sur les modèles déjà construits. Pour autant, la situation présentée par André place les élèves dans le registre empirique puisqu'il met en scène la panne avec du matériel déjà manipulé par les élèves. La tâche des élèves nous paraît donc complexe (Bisault & Berzin, 2009) car elle met en jeu

deux modalités d'activités langagières complémentaires et deux registres différents d'élaborations scientifiques qui doivent être mis en relation. La tâche prescrite est d'autant plus difficile à appréhender (Bautier, 2006). Il faut que l'enseignant reformule la question deux fois (Tdp 7 et Tdp 13) pour que des élèves proposent que «*l'ampoule bloque l'électricité*» (Tdp 20) et que, par conséquent, «*le courant ne peut pas passer*» (Tdp 22) avant de conclure que le circuit est alors ouvert.

## DISCUSSION

Nous discutons maintenant les éléments d'analyses concernant les trois moments que nous avons présentés dans le paragraphe précédent: un imprévu au cours de la situation d'entrée mise en œuvre par Francis et deux imprévus survenus au cours d'une mise en commun des travaux faisant suite à une investigation expérimentale mise en œuvre par André. Nous débutons cette discussion en identifiant les connaissances professionnelles mobilisées par les deux enseignants à l'aide de notre modèle de référence. Puis, nous présentons des mécanismes d'acquisition de nouvelles connaissances professionnelles et nous analysons des conséquences sur les réorganisations de l'activité des professeurs.

### **Les connaissances professionnelles des enseignants**

Nous observons que les deux enseignants ne mobilisent pas uniquement des connaissances disciplinaires (SMK) et des connaissances pédagogiques (PK) dans la préparation et au cours de la mise en œuvre de leur enseignement. Nous identifions aussi des connaissances pédagogiques liées au contenu (PCK).

Les premières sont en électrocinétique (typologie des circuits électriques, schéma avec codes SI, notion de dipôles, matériaux conducteurs et isolants électriques, court-circuit, loi d'Ohm, sécurité électrique) en régime continu essentiellement. Les secondes sont à propos de tout ce qui ne concerne pas les contenus disciplinaire. Nous avons montré que Francis, mobilisait une PK sur les stratégies en mettant en œuvre des évaluations diagnostiques dans différentes matières scolaires qui sont organisées de la même manière et avec les mêmes objectifs. Il s'agit de sa «conception de l'enseignement» qu'il dit s'être construite au fil des années. C'est une connaissance pédagogique personnelle (Morine-Dershimer & Kent, 1999). Notre étude montre que lors du lancement des activités expérimentales, la consigne des professeurs des écoles est double. Les élèves doivent réaliser une expérience et produire une trace écrite. Pour André et Francis, elle apporte une forme de régulation entre les élèves rapides et les autres, et plus d'autonomie. De plus, les deux professeurs donnent un rôle dans les apprentissages aux écrits individuels et collectifs et plus spécifiquement à la construction d'une trace collective pour apprendre des notions en sciences. Les élèves disposent

d'une feuille de recherche généralement vierge qui est affichée au tableau car, nous dit Fabien, «*elle permet de construire la trace écrite collective qui constituera la synthèse*». Pour André, c'est un dispositif qui «*comporte un caractère pluridisciplinaire dans le sens où on va pas simplement se contenter de produire quelque chose on va être capable aussi d'analyser quelque chose de voir un peu ce que les autres ont fait*». Pour nous, les deux professeurs mobilisent des PK sur les principes pédagogiques (place et rôle du langage dans les apprentissages), sur l'organisation et la gestion de classe (modalités, co-construction des synthèses, autonomie et planification de la séquence aux abords de Noël).

Les autres connaissances mises en jeu sont des PCK sur l'apprentissage en sciences: les programmes (DI, matériel pédagogique, le circuit électrique est au programme du cycle 2, le courant et la tension électrique ne sont pas au programme, la place du langage dans les apprentissages en sciences), sur les élèves (les prérequis sur le circuit électrique, circuit ouvert, circuit à plusieurs boucles, le court-circuit, conducteurs et isolants électriques, symbolisation), sur les stratégies (le circuit en série est accroché au tableau, la guirlande électrique). Nous avons observé aussi des PCK sur l'apprentissage du français (syntaxe, lecture, orthographe, phonologie) au cours de la construction des écrits collectifs en grand groupe. En effet, les deux professeurs en profitent pour corriger les erreurs d'orthographe et de prononciation des élèves. Par exemple, nous avons observé André corriger la prononciation d'un élève en faisant une correspondance entre la phonie et la graphie des sons [il] et [ij] par rapport à un mot connu: *bille*. Pour nous, les professeurs des écoles mobilisent aussi des PCK sur les orientations pour l'enseignement des sciences (Magnusson & al., 1999) à travers le lien qu'ils font entre le langage et les sciences, la dimension de co-construction des synthèses et des écrits institutionnalisés qui constituent la leçon à apprendre. Pour autant, s'agit-il d'une connaissance de type PCK car elle ne paraît pas spécifique à l'enseignement de l'électricité? Nous rejoignons Abell (2007) pour dire qu'il s'agit d'une vue générale de l'enseignement des sciences. De plus, cette vue générale ne peut se résumer à des connaissances. En effet, pour l'auteur, il y a des croyances et des valeurs en jeu. D'autres études sont nécessaires pour comprendre comment les orientations peuvent s'articuler avec le modèle des PCK.

Toutes ces catégories de connaissances sont incluses dans les connaissances professionnelles des enseignants qu'ils mobilisent pendant la préparation et au cours de la mise en œuvre de leur enseignement.

### **Acquisition de nouvelles connaissances des enseignants: conséquences sur les réorganisations de l'activité**

Dans tous les cas que nous venons d'étudier, l'acquisition d'une ou plusieurs connaissances de type PCK se fait lors des régulations opérées par les professeurs. Revenons sur les cas que nous avons décrits précédemment.

Francis et André ont acquis une nouvelle connaissance, de type PCK sur les élèves, lors d'un imprévu «commun» que nous avons noté «description de la manipulation pile/lampe en mobilisant le vocabulaire scientifique». Ils n'ont pas anticipé la difficulté des élèves à expliquer précisément les points de contacts qui sont nécessaires pour allumer une lampe avec une pile. Nous la notons dans la sous-catégorie «La connaissance des domaines pour lesquels les élèves ont des difficultés». Comme nous l'avons décrit précédemment, André atteint son but donnant des tâches plus précises aux élèves. Par contre, le manque de connaissances scientifiques de Francis l'a empêché d'atteindre son but «corriger l'exercice», à la première séance, malgré plusieurs tentatives. Nous observons le professeur débiter la seconde séance par un rappel du vocabulaire «plot», «culot» et «borne», à l'aide d'un document qu'il a construit pour l'occasion. Puis, un groupe d'élève vient faire l'expérience devant la classe, en réinvestissant le vocabulaire pour expliquer ce qu'ils font pour allumer la lampe avec la pile. Par ailleurs, André a acquis deux nouvelles PCK sur les élèves au cours d'une régulation en boucle courte à la suite des deux imprévus que nous avons noté: l'imprévu n° 2 «la lampe n'est pas polarisée»; l'imprévu n° 3 «mise en évidence d'une propriété du circuit en série». Nous notons les connaissances comme suit: «il n'y a pas de sens pour brancher une lampe sur une pile» et «une lampe défectueuse ouvre le circuit lors d'un montage en série».

Pour nous, Francis a acquis une nouvelle connaissance professionnelle qui lui permet d'atteindre son but suivant une double boucle de régulation rétroactive de l'activité (Jameau & Boilevin, 2015b): une boucle courte qui lui permet de laisser de côté la correction de l'exercice et de poursuivre son activité prévue à la séance 1; une boucle longue qui lui permet d'atteindre son but «corriger l'exercice» à la séance 2, à la suite d'une nouvelle PCK sur les élèves acquise lors de la séance 1.

Cette analyse montre que, d'une part, l'acquisition de nouvelles connaissances se fait à partir de l'activité en classe et, d'autre part, ces nouvelles connaissances ont un impact sur l'organisation de l'activité du professeur. Cet impact peut se mesurer par un travail en classe et hors classe. De fait, nous percevons la différence entre, d'un côté, l'activité du professeur construite pendant la préparation, et, de l'autre côté, les évolutions de l'activité à la suite de nouvelles connaissances acquises dans l'action de la classe (Jameau, 2015; Jameau & Boilevin, 2015b). Autrement dit, l'activité possède un versant productif et un versant constructif (Samurçay & Rabardel, 2004).

Une boucle courte de régulation est axée sur la réussite mais n'apporte pas une réponse définitive (Piaget, 1974). Dans notre cas, la «réussite» est de nature différente. Pour Francis, elle consiste à poursuivre son activité prévue en abandonnant le but initial qui était de corriger l'exercice. Concernant André, les élèves effectuent la tâche avec succès. Nous remarquons ainsi qu'un enseignant n'est pas assuré d'apporter une réponse pertinente lors de chaque régulation en boucle courte. En effet, il doit mobiliser des connaissances professionnelles qui peuvent être des PCK ou des SMK.

Pour nous, la boucle courte implique que *le spectre* des contenus enseignés est plus large que prévu (Jameau, 2015). Par contre, lorsque les enseignants opèrent une double boucle de régulation, le résultat est plus appropriée pour la classe, à savoir les réponses données sont plus précises et plus efficaces du point de vue de l'apprentissage des élèves (Jameau & Boilevin, 2015b). Nous remarquons que cette double boucle se fait à une échelle de temps qui dépasse celle de la session de classe (Ibid.).

Mais qu'ils soient sélectionnés ou pas, les imprévus peuvent être à l'origine de la construction de nouvelles connaissances par l'enseignant. Par exemple, Francis dit dans les entretiens que son évaluation diagnostique n'est pas adaptée pour l'enseignement de l'électricité: *«si j'avais à refaire cette séance-là je ferais totalement différemment c'est à dire que je commencerais par faire manipuler puis ensuite représenter mais pas l'inverse»*. Il s'aperçoit au fur et à mesure du déroulement de la séance que les élèves sont focalisés sur le matériel sans pouvoir le manipuler: *«je vois bien une frustration de la part des élèves qui ont envie de manipuler qui ont envie de chercher»*. Il pense qu'ils n'ont *«rien appris»*. Pour lui, ils connaissent *«la théorie»*. Par conséquent, il préconise de les faire expérimenter dès le début: *«au départ pourquoi pas leur demander de construire des circuits avec une avec des ampoules pour voir ce qu'ils sont capables de faire réellement et ensuite peut-être donner un exercice»*. Pour nous, Francis a construit une PCK sur les stratégies. Cette connaissance n'a pas fait l'objet de régulation. Francis prend conscience que l'évaluation diagnostique qu'il met en place en mathématiques et en EPS n'est pas adaptée aux sciences expérimentales.

Dans tous les cas, les imprévus deviennent des événements prévisibles (Perrenoud, 1999) lorsque les enseignants ont construits de nouvelles connaissances (Jameau & Boilevin, 2015b) de type PCK ou SMK.

## CONCLUSION

Notre travail nous a conduits à étudier l'acquisition de connaissances professionnelles chez les enseignants de sciences. Pour cela, nous nous appuyons sur des références théoriques, en didactique des sciences et en didactique professionnelle, ainsi que sur une méthodologie construire pour cette recherche.

Notre étude montre que les enseignants mobilisent d'autres types de connaissances que les connaissances disciplinaires académiques et les connaissances pédagogiques : des connaissances sur les élèves, des connaissances sur les programmes, des connaissances sur les stratégies d'enseignement. Ces connaissances dépendent du contenu à enseigner, ce sont des catégories de PCK. Elles peuvent concerner l'apprentissage des sciences mais aussi l'apprentissage du français. Elles s'amalgament (Shulman, 1986) notamment avec des connaissances disciplinaires (SMK), d'un niveau supérieur à celui qui est enseigné, et des connaissances pédagogiques (PK). Toutes ces catégories sont incluses

dans les connaissances professionnelles de l'enseignant. Elles lui permettent de rendre le sujet d'étude plus compréhensible pour les élèves (Ibid).

Dans cet article, nous avons soulevé une question théorique. Nous rejoignons d'autres résultats de la recherche dans nos difficultés à définir une PCK sur les orientations pour l'enseignement des sciences. En quoi le lien qui est fait pas les enseignants du premier degré entre sciences et langage est-il une PCK? Pour autant, il s'agit bien d'une orientation qu'ils donnent à leur enseignement et qui est un déterminant de l'action pour chacun d'eux, au même titre que les autres catégories des connaissances professionnelles (Jameau & Boilevin, 2015b).

Nous pensons que notre étude permet d'identifier certains éléments concernant l'acquisition d'expérience des enseignants. En effet, des imprévus sont à l'origine de la construction de nouvelles connaissances, de type PCK sur les élèves. Elles engendrent parfois des boucles courtes de régulation rétroactives de l'activité qui montrent comment ces connaissances se construisent et participent à l'adaptation de l'enseignement du professeur à la classe, suivant une échelle de temps plus ou moins large (Jameau, 2015). De fait, les mécanismes qui pourraient modéliser, en partie, l'acquisition d'expérience professionnelle sont l'acquisition de nouvelles PCK et la constitution d'évènements prévisibles (Perrenoud, 1999) que nous identifions dans l'action et qui ont été précédemment construits. Par conséquent, la préparation de la classe n'est pas définitive et n'assure pas les enseignants d'atteindre leurs objectifs; elle évolue à travers des réajustements. Mais cette étude demande à être poursuivie notamment en la replaçant par rapport aux travaux sur le développement professionnel des enseignants.

Toutes ces questions montrent le travail qu'il nous reste à accomplir pour mieux comprendre l'activité des enseignants de sciences et ses évolutions du point de vue des connaissances professionnelles. Il nous paraît nécessaire d'élaborer un programme de recherche autour de notre modèle pour tester son pouvoir heuristique et éventuellement le prendre comme point d'appui pour des recherches dans la cadre de la formation d'enseignants de sciences.

## RÉFÉRENCES

- Abell, K. (2007). Research on science teacher knowledge. In K. Abell & N. Lederman (Eds), *Handbook of research on science education* (pp. 1105-1150). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1989). *Science for All Americans. Project 2061*. New York: Oxford University Press.
- Bachtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, 38, 7-39.
- Bautier, E. (2006). Le rôle des pratiques des maîtres dans les difficultés scolaires des élèves. *Recherche et Formation*, 51, 105-118.
- Bécu-Robinault, K. (2007). Connaissances mobilisées pour préparer un cours de sciences phy-

- siques. *Aster*, 45, 165-188.
- Bisault, J. (2010). Des moments de sciences à l'école primaire : quelles références pour quels enjeux? *Recherches en Didactiques des Sciences et des Technologies*, 2, 53-77.
- Bisault, J., & Berzin, C. (2009). Analyse didactique de l'activité effective des élèves en sciences à l'école primaire. *Éducation et Didactique*, 3(2), 77-99.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., & Granger, E. M. (2009). No silver bullet for inquiry: making senses of teacher change following an inquiry-based research experience for teachers. *Science Education*, 93(2), 322-360.
- Boilevin, J.-M. (2013a). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques*. Bruxelles: De Boeck.
- Boilevin, J.-M. (2013b). La place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences. Dans M. Grangeat (Éd.), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (pp. 27-53). Grenoble: PUG.
- Boilevin, J.-M., Brandt-Pomares, P., Givry, D., & Delsérieys, A. (2012). L'enseignement des sciences et de la technologie fondé sur l'investigation: étude d'un dispositif collaboratif entre enseignants de collège et chercheurs en didactique. Dans B. Calmettes (Dir.), *Didactique des sciences et démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation* (pp. 214-234). Paris: L'Harmattan.
- Bronckart, J.-P. (2005). *Une introduction aux théories de l'action*. Genève: Université de Genève, FPSE Publications.
- Broussal, D. (2006). *Interagir en début de cours une professionnalisation du malentendu entre savoir et langage*. Thèse de doctorat, Université Montpellier III, France.
- Calmettes, B. (2012). *Modélisation pragmatiste de l'action didactique de l'enseignant – le cas des démarches d'investigation en physique au collège*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, Université Toulouse 2, Toulouse, France.
- Cariou, J.-Y. (2013). Démarches d'investigation: en veut-on vraiment? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique. *Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies*, 7, 137-166.
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G., & Scheller, L. (2001). Entretiens en autoconfrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *Education Permanente*, 146(1), 17-25.
- Coulet, J.-C. (2010). Mobilisation et construction de l'expérience dans un modèle de la compétence. *Travail et Apprentissages*, 6, 181-198.
- Coulet, J.-C. (2011). *Une approche psychologique de la gestion des compétences. Au-delà de l'opposition expert/novice*. Clermont-Ferrand: Colloque GESCO.
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613-642.
- Cross, D. (2010). Action conjointe et connaissances professionnelles de l'enseignant. *Éducation & Didactique*, 4(3), 39-60.
- Dell'Angelo, M., Coquidé, M., & Magneron, N. (2012). Statut de l'investigation dans des standards de l'enseignement scientifique: cas des USA, de la Suisse et de la France. Dans B. Calmettes (Dir.), *Didactique des sciences et démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation* (pp. 27-58). Paris: L'Harmattan.
- Eurydice (2006). *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. États des lieux des politiques et de la recherche*. Bruxelles, Commission Européenne, Direction Générale de l'Éducation et de la Culture.

- Gengarelly, L. M., & Abrams, E. D. (2009). Closing the gap: inquiry in research and in the secondary science classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 74-84.
- Grangeat, M. (Ed.) (2013). *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe*. Grenoble: PUG.
- Grossman, P. (1990). *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Gyllenpalm, J., Wickman, P.-O., & Holmgren, S.-O. (2010). Teachers' language on scientific inquiry: methods of teaching or methods of inquiry? *International Journal of Science Education*, 39(9), 1151-1172.
- Hammoud, R. (2012). *Le travail collectif des professeurs en chimie comme levier pour la mise en œuvre de démarches d'investigation et le développement des connaissances professionnelles. Contribution au développement de l'approche documentaire du didactique*. PhD Thesis, Lyon I University - Lebanese University.
- Huber, M., & Chautard, P. (2001). *Les savoirs cachés des enseignants. Quelles ressources pour le développement de leurs compétences professionnelles*. L'Harmattan: Paris.
- Jameau, A. (2015). Une étude des connaissances professionnelles des enseignants du point de vue de la didactique des sciences et de la didactique professionnelle. *Éducation & Didactique*, 9(1), 9-31.
- Jameau, A., & Boilevin, J.-M. (2015a). Les déterminants de la construction et de la mise en œuvre de démarches d'investigation chez deux enseignants de physique-chimie au collège. *Recherches en Education*, 21, 109-122.
- Jameau, A., & Boilevin, J.-M. (2015b). The double loop of science teachers' professional knowledge. In M. Grangeat (Ed.), *Understanding science teacher professional knowledge growth* (pp. 27-46). Rotterdam/Boston/Taipei: Sense Publishers.
- Jean, A. (2008). *Le traitement des imprévus par les professeurs stagiaires de technologie en formation initiale à l'IUFM. Quels gestes d'ajustement en situation de classe? Quelle utilisation pour leur développement professionnel?* Thèse de doctorat, Université Montpellier III, France.
- Larcher, C. (2003). Contribution à la table ronde «cadres théoriques autour de la modélisation». Dans V. Albe, C. Orange & L. Simonneaux (Éds), *Actes des 3èmes rencontres scientifiques de l'ARDIST «Recherches en didactique* (pp. 305-308). Toulouse: ENFA.
- Leontiev, A. (1975). *Activité, conscience, personnalité*. Moscou: Éditions du Progrès.
- Leplat, J. (2004). L'analyse psychologique du travail. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 54(2), 101-108.
- Leplat, J. (2006). Les contextes de formation. *Education Permanente*, 166, 29-48.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. Lederman (Eds), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Martinand, J.-L. (2000). Rapport au savoir et modélisation en sciences. In A. Chabchoub (Dir.), *Rapports aux savoirs et apprentissage des sciences. Actes du 5e colloque international de didactique et d'épistémologie des sciences*, tome 1 (pp. 123-135). Tunis.
- Minner, D. D., Jurist Levy, A., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.

- Morge, L. (2008). *La simulation croisée pour accéder aux connaissances professionnelles didactiques locales (LPCK) acquises par l'expérience*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France.
- Morine-Dersheimer, G., & Kent, T. (1999). The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. In J. Gess-Newsome & N. Lederman (Eds), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 21-50). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- National Research Council (NRC) (1996). *National Science Education Standards* Washington, DC: The National Academies Press.
- Park Rogers, M. A., & Abell, S. K. (2008). The design, enactment, and experience of inquiry-based instruction in undergraduate science education: a case study. *Science Education*, 92(4), 591-607.
- Pastré, P. (1999). La conceptualisation dans l'action : bilan et nouvelles perspectives. *Education Permanente*, 139, 13-35.
- Pélissier, L., & Venturini, P. (2012). Qu'attendre de la démarche d'investigation en matière de transmission de savoirs épistémologiques? Dans B. Calmettes (Dir.), *Didactique des sciences et démarches d'investigation: références, représentations, pratiques et formation* (p.151-182). Paris: L'Harmattan.
- Perrenoud, P. (1999). Gestion de l'imprévu, analyse de l'action et construction de compétences. *Education Permanente*, 140, 123-144.
- Piaget, J. (1974). *Réussir et comprendre*. Paris: PUF.
- Prieur, M., Monod-Ansaldi, R., & Fontanieu, V. (2013). Réception des démarches d'investigation prescrites par les enseignants de sciences et de technologie. *Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies*, 7, 53-76.
- Samurçay, R., & Rabardel, P. (2004). Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences, propositions. Dans R. Samurçay, & P. Pastré (Éds), *Recherches en Didactique Professionnelle* (pp. 163-180). Toulouse: Octarès.
- Schubauer-Leoni, M., Leutenegger, F., Ligozat, F., & Fluckinger, A. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. Dans G. Sensevy & A. Mercier (Éds), *Agir ensemble: l'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (pp. 51-91). Rennes: PUR.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (Éds.), *Agir ensemble. L'action conjointe du professeur et des élèves dans le système didactique* (pp. 13-49). Rennes: PUR.
- Sensevy, G., & Amade-Escot, C. (2007). Une présentation de "Those who understand knowledge growth in teaching". *Education & Didactique*, 1(1), 95-96.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Tardif, M., & Lessard, C. (1999). *Le travail enseignant au quotidien*. Québec: Les Presses de l'Université Laval.
- Venturini, P. (2012). Action, activité, «agir» conjoints en didactique: discussion théorique. *Education & Didactique*, 6(4), 127-136.
- Venturini, P., & Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques: étude de cas au collège. *Revue Française de Pédagogie*, 180, 95-120.

- Vinatier, I. (2009). *Pour une didactique professionnelle de l'enseignement*. Rennes: PUR.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: what can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112-143.
- Woods, P. (1990). *L'Ethnographie de l'École*. Paris: Armand Colin.
- Yinger, R. J. (1986). Examining thought in action: A theoretical and methodological critique of research on interactive teaching. *Teaching and Teacher Education*, 2, 263-282.

## ANNEXE 1

Extrait 1: Transcript de l'imprévu «mises en mots des points de contact entre la pile et la lampe»

Tdp1	PE: que faut-il pour que cette ampoule s'allume que faut-il que je fasse avec / ma pile
Tdp2	EI: faut mettre le plot dessus ici comme ça
Tdp3	PE: non non faut mettre le plot ici alors c'est où ici imagine imagine imagine max n'est pas là on va lui donner ce soir une feuille et on va lui dire max il faut que tu poses la pile ici et le culot là est-ce que tu crois que max va comprendre quelque chose
Tdp4	Es: non
Tdp5	PE: non alors moi je veux des explications qui soient claires / mireille
Tdp6	M: ben le plot ben
Tdp7	attends mireille ce que vous allez faire je vais vous laisser 30 secondes vous allez recommencer et vous allez décrire précisément ce que vous devez faire// où se trouve chaque partie

Extrait de transcript (PE = professeur des écoles, Es = élèves, EI = élève, M: Mireille / = pause supérieure à 2s) de la discussion en grand groupe à propos de la réponse à la question «que faut-il pour que cette lampe s'allume?»

## ANNEXE 2

## Extrait 2: Transcript Alain «une propriété du circuit en série»

Tdp1	PE: pourquoi est-ce que mon circuit pourquoi est-ce que ma guirlande ne fonctionne pas / réfléchissez bien // Romane
Tdp2	Ro: parce que les fils ils peuvent pas relier aux 2 bornes et ça peut pas marcher
Tdp3	PE: presque presque / Charlotte qu'est-ce que tu en penses toi
Tdp4	Cha: je remets une autre pile
Tdp5	PE: une autre pile
Tdp6	E3: non une autre ampoule
Tdp7	PE: une autre ampoule oui / pour répondre à ma question pourquoi est-ce que la guirlande ne fonctionne pas j'ai quand même 2 ampoules qui fonctionnent là
Tdp8	Cha: parce que y'a une ampoule qui qui empêche
Tdp9	PE: et alors qu'est-ce que ça provoque dans mon circuit / alors charlotte / thibault
Tdp10	Thi: elle est mal vissée heu
Tdp11	PE: non non elle est bien vissée // maxence
Tdp12	Ma: si y'a une ampoule qui est grillée c'est l'électricité après y'en a une avant et ben y'en aura qu'une qui va marcher
Tdp13	PE: ben regarde regarde y'en a qu'une qui va marcher moi je veux bien mais écoute moi je veux bien mais pour l'instant il y en a aucune qui fonctionne / et tu vois je peux te le prouver car il suffit que je remplace celle-ci par celle-ci [PE fait la manipulation en même temps ] et tout s'allume / ah / donc ce que tu viens de dire à l'instant ne fonctionne pas je repose ma question pourquoi est-ce qu'à cause d'une ampoule vous avez vu c'est une petite guirlande hein moi dans ma guirlande à la maison j'ai au moins une vingtaine de d'ampoules de couleur [brouhaha] chut on écoute toni
Tdp14	To: (...?)
Tdp15	PE: ah vous ne répondez pas à la question // antonin
Tdp16	Anto: l'électricité elle passe dans les fils mais comme ça ne passe pas dans les ampoules l'électricité elle euh tout ne peut pas s'allumer
Tdp17	PE: on y est presque mais vous n'arrivez pas à le dire hein on y est presque / aller ambre qui saute sur sa chaise depuis tout à l'heure
Tdp18	Amb: en fait comme toute l'électricité elle veut faire allumer l'ampoule et elle y arrive pas et puis les autres elle s'allume pas
Tdp19	PE: non
Tdp20	PE: non
Tdp21	Mar: ça bloque l'électricité
Tdp22	PE: donc donc marie
Tdp23	Mar: le courant ne peut pas passer
Tdp24	PE: donc
Tdp25	E5: ça ne marche pas
Tdp26	PE: donc donc
Tdp27	E6: elle n'éclaire pas
Tdp28	PE: on a remarqué oui mais donc [PE montre le mot circuit écrit au tableau] donc
Tdp29	déborah
Tdp30	Deb: le circuit ne s'allume pas
Tdp31	PE: donc E6: le circuit est ouvert Es : mais oui

Extrait de transcript (PE = professeur des écoles, Es = élèves, El = élève, / = pause supérieure à 2s, (...?) = propos inaudible) de la discussion en grand groupe à propos de la panne occasionnée par une lampe défectueuse dans le circuit série

### ANNEXE 3

**Exercice 1 :** Pour chaque schéma, colorie l'ampoule en jaune si tu penses qu'elle est allumée ; sinon, explique pourquoi elle ne s'allume pas.

A la fin de ton exercice, compare ton travail avec ton voisin puis vérifiez ensemble vos hypothèses par l'expérimentation.

