Les déterminants de la construction et de la mise en œuvre de démarches d'investigation chez deux enseignants de physique-chimie au collège

Determinants of construction and implementation of inquiry based science education with two teachers of physics and chemistry at middle school

Alain Jameau et Jean-Marie Boilevin

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/ree/7545>

DOI : 10.4000/ree.7545

ISSN : 1954-3077

Éditeur

Université de Nantes

Référence électronique

Alain Jameau et Jean-Marie Boilevin, « 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 éducation* [En ligne], 21 | 2015, mis en ligne le 01 janvier 2015, consulté le 25 juin 2021. URL : <http://journals.openedition.org/ree/7545> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ree.7545>

Recherches en éducation est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Les déterminants de la construction et de la mise en œuvre de démarches d'investigation chez deux enseignants de physique-chimie au collège

Alain Jameau & Jean-Marie Boilevin¹

Résumé

Cet article porte sur les déterminants de l'action enseignante lors de la construction et la mise en œuvre d'un enseignement fondé sur l'investigation. Nous nous plaçons dans le contexte de l'enseignement de la mécanique en classe de troisième. Notre approche théorique fait référence à la didactique des sciences et à la didactique professionnelle. Nous avons élaboré une méthodologie spécifique dont l'un des principes est un suivi des enseignants, pendant deux années consécutives, qui englobe leur activité hors classe. Nous identifions les déterminants en analysant les buts des professeurs au cours de leur activité ainsi que les tâches prescrites qui en découlent pour les élèves. Nous nous appuyons pour cela sur un repérage des critères retenus par les enseignants pour construire une « démarche d'investigation ». Nous montrons que différents éléments interviennent dans les déterminants de l'action : certaines catégories de connaissances professionnelles, notamment des PCK mais aussi la connaissance des enseignants sur la façon dont les élèves apprennent les sciences, sur l'historique des apprentissages construits au sein d'une classe, sur l'épistémologie de la discipline enseignée.

L'apparition de « la démarche d'investigation » dans les programmes de sciences français, depuis quelques années, remet en cause les pratiques et questionne les connaissances professionnelles des enseignants. La communauté des didacticiens des sciences s'est emparée de ces questions en s'interrogeant notamment sur les processus de détermination des actions des enseignants. Cet article souhaite contribuer à la caractérisation des déterminants de l'action des enseignants en cherchant à identifier ce qui décide de leur action. Pour cela, nous faisons le choix d'analyser les pratiques de deux professeurs de physique-chimie dans la mise en œuvre d'un enseignement fondé sur l'investigation. Les pratiques n'étant pas stabilisées, nous faisons l'hypothèse que nous observons des réorganisations de leur activité dans lesquelles nous identifions des déterminants de l'action.

1. Contexte institutionnel et scientifique de l'étude

Dans le contexte curriculaire français, la « démarche d'investigation » (DI) est apparue pour la première fois dans les programmes du collège en 2005² dans la continuité de l'école primaire³. L'introduction de cette démarche s'inscrit dans le contexte international plus large de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (Inquiry-Based Science Education) comme l'indiquent Boilevin (2013a, 2013b), Venturini et Tiberghien (2012).

Les différents curricula dans le monde (AAAS, 1989 ; NRC, 1996 ; Eurydice, 2006) déclinent cette démarche d'enseignement sous des formes plus ou moins voisines mais il n'existe pas de réel consensus pour définir l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI). L'enjeu est de renouveler les pratiques d'enseignement des sciences et des technologies (parfois des mathématiques) en cherchant à rendre l'apprentissage plus actif et plus motivant et en proposant

¹ Alain Jameau, docteur, Centre de Recherche sur l'Éducation, les Apprentissages et la Didactique (CREAD), Université Européenne de Bretagne. Jean-Marie Boilevin, professeur des universités, CREAD.

² BO N°5, 25 Aout 2005 Hors-série.

³ BOEN N°1, 14 février 2002 Hors-série.

aux élèves des tâches plus ouvertes leur laissant plus d'autonomie (Boilevin, 2013a ; Calmettes, 2012b). On passe ainsi d'activités centrées sur des apprentissages manipulatoires ou conceptuels, organisées en démarches stéréotypées, à un enseignement fondé sur des investigations ouvertes avec élaboration de questions, formulation d'hypothèses, etc. Ces changements de curricula s'accompagnent de réflexions et de recommandations sur la formation des enseignants (Académie des sciences, 2005 ; Eurydice, 2006 ; Rocard & *al.*, 2007).

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI) fait l'objet de très nombreux travaux de recherche tant au niveau international que français, comme le montrent notamment Bachtold (2012), Boilevin (2013a, 2013b,) ou Venturini et Tiberghien (2012). Certaines études portent sur l'analyse des curricula et plus particulièrement sur l'explicitation du sens accordé au terme de « démarche d'investigation » en classe dans les curricula (Dell'Angelo, Coquidé & Magneron, 2012 ; Gengarelly & Abrams, 2009 ; Minner, Levy & Century, 2009 ; Park Rogers & Abell, 2008 ; Venturini & Tiberghien, 2012b). D'autres travaux portent sur les représentations des enseignants sur l'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 & *al.*, 2010 ; Pélissier & Venturini, 2012). D'autres encore étudient les fondements épistémologiques, psychologiques et didactiques de ce type d'enseignement (Bachtold, 2012 ; Cariou, 2013). Au-delà du fait que les chercheurs, tout comme l'institution, ne sont pas tous d'accord sur ce qu'est ou sur ce devrait être l'ESFI, de nombreuses recherches s'intéressent aux conditions de mise en œuvre en classe et aux effets sur les apprentissages (Grangeat, 2011). Ainsi, Boilevin et *al.* (2012), Calmettes (2012b) et Jameau (2014) mettent en évidence les écarts et les tensions entre les prescriptions et les connaissances professionnelles des enseignants. D'autres se centrent sur les effets de ce type de démarches pédagogiques sur les apprentissages des élèves (Blanchard & *al.*, 2009 ; Minner & *al.*, 2009 ; Windschitl, 2003). D'autres encore abordent la formation des enseignants à ces nouvelles pratiques (Blanchard & *al.*, 2009 ; Grangeat, 2013 ; Ostermeier & *al.*, 2009).

Dans cette étude, nous nous intéressons aux déterminants de l'action des professeurs de sciences dans leur travail hors classe et en classe. L'ESFI offre un terrain propice à cette étude 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 questionnaire et les résultats de recherche, nous présentons le cadre conceptuel auquel nous nous référons.

2. Cadre théorique et questions de recherche

Nous examinons les déterminants de l'action du professeur en cherchant à identifier ce qui décide de son action. Il s'agit de comprendre les déterminants comme une prise de décision ou une série d'actions et de réactions. Cette action peut avoir lieu en classe ou hors classe, c'est-à-dire du côté de la préparation ou du côté de la mise en œuvre. Les connaissances des enseignants font partie de ces déterminants car ils apparaissent comme des moyens de décision (Calmettes, 2012a ; Sensevy, 2011 ; Dumez & Jeunemaître, 2005). Cependant, le professeur n'a pas forcément conscience des déterminants de son action alors qu'il peut expliquer une part importante de celle-ci (Sensevy, 2011). Pour les identifier, nous analysons les buts des professeurs au cours de leur activité ainsi que les tâches prescrites qui en découlent pour les élèves. Ceci nous conduit à utiliser différents cadres théoriques que nous présentons ci-dessous.

■ **Activité – 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 et *al.* (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. Ce dernier 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. Leontiev (1975) 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).

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 PCK

L'étude des connaissances professionnelles des enseignants a déjà été abordée dans de nombreuses recherches en éducation au niveau international, aussi bien d'un point de vue général que du côté des professeurs de sciences. Elles réfèrent souvent au concept de PCK (Shulman, 1987) qui peut être traduit par connaissances pédagogiques liées au contenu. Il s'agit d'une connaissance spécifique pour enseigner un contenu particulier, 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 ; Kermen & Méheut, 2008 ; Cross, 2010 ; Jameau, 2014). Quelques études, en particulier, 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, le modèle originel est très peu discuté car, soit il est redéfini à chaque recherche, soit un autre cadre théorique est proposé (Abell, 2007).

Le modèle de Shulman permet de comprendre 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, Krajcik, et Borko (1999) ont défini séparément les composantes des PCK (figure 1).

Figure 1 - Examining Pedagogical Content Knowledge
(Gess-Newsome & Lederman, 1999)

Pour ces auteurs, 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, ce modèle est utile 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 (poids et masse pour notre étude), des connaissances au niveau élève qui sont les connaissances spécifiques à l'enseignement de ce contenu.

■ Questions de recherche

Les cadres théoriques que nous venons de présenter nous permettent de préciser nos questions de recherche. Notre étude porte sur les déterminants de l'action des enseignants dans le cas d'un enseignement des sciences fondé sur l'investigation. Chaque professeur a connaissance du « canevas d'une séquence d'investigation » présenté dans la prescription. Nous postulons que les connaissances professionnelles mobilisées par les professeurs font partie de ces déterminants. Quels types de connaissances professionnelles sont mobilisés lors d'un enseignement par DI ? Participent-elles aux prises de décision opérées par les enseignants lors des évolutions de la pratique ? Pour répondre à ces questions, nous avons construit une méthodologie propre à cette recherche que nous présentons maintenant.

■ 3. Méthodologie

Celle-ci est mise en œuvre pendant deux années consécutives pour le suivi de deux professeurs expérimentés de collège (nommés par la suite Henri et Florence), enseignant la physique-chimie. Ils enseignent depuis une vingtaine d'années à ce niveau mais sont novices du point de vue de l'enseignement des sciences par la démarche d'investigation. L'étude de cas que nous présentons ici se réfère à un enseignement de mécanique, dans les programmes de la classe de troisième en vigueur à partir de 2008. Le thème, choisi conjointement par les enseignants et le chercheur, concerne les notions de « poids et masse ». Les professeurs jugent d'une part, ce thème difficile pour les élèves et, d'autre part, approprié à un enseignement par la démarche d'investigation. Cette séquence est traitée par chacun des enseignants en trois séances d'une

heure chacune dans des conditions de classe ordinaire. Cependant, les progressions sont coordonnées de manière à ce que l'enseignement ait lieu dans la même période de l'année.

Les séances de classe sont filmées et les vidéos servent de base à deux entretiens dans lesquels les professeurs font une auto-analyse de leur action selon des modalités proches de l'auto-confrontation simple et croisée (Clot, Faïta, Fernandez & Scheller, 2001). L'auto-analyse est envisagée ici comme méthode de recueil de données empiriques et d'analyse de protocoles verbaux en relation avec l'action. L'entretien n°1 entre le chercheur et chaque enseignant s'appuie sur l'auto-analyse simple à partir d'*imprévus*⁴ survenus dans la 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 alors définis comme incidents critiques (Flanagan, 1954). Nous établissons une liste des incidents critiques à discuter lors de l'entretien n°2 et nous donnons à chaque enseignant les vidéos des cours dispensés par l'autre membre du binôme ainsi que les synopsis des séances. Ce corpus est la base de l'entretien n°2 en auto-analyse croisée qui met en scène les deux enseignants et le chercheur dans une analyse commune des incidents relevés au cours de l'auto-analyse simple.

4. Résultats

Notre analyse s'appuie ici sur un extrait de la séquence « poids et masse » mise en œuvre par Henri et Florence pendant deux années consécutives : « le choix d'une situation-problème ». Ce moment de la DI est inclus dans le « canevas d'une séquence d'investigation » (MEN, 2008). Il nous permet de choisir des extraits qui nous semblent représentatifs des décisions que doivent prendre les enseignants pour mettre en œuvre un enseignement fondé sur l'investigation. À partir de leurs déclarations au cours de l'entretien n°2, nous inférons des critères pour construire ce que les enseignants nomment une situation-problème. Puis, nous analysons l'activité des professeurs afin de repérer des déterminants de leur action à l'aide des critères retenus.

■ Critères intervenants dans la construction d'une situation-problème

Les élèves d'Henri débutent la séquence sur « poids et masse » par l'étude d'une planche de bande dessinée des aventures de Tintin tirée de l'album *On a marché sur la Lune*. Cette planche montre un des héros sur la Lune, Dupont, sauter une crevasse et retomber beaucoup plus loin que prévu. L'enseignant nous dit dans l'entretien que son but est double : intéresser les élèves pour s'assurer de leur adhésion à ce nouveau chapitre ; donner une définition du poids d'un objet.

Henri précise que c'est la première année qu'il débute la séquence sur ce thème par une planche de BD. Pour lui, la mise en œuvre d'un enseignement incluant une démarche d'investigation nécessite « *de poser des questions ouvertes pour casser les représentations erronées, de les faire évoluer* ». Dès lors, il s'agit de choisir un sujet « *pertinent* » car « *la démarche d'investigation n'est pas à mettre en œuvre pour tous les sujets au programme [...] c'est la situation-problème qui fait l'investigation* ». Pour les deux professeurs, un sujet est « *pertinent* » s'il peut être associé à une situation-problème « *concrète* » et s'il permet de poser un problème « *compréhensible* » par les élèves. Le terme « *concret* » signifie pour Florence « *qui fait référence au quotidien de l'élève* ». La situation-problème construite à partir de la planche de BD, décrite ci-dessus, apparaît donc pertinente pour les deux enseignants : « *Tintin c'est connu par tout le monde donc ça parle si tu veux [...] là on connaît donc on rentre dedans c'est facile* ». À travers ces propos, nous relevons aussi le côté attrayant que doit avoir une situation-problème. Elle doit captiver les élèves, les motiver. Par ailleurs, un problème est « *compréhensible* » par les élèves, s'il leur permet de proposer des réponses avec ou sans expériences. En effet, nous remarquons (annexe) que les élèves semblent ne pas avoir de mal à identifier le problème

⁴ Nous appelons un imprévu une réponse d'élève, une attitude, une difficulté inattendue dans une activité, etc., tout ce qui n'a pas été anticipée par le professeur.

scientifique visé par le professeur. Le but d'Henri est notamment que les élèves remarquent que le saut des Dupont est plus grand sur la Lune qu'il ne le serait sur la Terre. Il attend qu'ils réinvestissent leurs savoirs sur la notion de gravitation pour l'expliquer afin d'introduire la définition du poids. Vincent identifie bien le problème tel que le professeur le souhaite en justifiant la longueur du saut par le fait que la Lune « n'a pas la même force d'attraction que la Terre ».

De son côté, Florence précise : « *elle [la situation-problème] doit permettre aussi de faire émerger des erreurs chez les élèves pour être efficace* ». Les deux enseignants disent la nécessité de prendre en compte les conceptions initiales pour aborder de nouveaux apprentissages. Nous avons observé que ces « *erreurs* » sont généralement corrigées par le professeur. Par exemple (annexe), Vincent propose une réponse à la question posée par le professeur. Henri relève une hypothèse explicative erronée émise par Vincent (Tdp 10) et la corrige aussitôt. Elle ne concerne pas directement le problème scientifique visé mais relève d'un savoir normalement appris dès la classe de cinquième. Henri est le seul enseignant de physique-chimie dans ce collège. De fait, il intervient de la classe de cinquième à celle de troisième. C'est pour toutes ces raisons qu'il déclare faire le choix, ici, de corriger cette hypothèse explicative erronée.

Nous présentons dans le tableau 1 notre reformulation de l'ensemble des critères de construction d'une situation-problème énoncés par les enseignants dans les entretiens en auto-analyse croisée.

Tableau 1 - Critères de construction d'une situation-problème par les enseignants

Critères retenus par les enseignants	
C ₁	a) La situation-problème est « concrète » car elle fait référence au quotidien des élèves.
	b) La situation-problème doit être attrayante.
C ₂	Les contenus scientifiques correspondent au niveau des élèves.
C ₃	La situation d'investigation est ouverte.
C ₄	Le problème scientifique posé est compréhensible par les élèves.
C ₅	Les élèves proposent des hypothèses explicatives.

■ **Analyse des situations-problèmes mises en œuvre du point de vue des critères retenus**

Nous analysons maintenant des mises en œuvre des situations-problèmes, au cours des deux années, à l'aide des critères retenus par les deux enseignants.

• **Année 1**

La première année, Florence débute la séquence en posant la question suivante aux élèves : « *Alors si je vous dis comme ça / le poids la masse à quoi ça vous fait penser ?* » Puis, elle leur demande de classer leur proposition dans un tableau par rapport au poids ou par rapport à la masse. Pour elle, le problème scientifique se situe dans ce classement. Elle le juge concret. L'enseignante souhaite faire émerger « *les erreurs, essayer de faire un peu le ménage dans leurs connaissances avant de commencer [...] c'est vrai que sur le poids et la masse y'a des choses à casser entre guillemets* ». Elle s'attend à ce que les élèves confondent la masse et le poids. Elle s'appuie sur ce constat pour co-construire avec eux les caractéristiques de chacune des deux grandeurs qui, mises en tableau, « *permettent de mieux les différencier* ». Pour autant, elle n'est pas satisfaite de cette situation-problème. Elle juge ses questions et les réponses des

élèves pas assez « *précises* ». Elle dit que l'articulation avec le cours précédent sur la gravitation ne s'est pas faite, ce qui a induit des difficultés pour définir le poids. Elle remarque avoir perdu beaucoup de temps dans les discussions.

Nous rejoignons Florence dans son constat : la tâche confiée aux élèves ne paraît pas « faire problème » aux élèves. Notre analyse montre qu'elle ne répond pas à certains critères énoncés par les deux professeurs (tableau 1). La situation n'est pas ouverte au sens de Boilevin (2005, 2013a). Il n'y a pas de description de phénomène en relation avec la gravitation ni d'identification d'objets en interaction. Nous pensons aussi que le problème, tel qu'il est posé, ne met pas les élèves en situation de réinvestir clairement des connaissances acquises (Dumas-Carré & Goffard, 1997). Florence déclare, d'ailleurs, « *laisser dire les mots* » sans demander aux élèves de justifier leur proposition à l'aide de leurs connaissances. Elle souhaite faire référence à la vie quotidienne mais elle juge cette approche « *pas très nette* » au regard des savoirs en jeu sans qu'elle puisse analyser plus finement. Au final, peu d'élèves participent : le processus de dévolution ne semble pas se faire.

Le tableau 2 présente le résultat de notre analyse des situations-problèmes mises en œuvre en classe par les deux enseignants à l'aide des critères retenus.

Tableau 2 - Analyse des situations-problèmes mises en œuvre par les deux enseignants à partir de critères retenus, année 1

	<i>Florence</i>	<i>Henri</i>
C ₁	Le classement des propositions des élèves dans un tableau n'est pas particulièrement attrayant.	Tintin fait partie du quotidien des élèves. La BD est attrayante.
C ₂	Pas d'articulation avec le cours précédent.	La gravitation des corps sur la Lune, le ciel noir, l'équipement des astronautes.
C ₃	Pas d'objets et de phénomène identifiables par les élèves.	Il s'agit pour les élèves de décrire le phénomène, le saut des Dupont, et de définir les objets en interaction : Dupont et la Lune. Puis, les élèves doivent expliquer la longueur du saut.
C ₄	La tâche proposée aux élèves ne fait pas problème.	Il s'agit d'identifier que la longueur du saut de Dupont est anormale par rapport à ce qui est possible sur Terre.
C ₅	Il n'y a pas d'hypothèses émises par les élèves.	Les élèves proposent des explications à la longueur du saut de Dupont.

• *Année 2*

Nous n'observons aucun changement concernant Henri. Son activité est organisée de la même manière, à partir de la planche de BD. Par contre, Florence modifie son organisation de la classe. Elle passe un dessin animé et distribue la planche de BD associée à la partie qu'elle souhaite étudier. Les héros d'Hergé se retrouvent sur la Lune à faire des bonds lors de leurs déplacements. L'enseignante s'appuie sur la description du dessin animé, par les élèves, pour demander « *pourquoi les personnages sautent aussi haut* ». La tâche des élèves change donc : elle n'est plus de classer des propositions dans un tableau mais d'expliquer un phénomène physique à l'aide de leurs connaissances sur la gravitation, rejoignant par-là la tâche prescrite aux élèves d'Henri.

Le tableau 3 présente le résultat de notre analyse à l'aide des critères retenus par les enseignants ;

Tableau 3 - Analyse des situations-problèmes mises en œuvre par les deux enseignants à partir de critères retenus, année 2

	<i>Florence</i>	<i>Henri</i>
C ₁	Les dessins animés et Tintin font partie du quotidien des élèves. Ils sont attrayants.	Tintin fait partie du quotidien des élèves. La BD est attrayante.
C ₂	La gravitation des corps sur la Lune, l'équipement des astronautes, la pesanteur, le clair de Terre, le ciel noir.	La gravitation des corps sur la Lune, le ciel noir, l'équipement des astronautes.
C ₃	Il s'agit de décrire le saut des protagonistes, de définir l'interaction entre un des protagonistes et la Lune afin d'expliquer la longueur et la hauteur du saut.	Il s'agit pour les élèves de décrire le phénomène, le saut des Dupont, et de définir les objets en interaction : Dupont et la Lune. Puis, les élèves doivent expliquer la longueur du saut.
C ₄	Il s'agit d'identifier que la longueur et la hauteur du saut des héros sont anormales par rapport à ce qui est possible sur Terre.	Il s'agit d'identifier que la longueur du saut de Dupont est anormale par rapport à ce qui est possible sur Terre.
C ₅	Les élèves proposent des explications à la longueur du saut de Dupont.	

Au regard des cinq critères, les situations-problèmes mises en œuvre par les deux enseignants semblent assez proches. Pour autant, Florence signale que le contenu scientifique du dessin animé lui paraît plus intéressant que celui de la planche de BD projetée par Hervé : « *je trouvais que cette planche-là elle était plus parlante dans le dessin animé [...] on avait quand même quelques notions scientifiques (F et C regardent la vidéo de Florence) y'a le mot pesanteur il y a 6 fois (la pesanteur sur la Lune est 6 fois moins importante que sur la Terre) le clair de Terre des mots qui permettent d'exploiter après* ». Pour elle, le dessin animé « *marque plus* » car les élèves sont plus sensibles à la vidéo : « *ils sont habitués donc là tu te rapproches un peu de leur quotidien ça les captive un peu plus* ». Elle ajoute : « *la notion de gravité est arrivée très vite et donc je trouvais que c'était pas mal pour arriver à la notion de poids* ». L'enseignante dit clairement l'importance du lien avec le chapitre précédent sur la gravitation des corps. Florence nous donne des éléments qui montrent, selon elle, l'efficacité de cette situation-problème : « *parce que ensuite quand on a fait le chapitre on arrive à un moment où je leur demande la gravité sur Terre la gravité sur la Lune à la fin de tout et ils arrivent à me dire on a déjà vu ça dans la vidéo donc ils arrivent à réinvestir ce qui a été vu dans la vidéo* ». Il semblerait en effet que le processus de dévolution se déroule dans de meilleures conditions.

5. Discussion - Conclusion

Nous discutons maintenant les éléments d'analyse présentés dans cette étude. Nous débutons par les connaissances professionnelles mobilisées par les enseignants. Nous comparons nos résultats à ceux de notre modèle de référence (Magnusson & *al.*, 1999) et nous montrons que ces connaissances font partie des déterminants de l'action. Puis, nous proposons d'autres déterminants de l'action des professeurs.

■ Les connaissances professionnelles des enseignants comme déterminants de l'action

Notre modèle de référence nous permet d'identifier des connaissances professionnelles mobilisées par les enseignants lors de la mise en œuvre de DI. Nous avons analysé une situation-problème construite et mise en œuvre par les deux enseignants. Pour eux, elle constitue un moment essentiel de la DI car c'est elle qui rend les investigations pertinentes ou non : « *c'est la situation-problème qui fait l'investigation* » nous dit Henri. Les enseignants disent passer du temps pour la choisir et la construire pendant la préparation. Nous remarquons que les

deux professeurs ne mobilisent pas uniquement des SMK, mais aussi des PCK. Nous présentons ces connaissances, issues de notre analyse, en les reformulant.

Les deux professeurs disent construire des situations concrètes et compréhensibles pour les élèves. Pour choisir la planche de bande dessinée (Henri, années 1 et 2) ou l'extrait du dessin animé (Florence, année 2), les enseignants mobilisent des connaissances disciplinaires (SMK) afin de juger de la pertinence scientifique du contenu du support (caractéristiques des forces d'attraction gravitationnelle entre deux corps et par rapport à une planète ; définition du poids et paramètres faisant varier son intensité ; champ de pesanteur ; trajectoire d'un corps au voisinage d'une planète). Toutes les autres connaissances mises en jeu sont des PCK sur les élèves (confusions entre la masse et le poids, gravitation universelle en prérequis) ; les stratégies (bande dessinée, dessin animé) ; les programmes (ne force pas au programme, conceptions initiales des élèves, formulation d'hypothèses explicatives, la DI n'est pas applicable à tous les sujets). Nous résumons le type de connaissances mobilisées par les enseignants dans le tableau 6.

Tableau 6 - Connaissances professionnelles des enseignants selon les critères retenus

<i>Critères retenus par les enseignants</i>	<i>Connaissances professionnelles</i>
Situation-problème concrète et attrayante.	SMK, PCK/stratégies, PCK/programmes, PCK/élèves
Les contenus scientifiques sont adaptés.	PCK/programmes
La situation d'investigation est ouverte.	PCK/élèves
Le problème scientifique posé est compréhensible par les élèves.	PCK/élèves
Les élèves proposent des hypothèses explicatives.	SMK, PCK/élèves

Toutes ces catégories de connaissances sont incluses dans les connaissances professionnelles de l'enseignant qu'ils mobilisent pendant la préparation et au cours de la mise en œuvre de leur enseignement. Pour nous, elles constituent une partie des déterminants de l'action des professeurs. En effet, d'autres éléments interviennent comme la connaissance des enseignants sur la façon dont les élèves apprennent les sciences, sur l'historique des apprentissages construits au sein d'une classe, sur l'épistémologie de la discipline enseignée ou sur ce qui est faisable par les élèves dans le contexte.

■ **Autres déterminants de l'action des enseignants**

Nous avons relevé d'autres déterminants de l'action des professeurs consécutivement à « une étape de la démarche d'investigation de nature expérimentale » (MEN, 2008). Elle est construite par les deux enseignants pour faire établir la relation entre le poids et la masse par les élèves. La première année, Florence pose la question suivante : « *Existe-t-il un lien entre le poids et la masse des objets ?* » La tâche des élèves est de proposer une expérience pour « *montrer* » l'existence ou non de ce lien. Par contre, Henri leur demande de « *prouver* » que le poids est proportionnel à la masse. Nous observons les deux professeurs laisser les élèves libres de choisir les objets à étudier car, pour Florence : « *les masses marquées, ils ne les ont pas chez eux c'est pour ça j'aime bien les objets courants* ». La seconde année, l'enseignante change de stratégie. Elle leur demande de chercher chez eux une ou plusieurs expériences pour montrer que le poids est proportionnel à la masse. Quant à Henri, il ne met plus en place d'investigation de nature expérimentale car, pour lui, elle entraîne trop de difficultés (choix des objets, erreur de lectures et précision de la mesure, etc.). Il nous semble que le rôle de l'expérience dans l'activité d'investigation fluctue et mériterait d'être interrogé plus précisément. En effet, l'analyse des entretiens montre que les deux enseignants n'ont pas conscience que la nature de la démarche d'enseignement mise en œuvre par Florence change entre les deux années. À l'issue de la première année, ils ont identifié les mêmes difficultés de mise en œuvre. De fait, il existe une

tension entre les contraintes didactiques et leur positionnement épistémologique personnel (Pelissier & Venturini, 2012). Comme le dit Florence, « *en théorie en physique on obtient des lois à partir d'expériences alors on n'est pas en maths !* », mais sa pratique de classe semble dire le contraire. Nous voyons, par là, que l'épistémologie des disciplines est bien un déterminant de l'action (SMK). Pour autant, les relations d'influence mutuelles entre ces connaissances et les pratiques d'enseignement ne semblent pas conscientes chez les enseignants. Le déterminant, dans ce cas, est-il une SMK ou bien une autre catégorie de connaissance liée à une « épistémologie pratique » ? Nous pensons qu'il s'agit d'une connaissance qui se trouve dans la composante « Orientation pour l'enseignement des sciences » de notre modèle de référence. Mais selon Abell (2007), cette composante est problématique car une orientation est théorisée comme une vue générale de l'enseignement des sciences, et non pas comme des connaissances spécifiques d'un sujet.

Florence dit, au cours de l'entretien en auto-analyse simple de la seconde année, ne pas avoir fait tracer le graphique $P = f(g)$ aux élèves à partir de leurs mesures car elle a déjà beaucoup insisté sur ce point l'année précédente (en classe de quatrième). Elle donne cette tâche à partir d'un exercice du manuel. Nous avons ici un exemple de déterminant de l'action qui réfère à une connaissance de l'historique des apprentissages construits au sein d'une classe. Il nous semble que cette catégorie n'apparaît pas dans notre modèle de référence car il s'agit d'une planification des apprentissages sur deux années faites par le professeur sans qu'elle n'apparaisse dans les programmes ni qu'elle soit liée à des difficultés d'élèves. Cela constitue, pour nous, un nouveau type de connaissance.

Les difficultés rencontrées par les élèves lors de l'investigation expérimentale mise en place par Henri la première année (erreur de lectures et précision de la mesure, difficultés pour construire le graphique du poids en fonction de la masse), ont amené le professeur à revenir à la fin de la séquence « poids et masse » sur la planche de BD projetée lors de la première séance. Ce retour n'était pas prévu. Il demande aux élèves de réinvestir leurs savoirs acquis au cours de la séquence pour expliquer le saut de Dupont. Pour nous, l'enseignant mobilise des PCK sur les élèves et sur les programmes concernant le matériel pédagogique qu'il a construit au cours de sa pratique. Elles sont à l'origine d'un changement de but du professeur. Henri dit avoir voulu finir la séquence sur une note « concrète » car « *l'intensité de la pesanteur est une notion très abstraite* ». Ce retour à la situation-problème lui paraît très efficace pour aider les élèves un peu plus lents à acquérir les savoirs : « *là je pense que c'est très bien parce que il y a différents niveaux de réflexion et donc forcément il faut revenir pour arriver sur un deuxième niveau de lecture [...] je l'ai découvert et quand je l'ai repassé avec une autre classe ça m'a conforté* ». Pour nous, la connaissance du professeur sur la façon dont les élèves apprennent les sciences est un déterminant de son action. Nous remarquons qu'il met en œuvre à nouveau ce retour à la situation-problème dans d'autres classes. Ce processus participe à une construction pratique de la « démarche d'investigation » et montre le recul pris par l'enseignant par rapport à la prescription pour répondre aux difficultés des élèves. Pour autant, peut-on dire qu'Henri a acquis une nouvelle PCK sur les stratégies ?

L'approche théorique et la méthodologie utilisées dans cette recherche nous permettent d'identifier des déterminants de l'action dans le cas de la construction et de la mise en œuvre d'un enseignement fondé sur l'investigation. Nous montrons que différents éléments interviennent dans les déterminants de l'action : certaines catégories de connaissances professionnelles, notamment des PCK et des SMK, mais aussi la connaissance des enseignants sur la façon dont les élèves apprennent les sciences, sur l'historique des apprentissages construits au sein d'une classe. Par ailleurs, un autre déterminant pourrait être une catégorie de connaissance liée à une « épistémologie pratique » des enseignants, résultant de relations non conscientes entre une épistémologie des disciplines et des pratiques d'enseignements. Bien sûr, l'action enseignante est pluridéterminée (Calmettes, 2012a) et les connaissances de l'enseignant ne constituent qu'une partie des déterminants de l'action. Il reste à tester le pouvoir heuristique de ce cadre d'analyse enrichi dans d'autres situations d'ESFI par exemple dans l'enseignement des sciences à l'école primaire qui présente des spécificités par rapport au collège.

Bibliographie

ABELL K. (2007), « Research on science teacher knowledge », *Handbook of research on science education*, K. Abell & N. Lederman (éd.), Mahwah, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, p.1105-1150.

ACADEMIE DES SCIENCES (2005), *Recommandations communes de l'Académie des sciences et de l'académie des technologies*.

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*, n°38, p.7-39.

BECU-ROBINAULT K. (2007), « Connaissances mobilisées pour préparer un cours de sciences physiques », *Aster*, n°45, p.165-188.

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*, volume 93, n°2, p.322-360.

BOILEVIN J.-M. (2005), « Enseigner la physique par situation-problème ou par problème ouvert », *Aster*, n°40, p.13-39.

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 », *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe*, M. Grangeat (éd.), Grenoble, PUG, p.27-53.

BOILEVIN J.-M., BRANDT-POMARES P., GIVRY D. & DELSERIEYS 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 », *Didactique des sciences et démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation*, B. Calmettes (dir.), Paris, L'Harmattan, p.214-234.

BRONCKART J.-P. (2005), *Une introduction aux théories de l'action*, Genève, Université de Genève, FPSE Publications.

CALMETTES B. (2012a), *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.

CALMETTES B. (éd.) (2012b), *Démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation*, Paris, L'Harmattan.

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*, n°7, p.137-166.

CLOT Y., FAÏTA D., FERNANDEZ G. & SCHELLER L. (2001), « Entretiens en autoconfrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité », *Éducation permanente*, volume 146, n°1, p.17-25.

CRAWFORD B.A. (2007), « Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice », *Journal of Research in Science Teaching*, volume 44, n°4, p.613-642.

CROSS D. (2010), « Action conjointe et connaissances professionnelles de l'enseignant », *Éducation & Didactique*, volume 4, n°3, p.39-60.

DELL'ANGELO M., COQUIDE 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 », *Didactique des sciences et démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation*, B. Calmettes (dir.), Paris, L'Harmattan, p.27-58.

DUMAS-CARRE A. & GOFFARD M. (1997), *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique. Concepts et démarches*, Paris, Armand Colin.

DUMEZ H. & JEUNEMAITRE A. (2005), « La démarche narrative en économie », *Revue économique*, n°56, p.983-1005.

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.

FLANAGAN J. (1954), « The critical incident technique », *Psychological bulletin*, volume 51, n°4, p.327-358.

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*, volume 18, n°1, p.74-84.

GRANGEAT M. (2011), « Le travail collectif enseignant : éléments de modélisation du développement professionnel », *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves*, M. Grangeat (éd.), Lyon, École Normale Supérieure, p.79-106.

GRANGEAT M. (éd.) (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*, volume 39, n°9, p.1151-1172.

JAMEAU A. (2014, à paraître), « Les connaissances professionnelles des enseignants et leur évolution à travers une analyse de l'activité. Une étude de cas en physique au collège », *Éducation & Didactique*, volume 8.

KERMEN I. & MEHEUT M. (2008), « Mise en place d'un nouveau programme à propos de l'évolution des systèmes chimiques : impact sur les connaissances professionnelles d'enseignants », *Didaskalia*, n°32, p.77-116.

LEONTIEV A. (1975), *Activité, conscience, personnalité*, Moscou, Éditions du progrès.

LEPLAT J. (2004), « L'analyse psychologique du travail », *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, volume 54, n°2, p.101-108.

MAGNUSSON S., KRAJCIK J. & BORKO H. (1999), « Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching », *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education*, J. Gess-Newsome & N. Lederman (éds), Boston, Kluwer, p.95-132.

MEN 2008, Bulletin officiel spécial n°6 du 28 août 2008.

MINNER D.D., JURIST LEVY A. & CENTURY J. (2009), « Inquiry-based science instruction-What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002 », *Journal of Research in Sciences Teaching*, volume 47, n°4, p.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.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1996), *National Science Education Standards*, Washington, DC, The National Academies Press.

OSTERMEIER C., PRENZEL M. & DUIT R. (2009), « Improving Science and Mathematics Instruction: The SINUS Project as an example for reform as teacher professional development », *International Journal of Science Education*, volume 32, n°3, p.303-327.

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*, volume 92, n°4, p.591-607.

PELISSIER L. & VENTURINI P. (2012) « Qu'attendre de la démarche d'investigation en matière de transmission de savoirs épistémologiques ? », *Démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation*, B. Calmettes (dir.), Paris, L'Harmattan, p.151-182.

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*, n°7, p.53-76.

ROCARD M., CSERMELY P., JORDE D., LENZEN D., WALBERG-HENRIKSSON H. & HEMMO V. (2007), *Science Education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*, Brussels, EC Directorate for Research.

SCHUBAUER-LEONI M.-L., LEUTENEGGER F., LIGOZAT F. & FLUCKIGER A. (2007), « Un modèle de l'action conjointe professeur-élèves : les phénomènes didactiques qu'il peut/doit traiter », *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, G. Sensevy & A. Mercier, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, p.51-91.

SENSEVY G. (2007), « Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique », *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, G. Sensevy & A. Mercier, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, p.13-49.

SENSEVY G. & AMADE-ESCOT C. (2007), « Une présentation de Those who understand knowledge growth in teaching », *Éducation & Didactique*, volume 1, n°1, p.95-96.

SENSEVY G. (2011), *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*, Bruxelles, De Boeck.

SHULMAN L.S. (1987), « Knowledge and teaching: Foundations of the new reform », *Educational Review*, volume 57, n°1, p.1-22.

VENTURINI P. (2012), « Action, activité, "agir" conjoints en didactique : discussion théorique », *Éducation & Didactique*, volume 6, n°4, p.127-136.

VENTURINI P. & TIBERGHIE 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*, n°180, p.95-120.

VINATIER I. (2009), *Pour une didactique professionnelle de l'enseignement*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes.

WINDSCHITL M. (2003), « Inquiry projects in science teacher education: what can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? » *Science Education*, volume 87, n°1, p.112-143.

Annexe

Extrait de transcript (H = Henri, Es = élèves) du début de la première séance sur le chapitre poids et masse

H : [P projette une planche de BD] bon vous reconnaissez // tintin extrait de quel album /// oui

Es : **on a marché sur la Lune**

H : oui on a marché sur la Lune OK bon alors je vous écoute regardez cet extrait de de planche BD et **dites-moi ce que vous en pensez // qu'est-ce qu'elle évoque pour vous** [P se déplace dans la classe]

À : (...) il [Dupont] a sauté la crevasse bin euh loin sans élan

H : il a sauté donc très très loin / beaucoup plus loin qu'il ne l'aurait imaginé au départ // d'accord // **Pourquoi ?** [des élèves lèvent la main] Vincent

V : **Ben la lune heu n'a pas la même force d'attraction que la Terre**

H : très bien est-ce que vous êtes d'accord avec lui

Es : ...

H : bon il a il a donné deux éléments de réponse // il a parlé de la Lune qui a une force d'attraction // déjà **qu'est-ce qui se passerait si la Lune n'attirait pas déjà**

V : **il partirait dans les airs**

H : voilà il continuerait en ligne droite hein / on est d'accord / bien // tu as dit quoi Vincent

V : (...) Il partirait dans les airs

H : il partirait dans les airs + **tu crois qu'il y a de l'air sur la Lune ?**

V : **ben non**