

DEMARCHES D'INVESTIGATION ET COLLECTIFS DANS LA FORMATION DES ENSEIGNANTS

Marie-Pierre LEBAUD* – Ghislaine GUEUDET**

Résumé – De nombreuses formations d'enseignants, visant les démarches d'investigation en mathématiques, ont recours au travail collectif des professeurs. Nous présentons ici une étude des recherches concernant de telles formations dans l'objectif d'approfondir le lien entre démarches d'investigation en classe et collectifs dans la formation des enseignants. Nous interrogeons les types de démarches et les types de collectifs qui interviennent dans les dispositifs étudiés. Nous montrons que des parallèles sont faits entre la formation et la classe, souvent implicitement. Les travaux qui se réfèrent à la notion de communauté d'investigation modélisent et identifient les transferts possibles, de la formation à la classe.

Mots-clefs : Collectifs de professeurs, Communautés d'investigation, Enquête, Etude collective d'une leçon, Formation des enseignants

Abstract – Many teacher education programs, aiming at the development of teaching practices oriented toward inquiry in mathematics, use teachers' collectives. We present here a study of the research literature about this topic; we try to deepen the understanding of the link between inquiry and teachers' collectives. We investigate the types of inquiry, and the types of collectives, present in the teacher education programs studied by these research works. We show that many programs seem to draw a parallel between training and classroom. The works about inquiry communities, propose and assess a theoretical model of transfer from training to classroom.

Keywords: Collaborative research, Inquiry, Inquiry community, Lesson study, Teachers' collectives, Teacher education

I. QUESTIONNER LE LIEN ENTRE DEMARCHES D'INVESTIGATION ET COLLECTIFS DANS LA FORMATION DES ENSEIGNANTS

Comme le rappelle la présentation du GT10, dans les systèmes éducatifs de nombreux pays, ont été formulées (en particulier depuis les années 2000) des recommandations, pour l'enseignement des sciences et notamment des mathématiques, allant dans le sens de mises en œuvre de « démarches d'investigations » (nous utilisons, dans la suite, l'abréviation DI). Quel que soit le vocabulaire utilisé, et les caractéristiques de ces démarches, il est largement reconnu qu'elles ne correspondent pas aux pratiques d'enseignement les plus courantes, et qu'elles nécessitent donc des formations spécifiques. Ainsi des formations, initiales ou continues, poursuivant ce type d'objectif ont été mises en place dans de nombreux pays.

Les dispositifs retenus pour ces formations font souvent appel au travail de collectifs impliquant des enseignants ou futurs enseignants. Dans ces collectifs, peuvent également intervenir des formateurs de différents statuts, et des chercheurs. On observe, à travers les contextes nationaux et institutionnels, une grande variété de collectifs et de types de travaux réalisés par ceux-ci.

Notre travail se situe dans le cadre du projet européen S-TEAM (Science Teacher Education Advanced Methods, Grangeat 2011) centré sur l'étude des formations d'enseignants visant le développement de DI. Nous sommes plus particulièrement impliquées dans une partie de ce projet consacrée au travail collectif enseignant dans de telles formations. C'est dans ce contexte que nous avons entrepris une revue de travaux de recherche sur ce thème, à

* Université de Rennes 1, Centre de Recherche sur l'Education, les Apprentissages et la Didactique (CREAD) – France – Marie-Pierre.Lebaud@univ-rennes1.fr

** IUFM-Université de Bretagne Occidentale, CREAD – France – ghislaine.gueudet@bretagne.iufm.fr

une échelle internationale. Il nous a semblé essentiel de chercher à identifier les principales dimensions organisatrices de ces travaux, pour contribuer à démêler la complexité de l'articulation entre travail collectif enseignant (dans le cadre de formations), et évolutions de pratiques vers la mise en place de DI dans les classes.

Quels types de démarches sont précisément visés par ces formations ? Le type de démarche visé influence-t-il le choix du dispositif de formation ? Quels types de collectifs interviennent dans les formations ? Quel rôle jouent, dans ces formations, des chercheurs en didactique des mathématiques, quelle place pour les résultats de recherche ? Des liens sont-ils faits entre travail collectif enseignant et formation aux DI, et lesquels ? Ces questions, parmi d'autres, se posent au départ de notre travail.

Pour engager ce travail, il est nécessaire de retenir une première caractérisation des DI. Nous avons choisi de considérer que toute pratique d'enseignement laissant aux élèves une responsabilité importante vis-à-vis du savoir mathématique en jeu, et s'appuyant sur les productions des élèves pour faire avancer le savoir dans la classe, peut être vue comme relevant des DI. Nous avons donc retenu, pour notre corpus de travaux, tous ceux qui étudient des dispositifs comportant des collectifs, et dont l'un au moins des objectifs est la formation à de telles pratiques d'enseignement. Dans cette contribution, nous faisons tout d'abord le point sur les principaux types de DI apparaissant dans ces travaux, en lien avec les contextes curriculaires nationaux ; nous examinons ensuite les dispositifs de formation. Nous nous intéressons finalement à l'articulation entre type de démarches et place des collectifs dans les dispositifs de formation.

II. DÉMARCHES D'INVESTIGATION : VERS UNE TYPOLOGIE

Les DI ont donné lieu à de nombreux travaux. Matheron (2010) présente une mise en perspective à laquelle nous nous référons ici. John Dewey est l'initiateur du « *hands-on learning* » (« *apprendre par l'action* ») : il prône un apprentissage à partir d'un questionnement du réel qui doit faire éprouver à l'élève la nécessité de mener une enquête, cette enquête permettant l'acquisition de nouvelles connaissances (Westbrook, 1993). On retrouve ses idées dans les réformes des années 1990 aux États-Unis connues sous le nom d'*Inquiry-based Science Education*. Cette dénomination (IBSE) est reprise dans le rapport « *une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe* » (Rocard et al. 2007), rédigé à la demande de la commission européenne en 2007. Ce rapport oppose la « *transmission descendante* », où le professeur présente les concepts, à la « *transmission ascendante* » où l'enfant construit ses connaissances sous la conduite du professeur par une démarche d'investigation définie comme étant :

un processus intentionnel de diagnostic des problèmes, de critique des expériences réalisées, de distinction entre les alternatives possibles, de planification des recherches, de recherche d'hypothèses, de recherche d'informations, de construction de modèles, de débat avec des pairs et de formulation d'arguments cohérents. (Rocard et al. 2007, p. 9)

Les travaux qui s'intéressent aux collectifs dans la formation des enseignants aux DI adoptent d'emblée différentes perspectives sur celles-ci. Il nous a donc semblé nécessaire, dans un premier temps, de clarifier ces perspectives. Celles-ci sont souvent liées à des contextes curriculaires ; elles peuvent cependant relever d'un positionnement épistémologique général, ou correspondre à des formes très pratiques de mise en œuvre.

1. Des arrière-plans théoriques de la DI

Dans les travaux étudiés, deux dimensions principales des DI en mathématiques apparaissent : d'une part, questionner le réel et faire le lien entre le réel et les concepts scientifiques et, d'autre part, « *mener une enquête* » (inquiry), celle-ci pouvant se faire par l'expérimentation, par une recherche documentaire..., mais aussi par la confrontation des différents points de vue des élèves.

Ces deux dimensions sont présentes dans les « *normes pour l'Enseignement des Mathématiques* » (Principles and Standards for School Mathematics) du NCTM (National Council of Teachers of Mathematics, 2000) auxquels se réfèrent l'ensemble des travaux nord-américains (par exemple, Smith 2007, Suurtamm, et Vezina 2010). Ces normes portent sur les savoirs à enseigner, mais aussi sur les capacités à développer chez les élèves, parmi lesquelles on trouve la résolution de problèmes, l'argumentation et la preuve, ainsi que la construction de modèles mathématiques. Il s'agit de résoudre des problèmes issus du réel en appliquant ou en adaptant des stratégies variées et de mener une réflexion sur les processus de résolution mis en place. La technologie (calculatrices et ordinateurs) est également présentée comme essentielle à l'enseignement et à l'apprentissage des mathématiques, et susceptible de soutenir l'investigation. La question d'un choix de thèmes pour travailler la modélisation a été peu étudiée. Certains travaux soulignent l'importance des textes proposés aux élèves, comme Lavy et Shriki (2010) qui étudient un travail collaboratif sur la modification de textes de problèmes (the « *what if not?* » strategy).

L'aspect argumentation est au centre du projet LCM (Learning Communities in Mathematics, Jaworski et al. 2007), porté par l'université d'Agder en Norvège entre 2004 et 2007. Il visait l'amélioration de l'enseignement des sciences en développant la pratique de l'investigation, au sens du NCTM, par les élèves dans la classe, mais aussi par les professeurs dans la formation et la recherche sur l'enseignement. Le point qui nous intéresse dans ce paragraphe porte sur ce que signifie l'investigation au niveau des élèves, nous reviendrons sur les professeurs dans la partie suivante. Le principe retenu pour le travail des élèves est le « *dialogic inquiry* » (Wells 2001) : à partir d'un problème ouvert, les élèves doivent mener une « *enquête* », reconnaître les questions pertinentes et trouver les moyens d'y répondre. Le dialogue entre pairs et avec l'enseignant est privilégié pour développer un langage commun et intégrer le langage mathématique : celui-ci est reconnu comme fondamental pour aider l'élève à conceptualiser (Ryve 2007). Le projet TBM (Teaching Better Mathematics) prolonge les travaux de LCM. Mené de 2007 à 2010 en partenariat avec des écoles ayant participé au projet précédent et de nouvelles écoles, il montre l'apport du travail fait par LCM en termes d'évolution des pratiques professionnelles (Berg 2010).

Dans le contexte français, la dimension d'enquête est présente sous la forme de « *résolution de problèmes* ». Ainsi, depuis les années 1990, les programmes scolaires français de l'enseignement en primaire en mathématiques privilégient une approche « *expérimentale* » des mathématiques à travers la « *résolution de problèmes* » : les élèves doivent être confrontés à des questions ouvertes, issues du réel de la classe, pour lesquelles ils n'ont pas de démarches de travail préalablement explorées et qui peuvent être étudiées de diverses façons. Cette approche est encore relativement peu exploitée dans les pratiques des enseignants (Peix et Tisseron 2003, Georget 2007). Notons que certains travaux sur ce thème considèrent l'apport de plates-formes numériques, permettant aux enseignants de disposer de ressources et d'échanger autour de la résolution de problèmes (Georget 2009, Aldon et Durand-Guerrier 2011).

Nous allons maintenant nous intéresser aux dispositifs de mise en œuvre dans la classe de DI et aux liens qui peuvent être faits avec les dimensions de la DI identifiées précédemment.

2. Des dispositifs de mise en œuvre des DI

Nous avons retenu, parmi les dispositifs de mise en œuvre, les travaux qui se réfèrent aux « *lesson studies* » japonaises (Fernandez 2008, Lewis, Perry et Hurd 2009, Inoue 2010). Les résultats obtenus par les élèves japonais aux évaluations internationales ont mis l'accent sur les méthodes d'enseignement de ce pays qui contrastent avec l'enseignement dans les pays occidentaux (Miyakawa et Winsløw 2009). Une « leçon » japonaise se déroule en cinq phases : d'abord l'enseignant propose une question ouverte (*hatsumon*), généralement issue de la « vie de tous les jours ». Les élèves travaillent alors sur ce problème (*kikan-shido*) soit seuls, soit en groupe. La phase suivante consiste en une présentation des résultats obtenus (*takuto*) par certains des élèves, choisis par l'enseignant, celui-ci ayant pour objectif que différentes approches soient proposées. Ces présentations sont ensuite discutées par tous les élèves (*neriage*) et l'enseignant conclut cette leçon en résumant le travail accompli par les élèves (*matome*). Il propose très rarement d'autres méthodes de résolution ou d'autres techniques que celles trouvées par les élèves.

On retrouve dans cette organisation du travail certaines dimensions d'une DI que nous avons mentionnées auparavant : un problème avec un enjeu sur le questionnement du réel dans le *hatsumon* et les observations, formulations d'hypothèses et éléments de preuve par les élèves dans le *kikan-shido* puis le débat et l'argumentation dans le *neriage*. La situation de départ est fondamentale pour démarrer le travail des élèves et il est donc important de bien cibler les connaissances acquises des élèves pour voir apparaître des procédures de résolution. Le principe d'enquête est peu présent, mais la confrontation de ses idées avec celles de ses pairs est au centre de l'apprentissage. Miyakawa et Winsløw (2009) proposent un rapprochement des *lesson studies* japonaises et de l'ingénierie didactique : dans les deux cas, il s'agit en effet de collectifs travaillant à la conception de situations. Toutefois dans le cadre de notre travail, un tel rapprochement ne paraît pas pertinent, l'ingénierie didactique ne pouvant être considérée comme visant des évolutions de pratiques allant dans le sens de l'investigation.

Dans ce dispositif, les rôles de l'enseignant et des élèves sont parfaitement définis : c'est par exemple l'enseignant qui pose le problème en fonction des savoirs acquis et des savoirs à acquérir, qui choisit les réponses proposées à la discussion et résume le travail accompli. Cette organisation praxéologique est ancienne au Japon et ne concerne d'ailleurs pas que l'enseignement des mathématiques. Il s'agit ici d'une pratique institutionnelle et culturelle. Des expériences de transposition de cette pratique à d'autres systèmes éducatifs sont menées, par exemple aux États-Unis, où elles donnent lieu à des formations spécifiques (Lewis 2002). Ce type d'enseignement, éloigné des pratiques courantes dans les pays occidentaux, modifie le travail de l'enseignant en classe et nécessite une adaptation de son rapport aux mathématiques.

En France, des dispositifs de mise en œuvre de DI sont apparus dans les programmes mis en place au collège (Bulletin officiel 2007) : dans l'introduction commune aux disciplines scientifiques, les DI sont mises en avant comme une des méthodes d'enseignement possibles, en fonction du sujet traité. Elles sont ainsi décrites dans le « *canevas d'une séquence d'investigation* » :

...choix d'une situation-problème, appropriation du problème par l'élève, formulation de conjectures, d'hypothèses, investigation ou résolution de problèmes conduite par les élèves, échange argumenté autour des propositions élaborées, acquisition et structuration des connaissances, opérationnalisation des connaissances... (Bulletin Officiel 2007, annexe 1, p. 6)

La place et le rôle des savoirs anciens et nouveaux sont explicités dans le détail de ce canevas et les situations choisies peuvent permettre soit d'introduire des connaissances nouvelles, soit

de donner du sens et d'assurer la maîtrise de notions déjà travaillées. Il s'agit d'une pratique d'enseignement basée sur le questionnement de l'apprenant, mais, contrairement à la « leçon » japonaise, la répartition des rôles de l'enseignant et des élèves n'est pas clairement définie. Cette présentation de la DI comme méthode d'enseignement, assez récente, n'a pas encore donné lieu à de nombreux travaux en mathématiques, contrairement aux sciences expérimentales où cette méthode était plus couramment utilisée (par exemple, Calmettes 2009, de Hosson, Mathé et Méheut 2010).

Remarquons que ce canevas de séquence fait lui-même partie des compétences du socle commun (2006) à acquérir par l'élève :

pratiquer une démarche d'investigation : savoir observer, questionner ; manipuler et expérimenter, formuler une hypothèse et la tester, argumenter. (palier 2, compétence 3 du livret personnel de compétences)

Curieusement, aucun article de recherche sur ce thème de la DI comme compétence ne semble exister en mathématiques, alors que là-encore il est pris en compte dans les autres sciences.

Dans l'apprentissage par DI, les élèves exercent une responsabilité importante vis-à-vis du savoir en jeu et l'enseignant s'appuie sur leurs productions pour faire avancer les connaissances en classe. Les DI et les méthodes traditionnelles de transmission du savoir constituent deux approches différentes qui entraînent deux rôles différents de l'enseignant dans la classe et probablement des rapports différents aux mathématiques. Quels dispositifs de formation ont été mis en place pour aider les enseignants à passer aux approches « innovantes » (Carpenter et al. 2004) ?

III. DISPOSITIFS DE FORMATION ET COLLECTIFS

La question des collectifs de professeurs, dans la formation initiale ou continue, a donné lieu à des nombreux travaux de recherche. L'ouvrage de Krainer et Wood (2008) en présente une synthèse ; l'étude ICMI 15 (Even et Ball 2009) et le Journal of Mathematics Teacher Education en font également état. Certains de ces travaux concernent des formations visant le développement de DI dans les classes, en lien notamment avec les réformes curriculaires évoquées ci-dessus ; ce sont ces travaux que nous avons retenus.

Nous partons d'une distinction entre dispositifs dans lesquels les collectifs sont des groupes de professeurs, encadrés par un ou plusieurs formateurs et dispositifs impliquant des collectifs hybrides (Sensevy 2010) de professeurs, formateurs et chercheurs. Il ne s'agit pas d'une simple distinction d'organisation ; ces types de collectifs correspondent généralement à des intentions différentes, entre un objectif centré sur la formation des enseignants dans le premier cas, et un objectif plus large, qui peut notamment englober la production de ressources pour la classe dans le second cas.

1. *Collectifs de professeurs, encadrement par des formateurs*

Nous considérons ici des dispositifs qui peuvent correspondre à de la formation initiale ou continue (il arrive que le même dispositif soit testé d'une part en formation initiale, d'autre part en formation continue). Parfois ces formations alternent le travail avec un groupe complet de stagiaires, dont l'effectif peut être relativement important, et les travaux dans des petits groupes (c'est presque toujours le cas, pour la formation initiale) ; parfois l'intégralité de la formation se déroule en petits groupes. Nous avons évoqué ci-dessus les « leçons » japonaises. Celles-ci sont associées à un type de dispositif de formation qui a donné lieu à de nombreux travaux, au niveau international : les *lesson studies* (que nous nommons ici *études collectives de leçons*, figure 1). Celles-ci ont inspiré de nombreuses formations, dans le

monde entier (Fernandez 2008 ; Lewis *et al.* 2009 ; Miyakawa et Winsl w 2009 ; Inou  2010, Leavy 2010).

Inou  (2010)  tudie une formation impliquant 6 professeurs des écoles, aux  tats-Unis, encadrés par 2 professeurs japonais. La formation suit le principe des études collectives de leçons : les enseignants préparent avec le soutien des formateurs une leçon, qui sera faite par l'un d'eux. Une variante est toutefois introduite, par rapport à ce qui se pratique au Japon : la leçon est filmée, car les stagiaires n'ont pas la possibilité d'aller observer. La vidéo est ensuite visionnée lors des réunions du groupe ; elle est discutée, et la leçon est révisée.

L'auteur relève des évolutions, dans les mises en œuvre des professeurs américains, et dans leurs échanges lors de la formation. Alors qu'ils étaient au départ centrés sur le fait de faire exprimer aux élèves une diversité de procédures personnelles, ils développent progressivement une attention plus grande au savoir en jeu. Ils consacrent ainsi plus de temps à une analyse préalable des situations, déclarant qu'il faut anticiper les procédures des élèves pour gérer le débat et faire avancer le savoir.

Figure 1 –  tude collective de leçons aux  tats-Unis (Inou  2010)

Dans ces dispositifs, le collectif doit permettre une analyse réflexive de la pratique de classe. Il s'agit ainsi pour les petits groupes d'élaborer une leçon et de la tester, puis d'étudier ce qui s'est passé en classe. Une simple élaboration collective de séance, sans mise en œuvre, ne peut avoir le même impact (Peix et Tisseron 2003). Au-delà de cet aspect réflexif, l'objectif lié aux DI amène une attention particulière à l'utilisation faite par le professeur des productions des élèves. Au début d'une telle formation, les professeurs peuvent avoir un regard simplement critique sur ce que proposent les élèves ; progressivement, ils identifient dans ces productions ce qu'ils peuvent exploiter, pour l'avancée du savoir. Cette évolution est attribuée en particulier au travail collectif, et à la possibilité de discuter avec ses collègues l'interprétation des productions d'élèves.

Une autre cause identifiée pour ces évolutions est aussi une attention plus grande portée au savoir en jeu ; parfois un travail en mathématiques est proposé au sein de la formation (par exemple dans le cas des statistiques, Leavy 2010 ; Visnovska, Cobb et Dean 2012).

Les formations organisées en Italie dans les « laboratoires de mathématiques » (Maschietto 2010) suivent une structure semblable, avec la particularité de viser, en même temps que les DI, l'emploi de certaines technologies (machines mathématiques). C'est également le cas, en France, des formations au sein du programme Pairform@nce, dont certaines sont consacrées aux DI en mathématiques utilisant des logiciels, comme les tableurs ou les logiciels de géométrie dynamique (Gueudet et Trouche 2011). Dans les travaux correspondants, les auteurs relèvent essentiellement des évolutions de pratique liées aux usages des machines, ou des logiciels. Pour le cas de la géométrie dynamique par exemple, le passage d'un emploi du logiciel par le professeur au vidéo-projecteur à un travail proposé en salle informatique, dans lequel les élèves utilisent directement le logiciel va dans le sens du développement des DI. Cependant une seule formation ( tal e sur 3 mois) ne semble pas suffisante pour passer à un travail dans lequel les élèves exercent des responsabilités importantes, du point de vue mathématique comme vis-à-vis du logiciel. Notons par ailleurs que, dans ces travaux, une partie du travail collectif des équipes de professeurs se fait en utilisant une plate-forme distante ; c'était également le cas dans les travaux du SFoDEM¹ (Sauter *et al.* 2008). Cette possibilité technique permet un étalement de la formation dans le temps, alternant présence et

¹ Suivi de Formation   Distance des Enseignants de Mathématiques

distance. Nous ne développons pas ici cet aspect, qui ne nous semble pas être directement en lien avec les DI.

Dans certaines des formations évoquées ci-dessus, les formateurs sont également des chercheurs. Cependant l'objectif reste, de manière explicite, la formation des enseignants membres des collectifs, contrairement aux recherches que nous allons évoquer maintenant.

2. *Collectifs impliquant des chercheurs*

Du point de vue français, le cas typique de collectifs impliquant des enseignants et des chercheurs est le groupe IREM². Dans ces groupes, des professeurs travaillent avec des chercheurs à l'étude de questions professionnelles (travail qui peut lui aussi exploiter une plate-forme pour une communication distante, Georget 2007). L'objectif relève à la fois de la formation et de la production de ressources qui pourront être diffusées ; le ou les chercheurs membres de ces groupes ne sont pas directement en position de formateurs.

Les thématiques retenues par certains de ces groupes sont proches des DI : c'est le cas, par exemple, des groupes travaillant sur les Parcours d'Étude et de Recherche (Matheron et Noirfalise 2010). Cependant le travail même de ces groupes, leurs dynamiques collectives, n'ont été que rarement étudiés. Nous retenons le travail récent de Artigue (2011), à propos du groupe « modélisation » de l'IREM de Paris 7. Ce groupe rassemble des professeurs de mathématiques, de sciences physiques, de SVT³, et des chercheurs en didactique des mathématiques et didactique des sciences. Dans le cas de ce travail pluridisciplinaire, les DI sont associées à la nécessité de modélisation mathématique de situations de sciences physiques ou de SVT, et donc de compréhension commune par les professeurs des démarches de chaque discipline. Le même type d'apports du travail collectif de professeurs de différentes disciplines et de chercheurs est relevé par Prieur, Sanchez et Aldon (2011), à propos d'un groupe de professeurs de lycée en mathématiques, sciences physiques et SVT menant un travail expérimental sur un enseignement scientifique en seconde avec une équipe de chercheurs de l'INRP⁴.

En ce qui concerne des groupes impliquant chercheurs et professeurs de mathématiques, nous avons évoqué (§ II) le projet LCM (Jaworski et al. 2007). Nous en donnons ici (figure 2) un aperçu plus détaillé.

Les groupes LCM sont constitués de professeurs du secondaire et de chercheurs en didactique. En tout une dizaine de chercheurs ont participé au projet, et une quarantaine de professeurs, chaque groupe travaillant pendant 3 ans. Ces groupes sont, de manière explicite, dédiés à une formation visant le développement de DI dans les classes des professeurs qui en sont membres.

Ces groupes ont principalement travaillé à la préparation de séquences de classe. Les chercheurs proposent des ressources (brochures, articles etc.) ; ce sont les professeurs, ensuite, qui élaborent un scénario de classe. Le scénario donne lieu à une ou plusieurs mises en œuvre, qui sont filmées puis discutées dans le groupe.

Les chercheurs notent que les séances élaborées au fil du travail des groupes témoignent d'une plus grande sensibilité des professeurs aux DI, en particulier en ce qui concerne la présentation de l'activité, et l'emploi du langage mathématique.

Figure 2 – Le projet LCM (Jaworski et al. 2007)

² Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques.

³ Sciences de la Vie et de la Terre.

⁴ Institut National de Recherche Pédagogique, désormais Institut Français de l'Éducation.

Le projet LCM a donné lieu à l'introduction du concept de *inquiry community* (Jaworski *et al.* 2007), que nous traduisons par « communauté d'investigation ». Ce concept est fondé sur celui de communauté de pratique (Wenger 1998). L'hypothèse faite ici est que le faible développement des DI est une conséquence de l'identité professionnelle même des enseignants, qu'il s'agit donc de faire évoluer. Or, l'identité d'un sujet dépend des communautés auxquelles il appartient ; donc cette évolution peut avoir lieu si le professeur appartient à une communauté dans laquelle l'investigation est une attitude partagée. Ici, le lien entre collectifs et DI est clairement établi, fondé sur une perspective théorique spécifique.

La notion de communauté d'investigation a été ensuite largement reprise (notamment dans le projet PriSSM⁵ aux États-Unis, Slavit et Nelson 2010). Dans la plupart des dispositifs se référant à cette notion, on retrouve une organisation proche de celle des *études collectives de leçons* évoquées ci-dessus. La différence tient essentiellement à la composition et au positionnement des membres du groupe. Professeurs et chercheurs collaborent, la formation est une conséquence de cette collaboration, et les résultats de recherche constituent une ressource importante pour le travail du groupe. Certains traits, concernant les évolutions de pratiques des professeurs, rejoignent ceux que nous avons évoqués ci-dessus : développement de l'attention aux procédures des élèves ; à la présentation de la tâche ; au langage etc. D'autres résultats semblent spécifiques à ce type de collectif, comme le fait que ces professeurs, avec leurs élèves, tendent à former également une « communauté d'investigation » : le travail dans le collectif professeurs-chercheurs semble avoir un impact direct sur le travail en classe (Hunter 2010).

IV. COLLECTIFS ENSEIGNANTS, FORMATION AUX DI, QUELLE ARTICULATION ?

Nous avons, au fil de cette contribution, répondu à la plupart des questions que nous avons posées, au départ de ce travail. Nous revenons dans cette partie à la dernière de ces questions :

Des liens sont-ils faits entre travail collectif enseignant et formation aux DI, et lesquels ?

Des liens apparaissent effectivement, dans les travaux que nous avons examinés. Nous allons distinguer les constats, ou les hypothèses sur le lien DI-collectifs, qui interviennent dans le choix même de dispositifs de formation, et les liens DI-collectifs qui apparaissent dans les analyses portant sur l'impact des formations.

1. De la formation à la classe : du parallèle au transfert ?

Lorsque l'aspect DI s'inscrit dans un objectif plus large de pluridisciplinarité, dans le cadre de formations continues d'enseignants du second degré en France, le recours aux collectifs dans la formation s'impose comme conséquence de la mono-disciplinarité de ces enseignants.

En dehors de ce cas très spécifique où le collectif est incontournable, nous avons souligné que, quels que soient les dispositifs de formation étudiés, les collectifs impliqués élaborent eux-mêmes une séance ou séquence, la testent en classe, puis la discutent dans la formation. Qu'il s'agisse d'équipes de professeurs stagiaires, encadrés par des formateurs, ou de collectifs hybrides d'enseignants et de chercheurs, ces dispositifs mettent en avant une implication active, et une incitation à la réflexivité des enseignants. Dans certains travaux, un parallèle est explicitement fait entre ce travail des collectifs en formation et la DI en classe :

⁵ Partnership for Reform in Secondary Science and Mathematics.

We saw classes and teacher communities adopt the stance that knowledge generation was a function of the community and that they did not have to depend on the teacher or professional development leader as the provider and arbitrator of what counted as knowledge⁶ (Carpenter et al. 2004, p. 5)

La formation des enseignants étant elle-même un enseignement, elle peut se dérouler « selon une DI » ; ce qui amène le recours au collectif, comme élément caractéristique d'une mise en œuvre de type DI. Ce parallèle repose sur un élargissement du sens de la DI au-delà de l'enseignement des sciences, à tout type de contenu : un principe général de DI peut donner lieu à des « DI-classe » ou à des « DI-formation ». Les « DI-formation » pourraient être adoptées quel que soit l'objectif de la formation : apprentissage des fonctionnalités d'un nouveau logiciel, par exemple.

Dans certains travaux, il ne s'agit toutefois pas simplement d'un élargissement, mais de l'hypothèse d'un transfert, spécifique aux formations visant les DI : la « DI-formation », par un effet de transfert, donnerait lieu à de la « DI-classe ». C'est le cas des travaux se référant à la notion de communauté d'investigation ; ainsi l'investigation collective en formation serait, selon ces auteurs, une modalité spécifique des dispositifs visant les DI.

Dans ces travaux, le choix du collectif résulte d'une perspective théorique, ancrée en théorie de l'activité (Engeström 1987). C'est cette perspective qui amène l'hypothèse du transfert : l'attitude d'investigation, forgée dans le groupe de recherche, deviendrait une partie constitutive de l'identité des professeurs ; elle serait donc transférée par ces professeurs à leur classe (dans ce cas, la « DI-formation » inclut donc forcément un travail collectif). Rappelons que dans le projet LCM, les DI sont vues sous leur forme « enquête », du côté donc d'un positionnement épistémologique, plus que d'une mise en œuvre particulière. Ceci est donc cohérent avec l'idée que les DI dépendent de l'identité professionnelle des professeurs, et seront développées si cette identité intègre le positionnement épistémologique d'enquête. La description que nous donnons ici est volontairement simplificatrice : en effet, le concept même de communauté d'investigation a été progressivement forgé au fil du travail dans le projet LCM. Le lien entre perspective théorique et travail de terrain est, comme toujours, dialectique. Ce que nous voulons souligner ici est que ces travaux font explicitement l'hypothèse du transfert à la classe des attitudes adoptées en formation ; certaines recherches confirment ensuite la validité de cette hypothèse, au fil du suivi des professeurs (projet TBM, Berg 2010).

Nous allons maintenant nous pencher plus précisément sur ce que les recherches donnent à voir, concernant l'impact des formations, et le rôle des collectifs dans cet impact.

2. *Étude de l'impact des dispositifs et lien collectif-DI*

Les travaux que nous avons considérés ne se penchent pas tous sur les évolutions de pratique des enseignants impliqués ; certains se limitent à la présentation d'un dispositif. Deux principaux types d'évolutions sont identifiés par les recherches qui proposent de telles analyses (tous deux peuvent concerner le travail hors classe et en classe des professeurs) :

- des évolutions allant dans le sens d'une plus grande responsabilité laissée aux élèves. Les professeurs développent une attention aux procédures des élèves, à leurs erreurs et à l'exploitation qui peut en être faite en classe ; pour l'emploi d'un logiciel, la manipulation de celui-ci est confiée aux élèves ;

⁶ « Nous avons vu des classes, et des communautés d'enseignants, se mettre à considérer que la production de connaissances était du ressort de la communauté et qu'elles ne devaient pas dépendre du professeur ou du formateur pour fournir ou arbitrer ce qui pouvait être reconnu comme connaissance ».

- des évolutions relatives à l'attention au savoir en jeu. Celles-ci peuvent concerner le choix de la situation de départ, ou la mise en œuvre en classe, en particulier ce qui touche à la gestion des débats, puis à l'institutionnalisation.

Le collectif est toujours indiqué comme un facteur important, pour ces évolutions de pratique.

À propos des responsabilités laissées aux élèves, le collectif semble intervenir d'au moins deux manières différentes. D'une part, le travail au sein d'une équipe peut donner aux professeurs la confiance nécessaire, pour se lancer dans l'élaboration d'une séance qui sort de leur fonctionnement habituel, laissant plus de responsabilités aux élèves. Parfois cette confiance prend une forme très concrète : le fait que la formation prévoie que la séance d'investigation va être observée permet une mise en œuvre dans laquelle deux professeurs, au moins, vont pouvoir intervenir en cas de difficultés ! D'autre part, le collectif permet de confronter des points de vue différents. Par exemple le fait de discuter avec des collègues, sur la base de productions d'élèves, montre aux professeurs que des interprétations différentes peuvent être faites.

En ce qui concerne l'attention portée au savoir en jeu, les travaux qui mentionnent cette dimension soulignent l'importance du rôle des formateurs et/ou chercheurs, pour soutenir des évolutions en ce sens. La gestion de l'avancée du savoir, dans un enseignement recourant aux DI, est spécifiquement difficile. Les recherches semblent montrer que les enseignants portent leur attention en priorité sur des modalités de mise en œuvre pédagogique des DI, et que l'intervention de formateurs ou chercheurs est nécessaire pour mettre en avant les questions liées au savoir.

Nous notons aussi que plusieurs auteurs (Ostermeier, Prenzel et Duit 2010) soulignent que la dimension collective, en particulier lorsqu'il s'agit de professeurs du même établissement, est un facteur de durabilité pour les évolutions de pratiques.

Dans cette contribution, nous n'avons, bien entendu, pas été exhaustives, par rapport aux travaux existants, ni même par rapport aux articles que nous avons étudiés. Nous n'avons ainsi pas développé les nouvelles perspectives sur les collectifs qu'ouvre l'emploi de plates-formes distantes ; nous ne nous sommes pas arrêtées sur des modalités de formation innovantes, associant en équipe des stagiaires en formation initiale et des professeurs chevronnés. Notre travail va être poursuivi ; nous pensons toutefois qu'il permet déjà d'identifier des dimensions importantes des recherches sur les collectifs enseignants et les DI.

REFERENCES

- Aldon G., Durand-Guerrier V. (2011) Ressources pour la mise en place de problèmes de recherche dans la classe. In Kuzniak A., Sangaré M. *Actes du colloque EMF 2009, Dakar, avril 2009*, 784-791.
- Artigue M. (2011) *Enseignement des mathématiques : le défi de la pluridisciplinarité*. Conférence invitée à la journée d'étude de l'IREM de Rennes, Mars 2011, Rennes.
- Berg C. V. (2010) *Investigating the impact of a developmental research project on teachers' teaching practice: Listening to mathematics teachers' reflections*. Informal Proceeding 30-3 (BSRLM)
- Bulletin officiel, hors série n°6, vol 2 du 19 avril 2007.
<http://www.education.gouv.fr/bo/2007/hs6/default.htm>
- Carpenter T. P., Blanton M. L., Cobb P., Franke M., Kaput J. J., McClain K. (2004). *Scaling up innovative practices in mathematics and science*.
<http://ncisla.wceruw.org/publications/reports/NCISLAREport1.pdf>
- Calmettes B. (2009) Démarches d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques en classe. *Spirales*, 43, 139-148.
- De Hosson C., Mathé S., Méheut M. (2010) La « démarche d'investigation dans les collèges français ». Démarches d'investigation et formation. *Actes des journées scientifiques DIES*, 24-25 novembre 2010. Lyon : INRP.
- Engeström Y. (1987). *Learning by Expanding. An Activity-Theoretical Approach to Developmental Research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Even R., Ball D. L. (Eds.) (2009) *The professional education and development of teachers of mathematics*. The 15th ICMI study. New ICMI study series. New York: Springer.
- Fernandez M. B. (2008) Developing knowledge of teaching mathematics through cooperation and inquiry. *Mathematics teacher* 101(7), 534-538.
- Georget J.-P. (2007) Facilitate research activities at the primary level: intentional communities of practice, teaching practices, exchanges about these practices. *Proceedings of the fifth congress of the European Society for Research in Mathematics Education, CERME 5*, Larnaca, Cyprus 22-26 February 2007.
- Georget J.-P. (2009) Outils de la théorie des communautés de pratique et conception de ressources à destination de professeurs des écoles expérimentés pour la mise en œuvre de « problèmes pour chercher ». In Bloch I., Conne F. (Eds.) *Nouvelles perspectives en didactique des mathématiques* (CD-rom). Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Grangeat M. (Ed.) (2011) *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves*. Lyon : École Normale Supérieure de Lyon, Institut National de Recherche Pédagogique.
- Gueudet G., Trouche L. (2011) Mathematics teacher education advanced methods: an example in dynamic geometry. *ZDM, the International Journal on Mathematics Education* 43(3), 399-411.
- Hunter R. (2010) Changing roles and identities in the construction of a community of mathematical inquiry. *Journal of Mathematics Teacher Education* 13, 397-409.
- Inoue N. (2010) Zen and the art of neriage: facilitating consensus building in mathematics inquiry lessons through lesson study. *Journal of Mathematics Teacher Education*, online.
- Jaworski B., Fuglestad A.B., Bjuland R., Breiteig T., Goodchild S., Grevholm B. (Eds) (2007) *Learning communities in mathematics*. Bergen : Caspar.
- Krainer K., Wood T. (Eds.) (2008) *Participants in Mathematics Teachers Education: Individuals, Teams, Communities and Networks* (Vol. 3). Rotterdam/Taipei: Sense Publishers.

- Lavy I., Shriki A. (2010) Engaging in problem posing activities in a dynamic geometry setting and the development of prospective teachers' mathematical knowledge. *The Journal of Mathematical Behavior* 29, 11-24.
- Leavy A. M. (2010) The challenge of preparing preservice teachers to teach informal inferential reasoning. *Statistics education research journal* 9(1), 46-67.
- Lewis C. C. (2002) Does lesson study have a future in the United States ? *Nagoya Journal of Education and Human Development* (1), 1-23
- Lewis C. C., Perry R. R., Hurd J. (2009) Improving mathematics instruction through lesson study : a theoretical model and North American case. *Journal of Mathematics Teacher Education* 12(4), 285-304.
- Maschietto M. (2010) Enseignants et élèves dans le laboratoire de mathématiques. In Gueudet G., Aldon G., Douaire J. et Trgalova J. (Eds.) *Apprendre, enseigner, se former en mathématiques : quels effets des ressources ? Actes des journées mathématiques de l'INRP 2010*. Lyon: INRP.
- Matheron Y (2010) « Démarches d'investigation » et Parcours d'Étude et de Recherche en mathématiques : entre injonctions institutionnelles et étude raisonnée des conditions et contraintes de viabilité au sein du système. Conférence invitée au colloque de la CORFEM, Juin 2010, Caen.
- Matheron Y., Noirfalise R. (2010) Une recherche de la Commission inter-IREM (CII) didactique soutenue par l'INRP : Dynamiser l'étude des mathématiques dans l'enseignement secondaire (collège et lycée) par la mise en place d'AER et de PER. In Bronner A., Languier M., Artaud M., Bosch M., Chevallard Y., Cirade G., Ladage C. (Eds.) (pp. 633-654) *Diffuser les mathématiques (et les autres savoirs) comme outils de connaissance et d'action*. IUFM de l'académie de Montpellier.
- Miyakawa T., Winsløw C. (2009) Un dispositif japonais pour le travail en équipe d'enseignants : étude collective d'une leçon. *Education et didactique* 3(1), 77-90.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000) *Principles and standards for school mathematics*, Reston, VA : Author
- Ostermeier C., Prenzel M., Duit, R. (2010) Improving Science and Mathematics Instruction: The SINUS Project as an Example for Reform as Teacher Professional Development. *International Journal of Science Education* 32 (3), 303–27.
- Peix A., Tisseron C. (2003) Concepts didactiques pour analyser et réorganiser une formation à la conduite de problèmes de recherche à l'école élémentaire. In Durand-Guerrier V., Tisseron C. (Eds) *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2002*, ARDM et IREM Paris 7.
- Prieur M., Sanchez E., Aldon G. (2011) Enseignement scientifique co-disciplinaire en classe de Seconde : des éléments à prendre en compte pour sa mise en œuvre. In Grangeat M. (Ed.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves*. Lyon. INRP-ENSL.
- Rocard M., Csermely P., Jorde D., Lenzen D., Walberg-Henriksson, H., Hemmo V. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Bruxelles: rapport à la commission européenne. [Retrieved september 08, from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_fr.pdf]
- Ryve A. (2007) What is actually discussed in problem-solving courses for prospective teachers? *Journal of Mathematics Teacher Education*.
- Sauter M., Combes M.-C., De Crozals A., Droniou J., Lacage M., Saumade H., Théret D. (2008) Une communauté d'enseignants pour une recherche collaborative de problèmes *Repères-IREM* 72, 25-45.

- Sensevy G. (2010) Formes de l'intention didactique, collectifs, et travail documentaire. In Gueudet G., Trouche L. (Eds) *Ressources vives, le travail documentaire des professeurs en mathématiques*. Rennes / Lyon: Presses Universitaires de Rennes / INRP.
- Slavit D., Nelson T. (2010) Collaborative teacher inquiry as a tool for building theory on the development and use of rich mathematical tasks. *Journal of Mathematics Teacher Education* 13, 201-221.
- Smith B. (2007) Promoting inquiry-based instruction and collaboration in a teacher preparation program. *Mathematics teacher* 100(8), 559-564.
- Socle commun de connaissances et de compétences (2006).
<http://www.eduscol.education.fr/cid45625/socle-commun.html>
- Suurtamm C., Vezina N. (2010) Transforming pedagogical practice in mathematics : moving from telling to listening. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, (online).
- Visnovska J., Cobb P., Dean C. (2012) Mathematics teachers as instructional designers: What does it take? In Gueudet G., Pepin B., Trouche L. (Eds) (pp. 323-341) *From text to 'lived resources': curriculum material and mathematics teacher development*. New York: Springer.
- Wells G. (2001) The development of a community of inquirers. In Wells G. (Ed.) *Action, talk and text: learning and teaching through inquiry*. New York : Teachers College Press.
- Wenger E. (1998) *Communities of practice. Learning, meaning, identity*. New York: Cambridge University Press.
- Westbrook R. (1993) John Dewey. *Perspectives : revue trimestrielle d'éducation comparée* 22(1/2), 277-293.