

UN CADRE THEORIQUE POUR PENSER ET ANALYSER DES DISPOSITIFS COLLABORATIFS

Accès vidéo Conférence

<https://videos.univ-grenoble-alpes.fr/video/20357-copirelem2021-conference-monica-panero-gilles-aldon/>

Gilles ALDON

IFÉ-ENS de Lyon
S2HEP

gilles.aldon@ens-lyon.fr

Monica PANERO

Dipartimento formazione apprendimento – SUPSI, Locarno
Centro competenze didattica della matematica
monica.panero@spusi.ch

Résumé

Le modèle théorique de la transposition méta-didactique (Arzarello *et al.* 2014), né en Italie dans un contexte de formation des enseignants, a été le point de départ de recherches dont l'objectif était de proposer un cadre d'analyse visant à mieux comprendre les facteurs et processus en jeu dans les interactions entre acteurs de l'éducation et de la recherche. En nous appuyant sur les exemples issus de projets de recherche orientée par la conception en collaboration avec des enseignants du premier degré, en particulier provenant des expérimentations du projet FaSMEd (Formative Assessment in Science and Mathematics Education), de dispositifs de formation et d'enseignement des mathématiques à l'école primaire autour de la recherche de problèmes nous montrerons la portée de cette construction théorique.

I - INTRODUCTION

Dans le champ de la recherche en éducation et de la formation des enseignants, de nombreux travaux en France et à l'étranger sont conduits en utilisant des méthodologies de recherches collaboratives impliquant à la fois les chercheurs, les enseignants et les formateurs. Le paysage de telles recherches est vaste (Desgagné et Berdnaz, 2005, Vinatier et Morissette, 2015 ; Sanchez et Monod-Ansaldi, 2015 ; Brière et Simonet, 2021) et chaque paradigme de recherche s'appuie sur des buts plus ou moins explicites en tension d'une part, entre la création de nouvelles connaissances scientifiques et la volonté de modifier et d'améliorer le système éducatif, et d'autre part entre une explicitation de pratiques existantes et la volonté de concevoir des dispositifs pour l'enseignement. Mais toutes ces recherches proposent un travail *avec* les acteurs de l'éducation plutôt que *sur* les acteurs de l'éducation se plaçant ainsi dans une *philosophie pragmatique* (Dewey, 1916/2011) ou une approche ethnographique, au sens de Tillion (1907/2009, p.276) :

« Pour discourir sur les sciences humaines, l'érudition pure ne peut suffire, et une expérience vécue, profonde et diverse, constitue l'indispensable substrat de la connaissance authentique de notre espèce : [...] les événements vécus sont la clé des événements observés ».

Des dispositifs comme les IREM en France ont construits leur notoriété sur le développement de recherches impliquant tous les acteurs comme déjà cité dans la charte de Chambéry¹ :

¹ https://www.apmep.fr/IMG/pdf/APMEP_-_charte_de_Chambery_-_1968.pdf

« Ils devraient viser à être des lieux privilégiés où se retrouveront tous ceux, quel que soit leur statut, qui directement ou indirectement ont à l'échelon régional des responsabilités concernant l'enseignement mathématique » (p.16)

Mais aussi plus récemment le dispositif des Lieux d'Éducation Associés (LÉA) (Chabanne, Monod-Ansaldi et Loisy, 2016) ou à l'étranger, les « Associate Teacher Programmes » de l'Université de Nottingham, les groupes de recherche en Italie ou en Suisse proposent des recherches associant les apports théoriques et pragmatiques pour rendre compte plus fidèlement de la complexité des situations d'enseignement. La question de l'évaluation du travail réalisé se pose naturellement et repose sur l'analyse du travail et des interactions entre les protagonistes. Les cadres de l'analyse de l'activité (Engeström, 2001) ne permettent pas d'attraper finement ce qui se joue dans les collaborations que ce soit dans le cadre de formation ou de recherches participatives ou orientées par la conception (Sanchez et Monod-Ansaldi, 2016). Dans ce texte nous utiliserons le terme « collaboratif » dans son sens premier, « travailler avec » (*cum laborare*) sans faire de distinction entre la collaboration et la coopération (*cum operari*, dont la traduction peut aussi être « travailler avec »). Le développement de la théorie que nous présentons ici vient ainsi de la nécessité de comprendre ce qui se joue dans les interactions lorsque plusieurs communautés sont présentes ou, pour reprendre les termes de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) (Chevallard, 1988), lorsque les acteurs appartiennent à des institutions ayant des visées différentes. Dans ce texte, nous nous situons dans le cadre de la formation continue des enseignants et les exemples sur lesquels nous nous appuyons proviennent de travaux menés avec des enseignants du premier degré, dans le cadre de dispositifs conçus pour travailler un aspect particulier de l'enseignement des mathématiques. Parler des *dispositifs et collectifs pour la formation, l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques*, titre de cette conférence de la COPIRELEM, nous a amené naturellement à considérer tous les dispositifs permettant de faciliter un travail collectif et de proposer ce modèle dans le cadre très large de la formation en considérant comme formatif tout dispositif permettant de réfléchir aussi bien aux fondements épistémologiques, éthiques de son propre travail (enseignement, recherche, formation) qu'à l'analyse de ses pratiques. Nous faisons l'hypothèse que les collectifs et les travaux coopératifs, tout comme l'enseignement et l'apprentissage, sont intimement liés aux savoirs en jeu et ne peuvent être finement étudiés sans la mise en évidence de ce rapport au savoir, en l'occurrence, pour nous du rapport aux mathématiques.

Nous présentons le cadre théorique de la Transposition Méta-Didactique dans une première partie, en exemplifiant les concepts introduits sur des expériences menées dans des cadres variés ; puis, nous montrons comment il peut être mis à l'épreuve dans un contexte de recherche orientée par la conception pour finalement conclure en élargissant aux contextes de la formation qu'elle soit en ligne, hybride ou en présence.

II - PRESENTATION DU CADRE THEORIQUE

1 La Transposition Méta-Didactique

La Transposition Méta-Didactique (TMD par la suite) a été présentée dans le livre « *The Mathematics Teacher in the Digital Era* » (Clark-Wilson, Robutti et Sinclair, 2014 ; Arzarello *et al.*, 2014) après avoir été discutée dans un forum de la conférence PME (Psychology of Mathematics Education) en 2013 (Aldon *et al.*, 2013). C'est la schématisation de la Figure 1 qui résume le contenu du cadre initial, construit en Italie

dans le contexte d’une formation nationale des enseignants de mathématiques². Il s’agissait de proposer un cadre d’analyse de cette formation qui elle-même avait été pensée et construite sur un modèle de travail coopératif d’enseignants, de formateurs (enseignants-chercheurs en Italie) et de chercheurs. Le processus en jeu dans cette formation était une transposition non pas seulement de savoirs mathématiques mais de réflexions didactiques sur ces savoirs ; cette double réflexion a conduit les auteurs à utiliser le terme *méta*. D’un point de vue strict de la TAD, ce phénomène est une transposition didactique mais nous souhaitons distinguer dans notre discours ce qui relève d’une transposition de savoirs à enseigner, que la TMD dénote par l’adjectif *didactique*, et ce qui relève de la transposition de savoirs professionnels ou théoriques, que la TMD appelle *méta-didactique* (Aldon et Panero, 2017). Le schéma de la Figure 1 illustre cette transposition à travers la confrontation et les modifications des praxéologies des acteurs des institutions concernées. Le phénomène d’internalisation décrit les dynamiques en jeu lorsque des composantes externes, c’est-à-dire ne faisant pas partie initialement des composantes des praxéologies au sein d’une institution, deviennent internes et augmentent les connaissances des acteurs tant d’un point de vue des techniques à mettre en œuvre pour résoudre un type de tâche que des justifications pragmatiques ou théoriques de ces techniques.

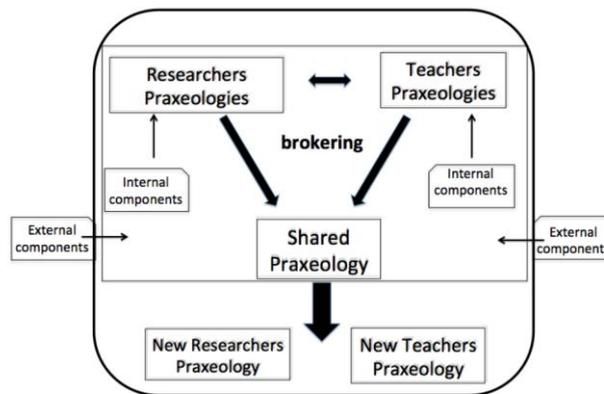


Figure 1. Schéma initial de la TMD (Aldon et al., 2013, p. 102)

Ainsi, l’étude des modifications des praxéologies ou au moins de certaines composantes des praxéologies modélise le processus de développement professionnel à travers ce phénomène d’internalisation. La dynamique des composantes praxéologiques de l’externe vers l’interne est à la base de l’évolution des praxéologies tant didactiques que méta-didactiques. L’internalisation est liée aux connaissances en jeu, qu’elles soient pratiques ou théoriques, et ne pourrait exister si les acteurs ne profitaient pas de leurs interactions pour modifier leurs systèmes de connaissances. Les interactions se situent aux deux niveaux, didactique et méta-didactique, et articulent les praxéologies dans une double dialectique entre les savoirs mathématiques à enseigner et le sens attribué par les élèves aux situations auxquels ils sont confrontés d’une part, et les savoirs didactiques théoriques et pragmatiques d’autre part. Ce partage des connaissances et des pratiques d’une communauté à l’autre, processus que Akkerman et Bakker (2011) dénomment *boundary crossing* (le franchissement de frontières), se réalise en s’appuyant sur des *objets frontières* qui à la fois ont du sens pour plusieurs communautés de pratique et satisfont aux exigences

² M@t.abel : <https://fr.calameo.com/read/000271580388cd93855c1>

informationnelles de chacune d'elles, même si les significations ou les modalités diffèrent. Le concept de *broker* (courtier) désigne un acteur, chercheur, enseignant ou formateur, qui facilite, par ses actions, ce franchissement de frontières entre les différentes communautés.

Le modèle de la TMD met en évidence le processus par lequel des composantes praxéologiques initialement externes sont développées et utilisées par les enseignants, par exemple dans le cadre du développement professionnel, devenant ainsi internes. Il aide les chercheurs à mettre en évidence ce processus en termes de changements dans les composantes praxéologiques des enseignants. Mais réciproquement, la confrontation des praxéologies des chercheurs à celles des enseignants fait évoluer ces praxéologies en internalisant de la même façon des composantes externes pour les chercheurs.

2 Évolution du modèle théorique

Depuis son exposition et son utilisation pour l'analyse d'une formation hybride, le modèle de la TMD a évolué en affinant les différents concepts et en mettant en évidence les moteurs de la dynamique mais aussi en étant utilisé dans le cadre de recherches collaboratives (Sanchez et Monod-Ansaldi, 2015 ; Panero et Aldon, 2016 ; Cusi, Morselli et Sabena, 2017). Ce sont ces deux évolutions que nous présentons dans les paragraphes qui suivent.

II.2.1 La TMD dans les recherches orientées par la conception

Utiliser la TMD comme cadre d'analyse de recherches est le résultat d'une double volonté : d'une part, la volonté de fonder théoriquement les recherches en éducation construites sur une méthodologie de recherche orientée par la conception ou *Design-Based Research* (Cobb *et al.*, 2003 ; Sanchez et Monod-Ansaldi, 2015 ; Robutti, Prodromou et Aldon, 2020) et, d'autre part, la volonté de mieux comprendre ce qui se joue dans la collaboration et ce qui peut être considéré comme le résultat des recherches. C'est donc à la fois en ayant un regard épistémologique, éthique et méthodologique que le modèle a pu évoluer pour servir de cadre pour la conception et l'analyse de projets de recherches collaboratives aussi bien dans des équipes IREM que dans des LéA, si on se limite aux projets nationaux, mais aussi dans le cadre de projets européens, l'exemple de FaSMEd³ étant tout particulièrement significatif (Cusi, Morselli et Sabena, 2017 ; Ruchniewicz et Barzel, 2019 ; Aldon et Panero, 2020) ; en effet, la méthodologie de *Design-Based Research* était constitutive de ce projet et chaque partenaire devait travailler avec un ensemble d'écoles pour l'élaboration d'une boîte à outils ayant comme but de permettre à des enseignants de disposer de matériels adéquats pour développer des stratégies d'évaluation formative utilisant des technologies. Dans chacun de ces contextes, le cadre de la TMD a ainsi pu être utilisé pour penser les groupes de recherche associant des chercheurs et des enseignants d'une école, d'un collège ou d'un lycée, puis pour analyser, au fur et à mesure de l'avancée du projet, les effets de cette collaboration. Dans les analyses réalisées, tant *a priori* pour penser la collaboration qu'*a posteriori* pour analyser ce qui s'était passé, les moteurs de la dynamique du travail collaboratif ont été mis à jour à partir de regards portés, d'une part, sur l'objet de travail et sur les actions menées par les acteurs pour le faire évoluer et, d'autre part, sur les motivations à porter son regard plus spécifiquement sur des composantes de cet objet de travail. Dans la suite nous développons ce double regard tout d'abord en décrivant et en utilisant le concept d'objet frontière et ensuite en examinant les motivations des acteurs à avoir ce regard particulier à travers le concept d'*agent*.

Le concept d'objet frontière, déjà évoqué dans la présentation initiale de la TMD, a pris une importance cruciale pour examiner les ressorts de la collaboration. En effet, au début d'un travail en commun, les

³ *Formative Assessment in Science and Mathematics Education* : <https://microsites.ncl.ac.uk/fasmedtoolkit/>

acteurs venant de deux ou plusieurs institutions (typiquement des chercheurs et des enseignants) décident de travailler ensemble sur un objet. Cet objet a été choisi ou imposé (par la participation à un projet commun ou l'obligation à participer à une formation, etc.) mais, à un moment donné, a été accepté comme un objet de travail commun. La collaboration commence lorsque les acteurs agissent sur cet objet. C'est donc à partir du travail réalisé sur l'objet que la frontière, prise comme un espace commun, va devenir le lieu d'échanges et de contributions. L'objet de travail devient alors un *objet frontière* (Star et Griesemer, 1989), suffisamment flexible pour être appréhendé *a priori* par tous les acteurs. Il est important ici de noter que :

« [...] *boundary objects are at once temporal, based in action, subject to reflection and local tailoring, and distributed throughout all of these dimensions*⁴. » (Star, 2010, p. 603)

Ainsi, les objets frontières ne sont pas destinés à rester tels quels mais, au contraire, à évoluer tout au long du travail collectif qui en modifie la frontière en même temps qu'il permet de mieux le comprendre : un objet frontière vit et évolue si et seulement si les acteurs agissent sur lui. Cette évolution de l'objet frontière, ou plus précisément de la frontière considérée comme un espace à partager, est directement reliée à l'évolution des praxéologies et à la construction d'une praxéologie partagée entre les différentes communautés qui travaillent ensemble. Un autre aspect fondamental de l'objet frontière est qu'il possède une structure interne qui permet de distinguer des composantes constituantes de l'objet lui-même. Par exemple, lorsque des enseignants et des chercheurs travaillent sur l'évaluation formative (voir paragraphe III), le mode de recueil d'informations, le traitement de ces informations, les stratégies pensées et mises en œuvre, les outils utilisés, etc. sont autant de composantes de l'objet frontière. C'est à travers les interactions entre ces composantes que les contours de l'objet frontière s'éclairent et que la compréhension mutuelle de l'objet se construit collaborativement :

« *what is important for boundary objects is how practices structure, and language emerge, for doing things together*⁵ » (Star, 2010, p. 602)

Même l'absence d'évolution est un indice intéressant pour analyser une collaboration ratée, lorsque, par exemple, l'objet du travail n'est pas suffisamment présent dans une institution ou qu'il ne correspond pas à un besoin et que les praxéologies n'existent pas ou peu dans l'institution pour devenir une préoccupation partagée et un objectif de travail commun. Et c'est précisément lorsque cet objet devient sujet de réflexion pour tous les acteurs que la collaboration peut naître. Il y a donc un cheminement important entre l'objet de travail initial et l'objet frontière qui est déjà le résultat d'une somme de réflexions individuelles qui donne à l'objet ce rôle de support des réflexions collectives. C'est ainsi que, en examinant l'évolution de l'objet de travail en objet frontière, l'évolution des praxéologies peut être mise en évidence. Nous présentons dans le paragraphe suivant une illustration dans une recherche collaborative avec des enseignants de cycle 3.

⁴ « Les objets frontière sont à la fois temporels, fondés sur l'action, soumis à la réflexion et à l'adaptation locale, et répartis dans toutes ces dimensions » (traduit par nous).

⁵ « ce qui est important pour les objets frontières, c'est la façon dont les pratiques se structurent, et le langage émerge, pour faire les choses ensemble. » (Traduit par nous)

II.2.2 Exemplification

Le contexte de cette recherche est lié au groupe DREAM⁶ dont l'objectif est d'analyser les apports des problèmes dans l'enseignement des mathématiques. Ce groupe mixte IREM-INSPE-IFÉ⁷ travaille depuis de nombreuses années avec des chercheurs en mathématiques et en didactique des mathématiques, des enseignants et des formateurs. En utilisant une méthodologie de recherche orientée par la conception, le groupe s'appuie sur l'ensemble des travaux développés autour du problème ouvert au sein de l'IREM de Lyon et poursuit un questionnement visant à approfondir le rôle et la place que peuvent tenir les problèmes de recherche dans l'enseignement des mathématiques depuis l'école primaire jusqu'à l'enseignement supérieur. Dans ce contexte, le projet dont il est question ici se déroulait dans une circonscription de Vénissieux, en banlieue lyonnaise. Il s'agissait de proposer à des classes de CM2 et de sixième des problèmes de recherche suffisamment robustes pour laisser les élèves chercher pendant plusieurs semaines, mais aussi suffisamment abordables pour que les élèves ne se découragent pas et explorent une petite partie des mathématiques en créant des résultats. Nous ne nous attarderons pas ici sur l'analyse du travail des élèves, que l'on peut trouver dans Aldon et Garreau (2017), mais plutôt sur le deuxième objectif de ce projet qui était de créer des situations d'apprentissage permettant aux enseignants un questionnement sur leurs pratiques pédagogiques en lien avec des situations didactiques de recherche de problèmes en mathématiques (Gardes, 2018). Les « problèmes » sont apparus très rapidement comme un objet frontière ; la frontière n'était pas *a priori* très large et si tous les participants à cette recherche pouvaient immédiatement définir ce qu'ils entendaient par « problème », les techniques permettant de proposer aux élèves des problèmes, les explicitations théoriques ou pragmatiques permettant de justifier l'utilisation de problèmes dans la classe, les fondements épistémologiques de l'usage des problèmes en mathématiques, les solutions elles-mêmes des problèmes n'étaient pas ou peu partagées. Chaque acteur pouvait expliciter sa ou ses praxéologies méta-didactiques répondant à la mise en œuvre de problèmes dans la classe de mathématiques et dans le contexte, ces praxéologies se trouvaient encapsulées dans des techniques méta dont les justifications pragmatiques et épistémologiques étaient en jeu dans le projet. Objet central dans les interactions entre enseignants et l'équipe de recherche, cet objet pouvait *a priori* être évoqué et structuré par tous les acteurs. C'est ce phénomène que Star et Griesemer (1989) appellent la *flexibilité interprétative*⁸ ; la structuration de l'objet repose sur le fait que le concept de situation de recherche de problèmes est constitué à la fois de connaissances mathématiques, de connaissances didactiques, de connaissances pragmatiques de gestion de classe et directement lié aux praxéologies des acteurs. L'objet frontière possède ainsi une structure et chaque composante de cet objet peut être considérée à l'aune de l'institution dans laquelle elle vit. Du côté des enseignants, l'organisation de la classe, le lien avec les programmes, la gestion des débats constituaient les préoccupations premières de la mise en œuvre d'un problème « long » dans la classe. Du côté des chercheurs, le rôle de l'expérience et la nécessaire réflexion sur les résultats de l'expérience, les allers-retours entre expérience et la théorie mathématique sous-jacente

⁶ Démarches de Recherche pour l'Enseignement et l'Apprentissage des Mathématiques.

⁷ IREM de Lyon et INSPE de l'Académie de Lyon

⁸ « These objects may be abstract or concrete. They have different meanings in different social worlds but their structure is common enough to more than one world to make them recognizable » (Star et Griesemer, 1989, p. 393) « Ces objets peuvent être abstraits ou concrets. Ils ont des sens différents dans différents mondes sociaux mais leur structure est suffisamment commune dans ces mondes pour les rendre reconnaissables » (traduit par nous)

représentaient des composantes essentielles de l'objet frontière. La formation et le développement professionnel de tous les acteurs provient alors de la réflexion collective sur chacune de ces composantes, c'est-à-dire lorsque l'objet de travail accepté *a priori*, qui consistait à proposer un problème de mathématiques aux élèves, est devenu un objet frontière que les interactions ont permis de considérer. Des composantes *a priori* externes sont devenues internes à travers les actions des acteurs sur ces composantes. C'est l'ensemble de ces actions individuelles qui constituent l'activité collective sur l'objet frontière. Il est donc essentiel de mettre en évidence la nature de l'activité collective puisque c'est en effet à travers les analyses des actions sur l'objet frontière que ces phénomènes d'internalisation peuvent être décrits et compris. Nous reprenons, d'après Carlile (2004), la classification de l'activité sur un objet frontière selon les registres syntaxique, sémantique ou pragmatique des actions individuelles :

- un niveau syntaxique permettant aux acteurs de s'accorder sur les désignations des différentes composantes de l'objet frontière, que cette définition soit partagée collectivement ou non : « l'objet pour moi est... » ; c'est ce que Carlile (*ib.*) appelle le *transfert* ;
- un niveau sémantique, qui permet de s'accorder sur le sens donné aux différentes composantes de l'objet frontière favorisant la clarification du sens de l'usage de l'objet dans sa réalité, que ce sens soit mutuellement reconnu ou non : « je suis en train d'utiliser... » ; c'est ce que Carlile (*ib.*) appelle la *traduction* ;
- et un niveau pragmatique permettant d'intégrer des éléments de cet objet dans ses propres praxéologies afin de tendre vers des praxéologies partagées, en internalisant des composantes de praxéologies *a priori* externes ; ce registre est ainsi susceptible de produire de nouvelles connaissances, que cette perspective soit mutualisée ou non, ce que Carlile (*ib.*) appelle la *transformation* : « j'utilise cet objet pour... ».

Dans l'exemple développé, des phénomènes d'internalisation peuvent être mis en évidence à travers l'engagement des élèves et les connaissances acquises dans la recherche de problèmes par la mise en évidence par le professeur de ces apprentissages, mais aussi sur une vision transformée de ce que peuvent être les mathématiques : par exemple, dans l'activité des élèves, en développant une certaine forme de créativité. Et cette internalisation se retrouve aussi au niveau des enseignants et à un niveau méta-didactique sur une perception nouvelle de la discipline et sur les méthodes mises en œuvre dans la recherche de problèmes, bref en modifiant les praxéologies des acteurs. Au niveau des chercheurs, nous nous appuyons sur les témoignages et les entretiens faits avec les enseignants dans ce projet, pour dire que l'internalisation a également été perceptible du côté des chercheurs qui en particulier ont intégré les contraintes des classes dans un contexte particulier.

Pour s'engager un peu plus dans l'analyse, c'est maintenant au niveau micro que nous allons porter notre regard en considérant le cadre de la TMD comme un outil d'analyse. Nous regardons alors les motivations des acteurs à considérer l'une ou l'autre des composantes de l'objet frontière en lien direct avec leurs propres buts.

III - PRESENTATION DE CAS D'INTERACTIONS

Nous faisons l'hypothèse que le développement professionnel des enseignants – vu comme l'évolution de leurs praxéologies – émerge des interactions sur les composantes de l'objet frontière en jeu dans la réflexion portée dans une formation ou dans un travail de recherche collaborative. Les différents agents qui motivent et permettent ces actions, qui peuvent être observés à un niveau micro, déterminent les perceptions des activités collectives par chaque acteur et les situent par rapport à ses propres objectifs.

Différentes approches apportent des vues complémentaires comme le concept de participation (Zask, 2011) qui permet d'approfondir la nature des actions menées sur l'objet frontière et des engagements dans le travail collectif (Aldon *et al.*, 2020) :

« Les bénéfices individuels peuvent [...] soutenir et nourrir les activités sur l'objet frontière, suscitant alors des bénéfices individuels pour d'autres membres du collectif, mais également des bénéfices partagés par tous comme l'émergence de composantes inattendues de l'objet frontière, ou encore de praxéologies partagées. »
(p. 12)

La participation s'articule autour de trois figures :

- prendre part, qui est une démarche individuelle d'engagement et qui peut être reliée au concept de dévolution de la théorie des situations didactiques (Brousseau, 1998) ;
- apporter une part, qui consiste à s'investir en contribuant aux besoins du collectif et en participant à travers ses actions individuelles à l'activité collective ;
- recevoir une part, qui consiste à bénéficier en tant qu'individu de la collaboration et qui permet à chacun d'augmenter son intelligibilité de l'objet-frontière et son pouvoir d'agir avec cet objet, c'est-à-dire en internalisant des composantes des praxéologies issues des collaborations ; l'analyse des activités à la lumière de la participation permet alors de comprendre les processus en jeu dans la collaboration, dans une dialectique individu-collectif.

L'espace socio-cognitif construit autour de l'objet frontière se structure, s'apprécie et s'évalue tout au long des activités collectives menées par les acteurs. Le concept de *valuation* développé par Dewey (2008, 2011/1916) donne des clefs pour comprendre les mécanismes qui se jouent dans les interactions. Pour Dewey, dans les interactions, les protagonistes attribuent des valeurs aux propositions qui sont faites, en fonction de ses propres buts. Les valuations sont ainsi des déclencheurs ou des freins à l'engagement d'un acteur dans le travail collectif en favorisant ou non l'investissement personnel dans le collectif dans une chaîne continue de moyens et de fins. Les valuations peuvent ainsi être des indices qu'une activité de transfert, de traduction ou de transformation a lieu, ou au contraire que cette activité est empêchée ; lorsque chaque acteur attribue une valeur aux actions des autres acteurs, cette valeur, positive ou négative, se construit individuellement en lien avec les objectifs propres de chacun de façon à maintenir une cohérence du travail sur l'objet frontière (Nizet *et al.*, 2019).

Dans le cadre d'une recherche collaborative, l'analyse des interactions dans les dialogues peut bénéficier des travaux conduits autour du concept de *négociation* (Kerbrat-Orecchioni, 2001) pour mettre en évidence, lorsque des acteurs émettent des valuations contradictoires, les processus interactionnels pouvant conduire à des blocages ou au contraire permettant de stabiliser l'activité collective sur l'objet frontière (Monod-Ansaldi *et al.*, 2019). La négociation est ainsi un témoignage de l'engagement des acteurs au profit d'une compréhension mutuelle indispensable au travail collaboratif et participe au partage de praxéologies.

Les phénomènes de participation, de valuation, de négociation entretiennent entre eux des relations permettant de comprendre et d'analyser la dynamique des activités collectives sur l'objet frontière. Dans cette perspective, la mise en évidence des agents qui facilitent les interactions et façonnent les composantes praxéologiques du niveau macro permettent de comprendre les différentes interactions au niveau micro. Nous nous appuyons dans cette partie sur des échanges entre les protagonistes dans le cadre du projet

FaSMEd⁹ déjà rapidement présenté. Le développement professionnel de tous les acteurs s’est produit dans la collaboration autour de « l’évaluation formative et les technologies » et plus particulièrement sur l’utilisation des technologies pour le développement de stratégies d’évaluation formative dans la classe de mathématiques. Les agents sur lesquels les interactions se bâtissaient étaient à la fois institutionnels, le projet européen dans le contexte de la classe et de l’école, méthodologiques et technologiques. En nous appuyant sur les travaux de FaSMEd, nous avons mené en parallèle une recherche sur la collaboration dans les différents clusters français organisés dans le cadre du projet européen. Afin de suivre les évolutions et apprécier les *transformations*, au sens de Carlile (2004), nous avons adopté une méthodologie de recueil systématique des données lors des interactions avec les enseignants : enregistrement des réunions, sauvegarde des messages échangés, transcription des observations dans les classes et bien sûr le recueil des données traitées par le logiciel associé aux boîtiers de vote. L’hypothèse fondamentale était en effet de considérer les évolutions des praxéologies sur un temps long (Figure 2) pour mettre en évidence des transformations. Nous ne discutons pas ici des résultats du projet qui peuvent être consultés sur les sites de FaSMEd¹⁰ ou dans Aldon et Panero (2020). Ce qui nous intéresse dans la suite, ce sont plutôt les analyses qui peuvent être faites à l’aune de la TMD, pour mettre en évidence les transformations au sens de Carlile (2004), qui participent au développement professionnel des acteurs du projet.

En particulier, les agents ont constitué des loupes permettant de mettre en évidence des composantes de l’objet frontière suffisamment problématiques mais aussi suffisamment proches des préoccupations de tous les acteurs pour être discutées et travaillées collectivement.

Dans l’exemple qui est développé dans cette partie, les enseignants faisaient utiliser aux élèves des boîtiers de vote, associé à un logiciel qui permettait de recueillir les réponses de la classe et les présentait sous forme de tableau. Du point de vue de la recherche, les cadres théoriques de l’évaluation formative étaient ceux développés par Wiliam et Thompson (2007) et Black et Wiliam (2009) pour lesquels les élèves et l’enseignant « utilisent les preuves des apprentissages pour adapter l’enseignement et l’apprentissage afin de satisfaire des besoins immédiats quotidiennement » (Wiliam et Thompson, 2007).

2015		2016
<p>Phase 1</p> <p>Premières expérimentations de QCM à utiliser pour une évaluation formative avec les clickers.</p> <p>thème : fractions</p> <p>classe : CM2</p>	<p>Phase 2</p> <p>Deuxième année d'expérimentation des "QCM d'évaluation formative" avec les clickers</p> <p>thème : numération</p> <p>classe : CE1</p>	<p>Phase 3</p> <p>Réflexion sur le dispositif "QCM d'évaluation formative" avec les clickers.</p>

Figure 2. Observations et recueil des données sur les deux années du projet

⁹ Formative Assessment for Sciences and Maths Education

¹⁰ <https://microsites.ncl.ac.uk/fasmedtoolkit/> pour l’ensemble du projet européen et <https://ife.ens-lyon.fr/fasmed/> pour la partie française.

Dans la première phase, nous avons mis en évidence les praxéologies méta-didactiques des enseignants faisant face à l'évaluation des acquis des élèves. Les techniques mises en œuvre reposaient sur des évaluations sommatives, essentiellement sous forme écrite. Les enseignants ont ainsi mobilisé des agents technologiques et méthodologiques en s'appuyant sur la forme du recueil d'informations et sur ce que ces informations peuvent apporter pour la compréhension des acquis ou des difficultés des élèves. L'extrait qui suit, issu d'une réunion qui s'est déroulé après quelques mois de travail, met en évidence ces différents niveaux de discours. Les protagonistes – des enseignants (PE), des conseillère pédagogique de circonscription (CPC) et des chercheurs (Ch) – discutent d'un questionnaire à choix multiples (QCM), préparé par les enseignants pour être passé avec les boîtiers de vote mais qu'elles souhaitent donner aussi par écrit en utilisant des questions ouvertes en accord avec leurs praxéologies.

1. Ch1 : Ca, ça peut être quelque chose à proposer, dans un deuxième temps, peut-être, ...
2. Ch2 : laisser ouverte quelques questions
3. Ch1 : laisser ouverte quelques questions
4. PE : et c'est vrai, c'est ce qu'on s'était dit et ce qui aurait pu être intéressant, c'est de leur faire faire par écrit, pour voir la différence... Est-ce que ça fait une différence, est-ce qu'on observe des différences ou pas [...]
5. PE : Est-ce que la technologie, ça fait que ça induit des réponses différentes, c'est la question qu'on se posait.
6. Ch2 : Uhmm, uhmm
7. PE : juste pour avoir, ... pourquoi pas
8. Ch2 : là la différence c'est que c'est un QCM et une réponse ouverte
9. PE : oui... ou alors il faudrait le présenter...
10. CPC : il faudrait qu'ils aient mémorisé toutes les propositions pour pouvoir être en difficulté à l'écrit
11. Ch1 : non, c'est la même, c'est la question que tu posais, il y a une démarche différence entre une réponse ouverte et un choix entre trois réponses qu'il faut...
12. Ch2 : mais c'est pas dû à la technologie
13. Ch1 : oui, c'est pas dû à la technologie
14. CPC : non, c'est autre chose
15. PE : c'est la modalité d'évaluation.
16. CPC : faut qu'on ait conscience qu'on leur demande pas la même chose
17. [...]
18. Ch1 : Ce que j'aimerais mieux qu'on pense à regarder c'est comment on peut faire en sorte que les élèves qui n'ont pas réussi à certains endroits, comment on peut les amener à réussir.

Dans cet extrait, on peut distinguer des composantes de l'objet frontière, les QCM, les questions ouvertes, les boîtiers de vote, etc. A travers les agents méthodologiques (ici l'usage de QCM *versus* l'usage de

questions ouvertes) et les agents technologiques (ici l'usage de boîtiers de vote), les dialogues conduisent à modifier la perception de l'objet frontière en mettant en évidence des actions de transfert et de traduction. Dans la première partie (lignes 1 à 7), les actions permettent de fixer le vocabulaire et de distinguer ces agents ; il s'agit ici d'une action de transfert, à un niveau syntaxique, permettant à tous d'utiliser un vocabulaire partagé. Dans la deuxième partie du dialogue, c'est une action de traduction qui permet au niveau sémantique de s'accorder sur le sens du recueil des données lorsqu'il s'agit d'un QCM ou d'une question ouverte, en distinguant d'une part les modalités d'évaluation et d'autre part l'usage ou non des technologies. Il est bien sûr impossible de voir dans un extrait les effets de ces actions sur les praxéologies des acteurs et c'est uniquement en faisant un suivi sur toute la durée des interactions qu'il est possible de mettre en évidence des évolutions. Dans la dernière ligne de cet extrait, le chercheur amène l'attention du groupe de travail vers une idée d'évaluation formative, ce qui a pour conséquence de partager une praxéologie méta-didactique en agissant sur un agent méthodologique. Ainsi, dans la suite des leçons, qui portent sur les fractions, l'évaluation de la compréhension de cette notion, ce qui constitue un type de tâche au sens de Chevallard (1988), amène les enseignants à proposer des techniques qui consistent à créer des questions pour chaque objectif d'apprentissage repéré, à les proposer sous forme de QCM pour pouvoir créer des groupes de remédiation et re-proposer un nouveau QCM ciblé. Un peu plus tard, dans la même réunion, le dialogue montre que ces actions de transfert et de traduction permettent de mieux s'entendre et de construire ensemble une situation d'évaluation formative. Dans l'extrait qui suit, on voit les protagonistes se compléter mutuellement les phrases montrant ainsi l'accord et la compréhension des enjeux de la construction commune :

1. PE : Est-ce qu'on va leur reproposer quelque chose qui va les mettre dans une situation qui va les faire réussir la prochaine fois ?
2. Ch1 : Oui, oui. C'est ça, tout à fait.
3. CPC : [...] C'est pour ça que le choix des... J'ai essayé de varier, parce que tu vois par exemple.
4. PE : Mais ça c'est bien que du coup on va se retrouver avec... et que du coup on va se faire peut-être aussi nous-mêmes des allers-retours entre ce qu'on peut observer dans les exercices qui ont été échoués dans la globalité et qu'on se dise, ben, peut-être qu'on les a pas suffisamment confrontés à des situations...
5. Ch1 : qui leur permettent de comprendre cette...
6. CPC : Voilà.
7. PE : Cette représentation, ouais.

Le discours se déplace à un niveau pragmatique sans qu'on puisse encore parler de transformation puisqu'il s'agit encore non pas d'une mise en œuvre et d'une modification de praxéologies mais de déclarations qui montrent cependant une compréhension commune.

Pendant la deuxième année scolaire, les praxéologies didactiques sont effectivement mises en œuvre, comme l'ont montré les observations en classe. Devant le même type de tâche (évaluer les acquis des élèves) les techniques mises en œuvre ont évolué prenant en compte les cadres théoriques de l'évaluation formative et en particulier en proposant aux élèves de réfléchir à leurs propres apprentissages dans une démarche de développement métacognitif en profitant des fonctionnalités offertes par la technologie.

Le dialogue suivant se situe au début de la phase 2 (Figure 2). Les enseignants et les chercheurs se retrouvent sur les principes d'évaluation formative prenant en compte des agents motivationnels :

1. PE : et alors par contre c'est rigolo c'est que Mél. [*une élève de la classe*] me disait euh: « mais du coup j'ai pas eu besoin de calculer dans ma tête ». J'ai trouvé ça étonnant. Je lui dis « mais »
2. Ch2 : hum hum
3. PE : comme si le boîtier elle me disait « mais j'ai pas eu besoin » mais je lui dis « mais du coup comment est ce que tu as répondu »
4. Ch1 : c'est pas une calculatrice !
5. PE : c'est pas une calculatrice, c'est pas l'objet qui a calculé à ta place et du coup c'est, pour certains, c'est vrai que c'était étonnant parce que du coup ils avaient l'impression que ça avait un côté magique.

Ainsi, dans les praxéologies, se rajoutent des justifications des principes d'évaluation formative par l'utilisation des technologies qui se cristallisent à la fois dans une visée pragmatique et motivationnelle.

Enfin, ce dernier extrait se situe à la fin de la troisième phase (Figure 2) et, outre les protagonistes qui ont déjà été présents dans les extraits précédents, se rajoute le directeur de l'école (D) :

1. D : il y a une distance et un regard comme ça différent qui va t'amener à te dire ah ouais mais là peut être que l'échec il vient pas d'eux... ils savent pas compter c'est parce que en fait ce que tu leur as proposé c'est pas de, c'est pas de compter tu vois [...] parce que effectivement des fois nous on est dans notre truc, ils comprennent pas et en fait c'est parce que oui en fait c'est nous : on n'a pas proposé, posé la problématique de de de et c'est vrai !
2. Ch1 : oui et en même temps c'est vrai dans l'autre sens
3. D : ouais
4. Ch1 : parce que vous vous apportez plein de trucs qui sont la réalité [...] c'est pas simplement rêver l'enseignement sans élèves.
5. PE : oui qu'est ce que c'est effectivement praticable
6. Ch1 : qu'est ce qui est praticable qu'est ce qu'on peut vraiment faire...
7. PE : et comment on peut transposer des choses effectivement.

Tous les acteurs reconnaissent ici l'intérêt des regards différents et les agents méthodologiques et motivationnels permettent de mettre en évidence une transformation sur la durée du projet. Et c'est intéressant de lire (ligne 7) que c'est la PE qui utilise le terme « transposer » !

À travers les analyses de quelques extraits, nous avons pu montrer qu'un développement professionnel s'est produit en co-construisant sur un temps long une praxéologie partagée entre chercheurs et enseignants ; cette praxéologie est méthodologiquement fondée sur les principes d'évaluation formative et utilise efficacement la technologie pour implémenter les stratégies d'évaluation formative. Ces stratégies, effectivement praticables et mises en place dans les classes, ont permis de mieux cibler les difficultés des élèves et d'intervenir de façon plus efficace.

Afin que des dynamiques se produisent, il est nécessaire de travailler sur un objet frontière qui soit d'intérêt pour les deux communautés, même si c'est avec des objectifs différents.

Afin d'activer ces dynamiques, une stratégie efficace des formateurs peut être celle d'identifier les agents (méthodologiques, technologiques, motivationnels, ...) en jeu et favoriser l'activation d'autres agents et leurs interactions.

IV - DISCUSSION ET CONCLUSION

Les phénomènes de collaboration, dans des dispositifs de formation ou de recherches collaboratives, sont complexes et ne peuvent être décrits ou analysés de façon simple. Tout au contraire, il y a une nécessité d'utiliser des cadres, des notions et des concepts issus de différents champs de la recherche tout comme il est nécessaire de tenir compte des techniques développées par des praticiens et des justifications qu'ils en donnent. Les phénomènes de transformation au sens de Carlile (2004) constituent des marqueurs importants de l'évolution de la compréhension et de l'utilisation des objets de travail en construisant et en expérimentant des praxéologies en accord avec l'institution dans lesquelles elles se déploient. Le partage de praxéologies, c'est-à-dire le résultat de l'internalisation, s'effectue en observant les actions sur l'objet frontière et les effets de ces actions sur l'appréhension de cet objet par les partenaires du travail collectif et son usage dans les institutions.

Le modèle d'analyse présenté ici a été utilisé, d'une part, pour comprendre et améliorer l'organisation méthodologique de recherches collaboratives et, d'autre part, pour mettre en place des formations (Robutti *et al.*, 2019) ou des recherches orientées pas la conception (Cusi *et al.*, 2017 ; Nizet *et al.*, 2019 ; Aldon et Panero, 2020). Les résultats qui ressortent de ces analyses nous encouragent à poursuivre ce travail.

D'une part, le cadre permet de mettre en évidence des éléments particulièrement utiles pour l'analyse d'un projet de recherche collaborative. L'exemple de FaSMEd montre que, dans un contexte particulier, où l'évaluation formative est l'objet frontière sur lequel les enseignants et les chercheurs ont travaillé ensemble, le travail collaboratif permet de mettre en évidence certaines propriétés de l'objet frontière qui n'auraient pas été mises en évidence par l'une ou l'autre communauté travaillant seule. En particulier, la fertilisation croisée d'un point de vue théorique, apporté par les chercheurs, et d'un point de vue professionnel, proposé par les enseignants, met en lumière la nécessaire prise de conscience des stratégies d'évaluation formative et des propriétés de la technologie utilisée. A travers les objets frontières mis en évidence dans la construction d'une séquence, le dialogue enrichit la perception de chacune des parties et modifie les praxéologies relatives à un type de tâche en internalisant des concepts ou des méthodes d'autres communautés.

D'autre part, ce cadre permet d'analyser et de justifier théoriquement la recherche orientée par la conception dans ce qu'elle propose comme développement professionnel et comme enrichissement théorique. Les équipes d'enseignants et de chercheurs, engagées dans un processus de recherche orientée par la conception, bénéficient d'un développement professionnel construit sur le travail collaboratif. Le cadre de la TMD peut montrer l'évolution des praxéologies et contribuer à la compréhension d'un niveau de méta-réflexion nécessaire pour une utilisation pragmatique des objets dans sa propre pratique. La double dialectique et l'internalisation des composantes ont eu un impact direct sur tous les acteurs

impliqués, mais plus généralement leur analyse donne des informations qui peuvent être utiles pour développer des situations de formation ou de recherche collaborative.

Dans cette description de la TMD, modèle théorique des processus de collaboration, nous avons mis en évidence que pour faire face à la complexité d'une situation, des concepts issus de différents champs de recherche étaient nécessaires. Ainsi, la question de la complémentarité des approches théoriques dans le champ de la didactique des mathématiques ouvrent un champ d'investigation qui ne devrait pas se limiter à la comparaison de cadres issus de la didactique mais s'inspirer, dans la mesure du possible, de concepts provenant d'autres champs de recherche en Sciences Humaines. Pour reprendre le cadre du « *networking of theories* », développé par Bikner-Ahsbabs et ses collègues (2020), la construction de ce cadre théorique relève d'une intégration locale rendue possible grâce à la cohérence épistémologique des concepts envisagés.

V - BIBLIOGRAPHIE

Akkerman, S., et Bakker, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. *Review of Educational research*, 81, 132-169.

Aldon, G., Arzarello, F., Cusi, A., Garuti, R., Martignone, F., Robutti, O., et Soury-Lavergne, S. (2013). The meta-didactical transposition: a model for analysing teachers education programs. In Lindmeier, A.M., Heinze, A. (eds.), *Proceedings of the 37th conference of the international group for the psychology of mathematics education. — Mathematics learning across the life span*, Jul 28-Aug 02, Vol. 1., 97-124, Kiel, Germany: PME.

Aldon, G., et Garreau, O. (2017). Un dispositif de recherche de problèmes de mathématiques au cycle 3, *Repères IREM*, 108, 26-40.

Aldon, G., et Panero, M. (2017). Quelques réflexions développées dans un travail collaboratif entre chercheurs et enseignants dans un contexte d'évaluation formative. In T. Barrier et C. Chambris (eds.), *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques Année 2017*, Paris.

Aldon, G., et Panero, M. (2020). Can digital technology change the way mathematics skills are assessed?. *ZDM Mathematics Education*, 52, 1333–1348.

Aldon, G., Monod-Ansaldi, R., Nizet, I., Prieur, M. et Vincent, C. (2020). Modéliser les processus de collaboration entre acteurs de l'éducation et de la recherche pour la construction de savoirs. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 22(3), 89–109. <https://doi.org/10.7202/1081289ar>

Arzarello, F., Robutti, O., Sabena, C. Cusi, A., Garuti, R., Malara, N., et Martignone, F. (2014). Meta-didactical transposition: A theoretical model for teacher education programmes. In A. Clark-Wilson, O. Robutti et N. Sinclair (Eds.), *The Mathematics Teacher in the Digital Era*. Dordrecht: Springer Science+Business Media.

Bikner-Ahsbabs, A. (2020). Networking of Theories reconsidered, in Barzel, B., Bebernik, R., Göbel, L., Pohl, M., Ruchniewicz, H., Schacht, F., et Thurm, D. (Eds.). *Proceedings of the 14th International Conference on Technology in Mathematics Teaching – ICTMT 14*. Essen, Germany, 22nd to 25th of July 2019. Essen: Universität Duisburg-Essen.

- Black, P., et Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31.
- Brière, F., et Simonet, P. (2021). Développement professionnel et co-construction de savoirs de métier d'étudiants stagiaires dans l'activité conjointe avec le formateur-chercheur, *Éducation et didactique*, 15(1), 49-76
- Brousseau, G. (1998). *Théories des situations didactiques*. La pensée Sauvage, Grenoble.
- Carlile, P. R. (2004). Transferring, translating, and transforming: An integrative framework for managing knowledge across boundaries. *Organization Science* 15(5), 555-568.
- Chabanne J.-C., Monod-Ansaldi, R. et Loisy, C. (2016). Faire le lien entre la pratique et la recherche pour transformer l'école ? Le dispositif LéA de l'IFE comme laboratoire de l'innovation en recherche-intervention-formation. Analyse du cas particulier d'un LéA impliquant une ESPE. Dans B. Marin et D. Berger (dir.), *Recherches en éducation, recherches sur la professionnalisation: consensus et dissensus*. Paris: Réseau national des ESPE.
- Chevallard, Y. (1988). Esquisse d'une théorie formelle du didactique, Communication au premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique (CIRM, Marseille, 16-21 novembre 1986). Paru dans C. Laborde (dir.), *Actes du premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique*, 97-106. Grenoble: La pensée sauvage.
- Clark-Wilson, A., Robutti, O. et Sinclair, N. (2014). *The Mathematics Teacher in the Digital Era*. Dordrecht: Springer Science+Business Media.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., et Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Cusi, A., Morselli, F., et Sabena, C. (2017). Promoting formative assessment in a connected classroom environment: design and implementation of digital resources. *ZDM Mathematics Education*, 49, 755–767.
- Desgagné, S. et Bednarz, N. (2005). Médiation entre recherche et pratique en éducation: faire de la recherche «avec» plutôt que «sur» les praticiens. *Revue des sciences de l'éducation*, 31(2), 245-258.
- Dewey, J. (2008). La théorie de la valuation, Tracés. *Revue des sciences humaines*, 15(2), 217-228. Repéré à <http://traces.revue.org/833>
- Dewey, J. (2011). *Démocratie et éducation [Democracy and education]*. Paris: Armand Colin. (Ouvrage original publié en 1916).
- Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156.
- Gardes, M.-L. (2018). Démarches d'investigation et problèmes de recherche. In G. Aldon, *Le Rallye mathématique, un jeu très sérieux !* (73-96). Canopé Editions.
- Kerbrat-Orecchioni, C. (2001). L'analyse des interactions verbales: la notion de négociation conversationnelle, défense et illustration. *Lalies*, 20, 63-141.
- Monod-Ansaldi, R., Aldon, G., et Vincent, C. (2019). Objets frontières et brokering dans les négociations en recherche orientée par la conception, *Education et Didactique*. 13(2), 61-84.

Nizet, I., Monod-Ansaldi, R., Aldon, G. Prieur, M., et Criquet, A. (2019). L'analyse de évaluations dans une démarche collaborative de recherche. *La Revue LEEe*, 1. <https://revue.leee.online/index.php/info/article/view/47>

Panero, M., et Aldon, G. (2016). How teachers evolve their formative assessment practice when digital tools are involved in the classroom. *Digital Experience in Mathematics Education*, 2, 70–86.

Robutti, O., Prodromou, T., et Aldon, G. (2020). Teachers' involvement in Designing MERLO Items : Boundary Crossing, *Digital Experience in Mathematics Education*, 7, 276–300, Published on line: <https://rdcu.be/b7P5g>

Robutti, O., Aldon, G., Cusi, A., Olsher, S., Panero, M., Cooper, J., Carante, P., et Prodromou, T. (2019). Boundary Objects in Mathematics Education and Their Role across Communities of Teachers and Researchers in Interaction. In G. M. Lloyd et O. Chapman (Eds.), *International Handbook of Mathematics Teacher*, 2nd Edition. Volume 3: Participants in Mathematics Teacher Education, 211-240. Leiden, (The Netherlands): Brill-Sense.

Ruchniewicz, H., et Barzel, B. (2019). Technology supporting student self-assessment in the field of functions. A design-based research study in G.Aldon et J. Trgalova (Eds.), *Technology in mathematics teaching*, 49-74, Springer Nature, Switzerland.

Sanchez, E., et Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception. Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement-apprentissage. *Éducation et didactique*, 9(2), 73-94.

Star, S. L. et Grisemer, J. R. (1989). Institutional ecology, «translations» and boundary objects: Amateurs and professionals, Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-1939. *Social Studies of Science*, 19(3), 387-420.

Star, S. L. (2010). This is not a boundary object: Reflections on the origin of a concept. *Science, Technology & Human Values*, 35(5), 601–617.

Tillion, G. (2009). *Fragments de vie*. Paris: Seuil. (Ouvrage original publié en 1907).

Vinatier, I., et Morissette, J. (2015). Les recherches collaboratives: enjeux et perspectives. Dans I. Vinatier et J.-L. Rinatier (dir.), *Rencontre entre chercheurs et praticiens: quels enjeux?* 135-168, Paris: Armand Colin.

William, D., et Thompson, M. (2007). Integrating assessment with instruction: What will it take to make it work? In C. A. Dwyer (Ed.) *The future of assessment: shaping teaching and learning* (53-82). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Zask, J. (2011). *Participer. Essai sur les formes démocratiques de la participation*. Paris: Le Bord de l'eau.