

QUELQUES REFLEXIONS DEVELOPPEES DANS UN TRAVAIL COLLABORATIF ENTRE CHERCHEURS ET ENSEIGNANTS DANS UN CONTEXTE D'ÉVALUATION FORMATIVE

Gilles **ALDON***

Monica **PANERO****

*IFÉ-ENS de Lyon

**INVALSI-Universita di Torino

gilles.aldon@ens-lyon.fr

Résumé

Le contexte de la recherche présentée est celui du projet européen FaSMEd qui s'intéressait à la mise en œuvre de stratégies d'évaluation formative médiées par la technologie. Dans cette perspective d'évaluation pour l'apprentissage, nous présentons un travail à double facette. D'une part, nous traitons de l'évaluation formative avec les technologies et de la représentation graphique d'une fonction comme objet frontière entre les mathématiques et les sciences mais aussi d'une façon interne aux mathématiques comme représentation sémiotique essentielle à la construction des connaissances sur les fonctions. D'autre part, nous abordons la méthodologie de la recherche construite sur le paradigme de la recherche orientée par la conception. L'évaluation formative apparaît alors comme un objet frontière, dans un sens qui sera précisé, entre la communauté des chercheurs et celle des enseignants.

Mots clés

Transposition méta-didactique, évaluation formative, praxéologies, objets frontières.

INTRODUCTION

Le contexte de la recherche présentée ici est le projet européen FaSMEd (Formative Assessment for Sciences and Maths Education¹) qui s'est terminé à la fin de l'année 2016. Ce projet a impliqué un ensemble de partenaires internationaux ayant tous des compétences reconnues dans l'analyse et la mise en œuvre de pédagogies fondées sur l'investigation scientifique intégrant l'usage des technologies. Le but de ce projet a été de considérer le rôle des technologies dans l'évaluation formative des élèves en sciences et en mathématiques.

Les objectifs de ce projet ont été énoncés de la manière suivante :

- produire un ensemble de ressources et de méthodes (ce que l'on nomme « une boîte à outils ») pour accompagner le développement de pratiques dans une perspective de développement professionnel des enseignants,
- construire des approches de l'évaluation formative utilisant les technologies,

¹The research leading to these results reported in this article has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme fp7/2007-2013, under grant agreement No 612337.

- diffuser les résultats des recherches sous forme de ressources en ligne, de publications professionnelles et de recherche².

Chacun des partenaires du projet a travaillé avec un ensemble d'écoles dans une perspective de recherche orientée par la conception (Design Based Research dans la littérature anglo-saxonne) (Wang & Hanafin, 2005 ; Swan, 2014), c'est à dire une conception de leçons travaillées conjointement par les enseignants et les chercheurs, mises en œuvre dans les classes et analysées, en s'appuyant sur des cadres théoriques, pour une reformulation et une nouvelle implémentation en classe. Dans le cas de la France, les niveaux des classes concernées varient de l'école primaire (CM1-CM2) au lycée (classe de 2^{de}) en passant par le collège (classes de 5^e, 4^e et 3^e)³. Les enseignants concernés travaillent en mathématiques ou en sciences, ou encore autour d'objets frontières en mathématiques et en sciences dans une perspective de co-disciplinarité (Prieur, 2016). La recherche associée à ce projet de conception porte à la fois sur les questions d'analyse du rôle des technologies dans la mise en œuvre de stratégies d'évaluation formative et sur la méthode elle-même de recherche orientée par la conception. Il y a ainsi deux niveaux d'analyses qui sont présentés dans ce texte, d'une part pour analyser la mise en œuvre dans les classes de l'évaluation formative et, d'autre part, pour questionner la méthode et en particulier la conception collaborative lorsqu'elle implique deux communautés avec des connaissances et des objectifs distincts mais non incompatibles ! Du point de vue du projet FaSMEd, l'ensemble des partenaires s'est entendu pour construire, observer et analyser des séquences mettant en œuvre l'évaluation formative sur un thème commun, utilisable à la fois en mathématiques et en sciences de façon à pouvoir mener des analyses croisées⁴. Le thème retenu a été celui des représentations graphiques, présentes aussi bien en mathématiques qu'en sciences. Un des aspects importants de l'évaluation formative est la prise en compte des connaissances initiales des élèves et la cohérence entre les notions enseignées en mathématiques et en physique est un préalable d'un travail co-disciplinaire. Nous partons de ce thème pour analyser ce dialogue entre mathématiques et physique dans la classe dans la perspective d'évaluation formative avec les technologies. Par ailleurs, la méthode retenue comme commune aux différents partenaires du projet est aussi objet de recherche pour comprendre, analyser et formaliser les apports des recherches orientées par la conception. Cette deuxième analyse est construite à partir des traces des interactions entre chercheurs et enseignants sur l'ensemble des trois années du projet. Dans ce texte, nous présentons les outils d'analyse et illustrons leurs effets sur des exemples issus du travail de FaSMEd.

CADRE ET METHODOLOGIE

Recherche orientée par la conception

Dans la perspective d'une recherche orientée par la conception (Sanchez & Monod-Ansaldi, 2015), nous décrivons le travail conjoint d'une équipe de professeurs d'un collège, enseignants en mathématiques et en sciences, et des chercheurs impliqués dans le projet FaSMEd. Les séquences d'évaluation formative ont donné lieu à des observations sous plusieurs formes :

- retour réflexif des enseignants qui tenaient un journal collaboratif,
- observations en classe et enregistrements vidéo,
- réunions de travail entre enseignants et chercheurs (enregistrements audio),
- rédaction collaborative de la boîte à outils FaSMEd.

²Le site du projet : <http://www.fasmed.eu> ; le site français du projet : <https://ife.ens-lyon.fr/fasmed/>

³Grades 4, 5, 7, 8 et 9 and 10

⁴http://microsites.ncl.ac.uk/fasmedtoolkit/files/2016/09/D5-2_report-cross-comparative-of-case-studies.pdf

L'ensemble de ces outils de recueils de données a été mis en œuvre sur la longueur du projet (3 ans) permettant plusieurs itérations pour construire et améliorer les productions dans la perspective d'une recherche orientée par la conception.

Évaluation formative

Le cadre de l'évaluation formative est vaste et il est important de pouvoir préciser la définition utilisée de ce concept né dans le paradigme de la pédagogie par objectif (Scriven, 1967) d'une volonté de mettre en rapport les performances des élèves avec les objectifs d'enseignement en les comparant aux objectifs comportementaux construits. Cette acception de l'évaluation formative plaçait au centre la construction et la déclinaison des objectifs d'une formation en précisant les résultats attendus pour prendre des décisions et faire des choix en décidant *a priori* des éléments importants et en pouvant donner une justification de ces choix éthiquement satisfaisante. Mais cette visée d'évaluation formative portait essentiellement sur les objectifs, construction externe à l'apprentissage, et conduisait à un découpage des objectifs qui d'une façon pratique permettait de mesurer l'adéquation entre les apprentissages et ces objectifs. Le concept d'évaluation formative bascule vers une centration sur l'apprenant grâce aux travaux de De Ketele (1993), Allal (1983, 1991), Cardinet (1986), Perrenoud (1989). Cette distinction entre les centrations possibles de l'évaluation formative et les perspectives d'enseignement-apprentissage est bien mise en évidence par Taras (2012, p. 4) :

In the past 40 years great changes have taken place in learning and teaching, and a strange separation appears with assessment. Whereas the former has developed pedagogies according to learner and learning-centred rationales, assessment has not followed these logical developments and remained essentially teacher-centred.

Dans une perspective d'évaluation *pour* l'apprentissage, le modèle proposé par Wiliam et Thompson (2007) donne à l'enseignant, à l'élève individuel et aux élèves à l'intérieur de l'institution classe, un rôle quant aux stratégies d'évaluation supportant l'apprentissage. Le modèle bidimensionnel qui en résulte prend en compte le croisement entre les questions fondamentales de l'évaluation : où l'apprenant en est-il ? Où doit-il aller ? Comment l'y conduire ? Ces questions, croisées avec le rôle des acteurs conduisent à se focaliser sur les stratégies d'évaluation formative permettant de prendre en compte les rétroactions pour un réajustement permanent de l'enseignement et de l'apprentissage :

Une pratique, dans la classe, est formative dans la mesure où des preuves des apprentissages des élèves sont perçues, interprétées et utilisées par le professeur, l'élève ou ses pairs, afin de prendre des décisions concernant les prochaines étapes de l'enseignement qui seraient meilleures ou mieux fondées que les décisions qui auraient été prises en l'absence de ces preuves. (trad. de Black & Wiliam, 2009, p.7)⁵

Dans cette définition, outre les éléments constitutifs de l'évaluation formative (prendre de l'information, traiter l'information, restituer les résultats de ce traitement), elle apparaît comme un pari (« that are likely to be better or better founded ») qui se construit sur l'efficacité des situations d'apprentissage proposées et qui relie l'évaluation formative à l'évaluation pour apprendre (assessment for learning). Dans le projet FaSMEd, c'est cette définition de l'évaluation formative qui a été le point de départ du travail, augmentée par les propriétés potentielles de la technologie. Ainsi, à partir du modèle bidimensionnel de Wiliam et Thompson, nous avons développé un modèle tridimensionnel incluant les propriétés de la technologie classées en trois composantes : transmettre et afficher, traiter et analyser et pourvoir un environnement dynamique. Ces trois dimensions permettent de modéliser la dynamique des stratégies d'évaluation formative dans la continuité de la classe. A partir de cette réflexion théorique sur les fondements du travail du projet européen, nous

⁵Practice in a classroom is formative to the extent that evidence about student achievement is elicited, interpreted, and used by teachers, learners, or their peers, to make decisions about the next steps in instruction that are likely to be better, or better founded, than the decisions they would have taken in the absence of the evidence that was elicited.

avons construit des situations avec les enseignants pour constituer une boîte à outils et en étudier les effets sur l'apprentissage dans la mise en œuvre en classe mais aussi pour mettre à l'épreuve le modèle d'analyse résultant des réflexions conjointes sur l'évaluation formative et l'usage des technologies.

Objets frontières

Le projet européen s'appuyait sur une méthodologie de « design based research » dont Wang et Hannafin (2005, p. 7) précisent les cinq caractéristiques de base : pragmatique ; fondée ; interactive, itérative, et flexible ; intégrante ; et contextuelle.

Cette méthodologie s'appuie sur un travail collaboratif entre chercheurs et enseignants sur un ou des « objets » que chacune des deux parties doit pouvoir étudier et utiliser pour en tirer avantage dans sa pratique. Ainsi, cette méthodologie n'a pas comme unique but d'améliorer les pratiques mais aussi interroge à travers le processus des questions théoriques sur les fondements du travail réalisé (Sanchez & Monod-Ansaldi, 2015). Les objets sur lesquels le travail conjoint porte sont caractérisés par le fait que les deux communautés peuvent aborder et travailler *a priori* avec et sur eux, même si l'acception qui en est faite par chacune des deux communautés peut différer. Nous rejoignons ainsi les définitions des « objets frontières », proposées par Star et Grisener (1989) dans un contexte ethnographique, des mécanismes de coordination du travail scientifique. Ce concept a été largement repris dans la littérature dans des contextes variés. Plus précisément, si les objets frontières sont un *arrangement* qui permet à différents groupes de travailler ensemble sans consensus préalable, ils constituent un pont entre communautés, agissant souvent comme pont entre un usage faiblement structuré et une théorisation construite. L'objet frontière s'entend alors comme un dispositif permettant d'amorcer un travail commun et assurant une suffisante flexibilité interprétative pour que plusieurs communautés puissent trouver un intérêt à son étude ou à son usage. Le terme « objet » peut désigner à la fois une chose matérielle et un conteneur symbolique contenant des informations et des propriétés créées à partir d'un modèle duquel il peut hériter les caractéristiques. Ainsi, le terme « objet » se rapporte plus à l'objet du paradigme de la programmation-objet qu'à celui de chose tangible et manipulable. La frontière de la même façon n'est pas vue comme une ligne de démarcation, mais plutôt comme un territoire partagé sur lequel il est possible de s'entendre :

[...] dans notre cas, le mot est utilisé pour désigner un espace partagé, le lieu précis où le sens de l'ici et du là-bas se rejoignent. (Star, 2010, p. 20)

L'objet lui-même dans son évolution modifie la frontière et les activités qui s'y construisent peuvent évoluer au fur et à mesure du temps qui y est consacré (Trompette & Vinck, 2009). L'activité de transfert correspond à une situation où un vocabulaire commun a été mis en place ou est *a priori* constitué. L'activité de traduction amène les protagonistes à construire un compromis suffisant pour s'entendre sur l'objet d'étude dans le cadre spécifique de leur discussion commune :

L'objet frontière est alors un médiateur cognitif ; il constitue une zone de transaction des perspectives en présence. (ibid., p. 13)

Enfin, l'objet frontière devient un médiateur social et la transformation de sa perception impose une construction, plus ou moins négociée, qui fait loi dans la poursuite du travail entre communautés. Cette négociation peut être la démonstration d'une prise de pouvoir mais aussi peut être acceptée comme une évolution des perspectives de travail avec l'objet dans une dimension de formation et de développement professionnel que nous pouvons relier au phénomène d'internalisation de la transposition méta-didactique que nous présentons plus loin.

Dans le cas du projet européen FaSMEd, nous pouvons considérer les objets frontières à deux niveaux. D'une part dans le dialogue entre disciplines (mathématiques, sciences physiques et chimiques, sciences de la vie et de la terre) et d'autre part dans le dialogue entre enseignants et chercheurs. Un livrable du projet européen consistait en une analyse croisée dans les différents pays d'une séquence d'évaluation formative dans la classe. Pour mener à bien cette analyse, le thème des

représentations graphiques a été choisi, comme objet frontière aux disciplines représentées. Si l'on se réfère au paragraphe précédent, le « graphique » réunit toutes les caractéristiques de l'objet frontière ; il est utilisé et compris dans chacune des disciplines, il existe une frontière suffisamment vaste pour s'entendre *a priori*, l'interprétation qui peut en être faite est suffisamment flexible pour que, de chaque point de vue, un travail puisse être amorcé et il comporte des facettes spécifiques à chaque discipline. Il suffit pour s'en convaincre de feuilleter quelques manuels de mathématiques, de physique et de science de la vie et de la terre (SVT) pour voir apparaître des différences. En mathématiques, on retrouve l'objet avec ses propriétés propres liées aux connaissances mathématiques, en particulier ici aux relations fonctionnelles entre des grandeurs, le graphique apparaissant comme un des systèmes de représentation mis en relation avec les tableaux et les écritures formelles alors qu'en SVT, les graphiques incorporent une idée de tendance à tel point que l'axe des ordonnées peut être repéré par des « unités arbitraires ».

Le second aspect, tout aussi important, est relatif à la méthodologie de la recherche elle-même. Comme nous l'avons décrit plus haut, la méthodologie utilisée repose sur une recherche orientée par la conception, ce qui suppose un travail collaboratif sur l'objet même de la recherche, à savoir l'évaluation formative. En tant que telle, l'évaluation formative apparaît comme un objet frontière entre les deux communautés. D'une part, la base théorique du concept a été travaillée et circonscrite par les chercheurs et d'autre part le concept fait partie des connaissances professionnelles des enseignants. La frontière existe et il est possible *a priori* de parler et de travailler autour de cet objet, même si le regard porté diffère. Le projet dans lequel enseignants et chercheurs ont été impliqués imposait un dialogue et un travail de construction impliquant une mise en œuvre de séquences dans lesquelles la dimension d'évaluation formative devait être prépondérante. L'activité autour de cet objet frontière nous a conduit à réfléchir aux modalités de travail commun et à un modèle théorique des interactions entre communautés. Le cadre de la transposition méta-didactique permet d'analyser l'évolution du regard et des conceptions portés sur l'objet frontière.

La transposition méta-didactique

Le cadre de la transposition méta-didactique proposé par Arzarello, Robutti et al. (2014) a été, au départ, conçu dans le cadre d'une formation hybride, dans laquelle les chercheurs étaient peu nombreux et les enseignants au contraire très nombreux et dispersés sur tout le territoire italien (Projet M@t.bel). Dans ce dispositif, le lien entre chercheurs et enseignants était *a priori* porté par les enseignants-chercheurs, au sens italien du terme, c'est à dire des enseignants travaillant avec les équipes de recherche. Nous avons dans cette perspective analysé, conjointement avec l'équipe de Turin, des actions de formation dans le cadre du programme Pairformance (Aldon et al., 2013). Par la suite, nous avons pensé que le cadre pouvait également être utilisé pour décrire et analyser le travail conjoint mené dans les recherches orientées par la conception.

Cette approche théorique articule la dynamique qui peut se construire dans les confrontations entre plusieurs communautés et les contraintes institutionnelles dans lesquelles le travail est réalisé. Elle repose sur cinq composantes essentielles :

- la double dialectique : elle prend en compte une dialectique didactique mettant en jeu les savoirs à enseigner et les savoirs enseignés et une dialectique méta-didactique de construction de situations didactiques et de justification de ces constructions,
- les praxéologies méta-didactiques : elles permettent de décrire le niveau du discours et de réflexion sur les objets frontières qui amènent à internaliser des composantes qui *a priori* pouvaient être externes à la culture de chaque communauté ; l'activité du professeur et du chercheur n'est pas seulement une discussion des contenus didactiques mais porte sur les pratiques et les réflexions sur ces pratiques,
- les aspects institutionnels : fondamentaux dans un travail mettant en jeu plusieurs communautés chacune reliée à une ou des institutions ayant des règles de fonctionnement spécifiques,

- les composantes internes et externes : en termes d'objets frontières, les composantes externes (resp. internes) correspondent aux propriétés ou aux informations contenues dans l'objet mais invisibles (resp. visibles) du point de vue d'un acteur ou d'un groupe ; elles correspondent aux connaissances *a priori* constitutives de l'enseignement, des savoirs professionnels, des résultats de recherche qui peuvent être, selon les communautés internalisés ou au contraire extérieurs au système de pensée ; en termes de praxéologies, l'internalisation peut être vue comme l'intégration d'une composante à une praxéologie existante (Prodomou, Robutti & Panero, 2017),
- le « brokering » : un rôle de « passeur » de « médiateur », de « courtier » qui permet de faire le lien entre les différentes composantes et qui facilite le dialogue entre les communautés.

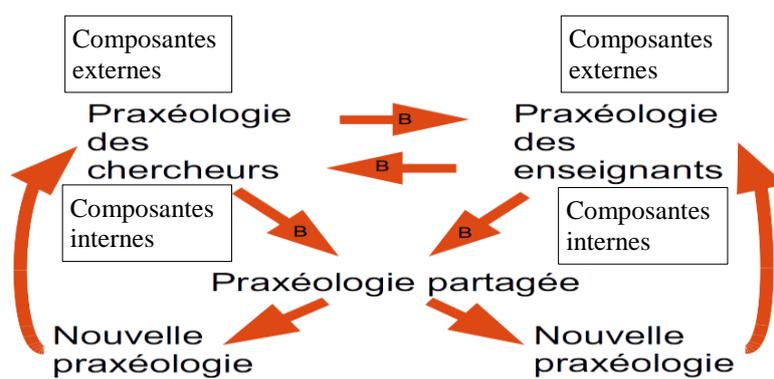


Fig. 1 - Le schéma de la transposition méta-didactique

Le schéma de la figure 1 permet d'illustrer cette dynamique qui apparaît ou non dans les recherches orientées par la conception mettant en jeu plusieurs communautés : enseignants, chercheurs mais ce peut être aussi développeurs, ingénieurs, etc. Les lieux d'interventions du « broker » notés B sur le schéma tendent à mettre en marche la dynamique permettant de faire évoluer les praxéologies des acteurs vers une praxéologie négociée (partagée) intégrant des composantes externes à chaque communauté ; cette praxéologie partagée n'étant qu'une étape qui se prolonge dans la dynamique parallèle du cycle de la recherche orientée par la conception. Les objets frontières sont alors les éléments essentiels des négociations ce qui nous renvoie aux activités de transfert, de traduction ou de transformation décrites dans le paragraphe précédent.

ANALYSE

Dans ce paragraphe nous proposons deux analyses correspondant d'une part à la mise en œuvre de stratégies d'évaluation formative dans un travail co-disciplinaire (Prieur, 2016) sur le graphe s'appuyant sur des observations d'une séquence de classe co-construite et co-animée par les professeurs de mathématiques et de physique d'une classe de cinquième, et d'autre part sur le concept d'évaluation formative dans des discussions entre enseignants et chercheurs.

Une séquence maths-physique

Dans un premier temps, nous revenons sur la justification du graphe comme objet frontière entre mathématiques et physique puisque les données sur lesquelles nous nous appuyons proviennent d'une activité construite de façon conjointe par les enseignants de maths et de physique. Les représentations graphiques sont considérées comme objets frontières entre les deux disciplines en ce sens que la lecture et la construction d'une représentation graphique est *a priori* une activité partagée.

Les disciplines scientifiques et technologiques sont toutes concernées par la lecture et l'exploitation de tableaux de données, le traitement d'informations chiffrées ; par le langage algébrique pour généraliser des propriétés et résoudre des problèmes. Elles apprennent aussi à communiquer sur ses démarches, ses résultats, ses choix, à s'exprimer lors d'un débat scientifique et technique. La lecture, l'interprétation des tableaux, graphiques et diagrammes nourrissent aussi d'autres champs du savoir. (Programme français d'enseignement du cycle des approfondissements⁶)

Par ailleurs, au niveau de la classe de 5^e, les représentations graphiques apparaissent comme un objet d'étude en mathématiques comme le montre l'extrait du programme ci-dessous :

En 5e, la rencontre de relations de dépendance entre grandeurs mesurables, ainsi que leurs représentations graphiques, permet d'introduire la notion de fonction qui est stabilisée en 3e, avec le vocabulaire et les notations correspondantes. (ibid.)

« Représenter » apparaît dans ce texte comme une des cinq compétences majeures de l'activité mathématique et fait l'objet d'enseignements spécifiques dans les différentes parties de ce programme avec un attendu de fin de cycle stipulant la maîtrise de la représentation de données :

Au cycle 4, l'élève développe son intuition en passant d'un mode de représentation à un autre : numérique, graphique, algébrique, géométrique, etc.

Utiliser un tableur, un grapheur pour calculer des indicateurs et représenter graphiquement les données.

Choisir et mettre en relation des cadres (numérique, algébrique, géométrique) adaptés pour traiter un problème ou pour étudier un objet mathématique. (ibid.)

En revanche, dans la partie Sciences physiques et chimiques, les graphiques qui ne sont pas cités en tant que tel, apparaissent plutôt comme un outil permettant l'interprétation de phénomènes physiques ou chimiques dans une compétence générale d'interprétation des résultats expérimentaux. Ainsi, les graphiques, outils fondamentaux des sciences et des mathématiques permettent cette flexibilité interprétative propre aux objets frontières et suivant le point de vue peuvent être considérés comme un objet d'étude ou un outil d'interprétation d'un phénomène. C'est sur cette dialectique que la situation a été construite. Le thème choisi, l'interprétation d'un graphique, se séparait en deux temps : d'une part l'interprétation d'un graphique temps-distance en mathématiques comme préparation à une activité d'interprétation d'un graphique temps-température lors d'un changement d'état en physique. Les professeurs de mathématiques et de physique ont co-animé plusieurs séances en mettant en place un dispositif d'évaluation formative. Les observations et les entretiens réalisés dans les classes tout au long du projet ont permis d'identifier des schèmes communs aux leçons et en particulier à cette séquence :

- proposition d'un QCM *a priori*, mettant en évidence les connaissances des élèves et leurs difficultés,
- discussion et analyse des résultats avec les élèves,
- analyses approfondies et mise en place de remédiations par l'intermédiaire de leçons différenciées.

Le travail co-disciplinaire des enseignants a permis de mettre en évidence les difficultés liées au concepts perçus ou enseignés suivant les disciplines comme le montre cet extrait de dialogue entre les deux professeurs à propos du terme « pente » où le professeur de mathématiques repousse la présentation du concept qui sera vu ultérieurement et le professeur de physique qui cherche à utiliser le concept d'une façon pragmatique (M : professeur de mathématiques, P : celui de physique, lors d'une réunion de travail) :

⁶http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=94717

M : Le mot « pente » est intéressant mais on le verra plus tard...

P : Oui, mais quand même sans l'expliquer, tu vois, je pense qu'ils ont compris.

M : Oui, mais, temps-distance, ils auraient pu dire « ça monte, ça descend ». Mais c'est quoi qui monte, qui descend ? c'est ce que tu lis sur l'axe des ordonnées ? La distance augmente ou diminue.

P : Oui !

L'activité de négociation sur l'objet frontière tend à construire une signification commune de la notion de pente encapsulée dans celle de graphique. On peut ici parler d'un transfert conduisant à une internalisation modifiant la perception que le professeur de physique pourrait avoir de ce concept de pente. Regardons un autre extrait issu cette fois d'une observation en classe alors que les élèves travaillent sur l'interprétation physique d'un graphique. Dans ce court extrait les élèves avaient à associer le graphique avec une « histoire » de ce qui avait pu se passer. Les élèves débattent de l'interprétation du graphique (Fig. 2). P est le professeur de physique et Nai et Fai deux élèves travaillant dans un groupe :

27- P : Alors, vous êtes d'accord ?

28- Nai : Oui on est d'accord, mais pas elle !

29- P : et tu as quoi comme argument, Fai ?

30- Fai : (lit l'histoire C) *Emma refroidit l'eau...*

31- Nai : refroidit l'eau !!! (en montrant le graphe)

32- P : Tu es d'accord maintenant ?

33- Nai : Oui.

34- P : C'est quoi la réponse ?

35- Nai : A. (Lisant l'histoire A) Alors elle s'arrête de chauffer l'eau un moment (en montrant le plateau du graphe avec son doigt).

36- Fai : OK, c'est A.

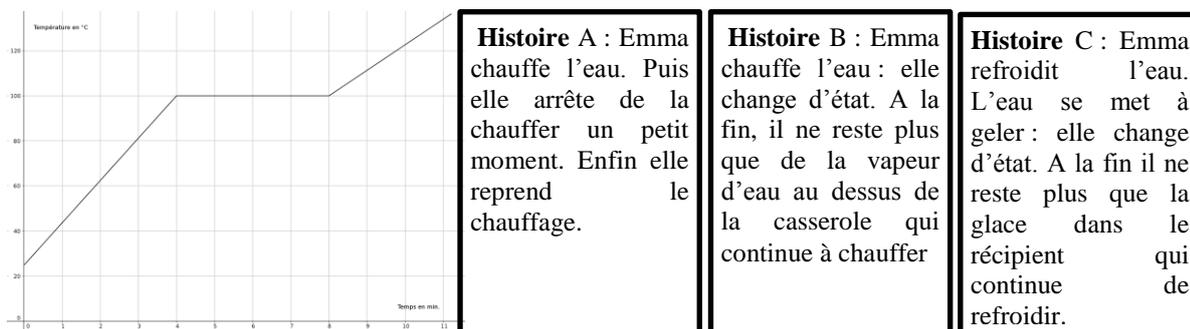


Fig. 2 - Le graphique donnant la température en fonction du temps à associer à l'une des trois histoires.

On peut voir dans les extraits précédents des arguments de type mathématique et de type physique se croiser et empêcher d'une certaine manière l'interprétation correcte du graphique. Nai montre qu'elle a bien compris que le graphique correspondant à l'histoire C (« Emma refroidit l'eau ») ne peut être un graphique croissant alors que Fai lit cette partie de l'histoire pour justifier son doute quant à la bonne réponse ; et même si Fai est sûre d'éliminer l'histoire C, elle fait une erreur en interprétant mal le plateau du graphe : les variations (argument mathématique, ligne 31) l'emportent sur l'interprétation physique du changement d'état (interprétation fautive du plateau, ligne 35).

Les travaux conduits d'une part dans la classe de mathématiques et d'autre part dans la classe de physique puis dans une approche co-disciplinaire construisent ainsi l'objet frontière comme un médiateur cognitif pour embarquer à la fois les propriétés mathématiques et physiques sous-jacentes à l'interprétation des graphiques.

Cette analyse didactique replace l'objet frontière constitué ici par la notion de représentation graphique dans sa double interprétation d'un point de vue des disciplines et du travail nécessaire pour permettre aux élèves de mettre en relation le point de vue adopté en classe de mathématiques et celui adopté en classe de physique.

Un travail collaboratif entre enseignants et chercheurs

Le contexte est toujours celui du projet européen FaSMEd mais nous nous transportons maintenant dans une école de la banlieue lyonnaise dans laquelle quatre professeurs de classes de CM1 et CM2 travaillent avec les chercheurs sur l'analyse et la conception de séances mettant en œuvre des stratégies d'évaluation formative. Nous sommes ici dans une réunion de la deuxième année du projet dans laquelle nous parlons de l'interprétation des données recueillies dans la classe par un système de boîtiers de vote. Tous les résultats ont été enregistrés par un logiciel. Dans ce paragraphe, nous analyserons les données recueillies durant cette réunion en sachant bien qu'elles s'incluent dans un recueil plus vaste comprenant les observations de classes, les discussions à travers les courriers électroniques, les documents partagés et les comptes rendus écrits des enseignants. Nous nous intéressons à l'évaluation formative comme objet frontière entre les deux communautés en examinant les composantes de cet objet et en particulier les méthodes et les outils pensés ou mis en œuvre. Nous analysons les interactions en notant le niveau de discours. Nous appellerons par la suite le niveau didactique toutes les discussions, les techniques ou les justifications de ces techniques visant à mettre en place dans la classe des stratégies d'évaluation formative. Nous appellerons méta-didactique les interactions mettant en jeu des arguments de généralisation et d'explicitation de l'objet frontière pour les deux communautés. Ainsi, la distinction entre les niveaux didactique et méta-didactique repose sur l'appréhension et l'utilisation de l'objet frontière dans l'avancée de la discussion. Ainsi, les éléments suivants pourront être reconnus comme composante du niveau méta-didactique :

- utiliser l'évaluation formative dans son enseignement, c'est à dire intégrer une évaluation pour l'apprentissage,
- évoquer des stratégies d'évaluation formative,
- utiliser dans une perspective d'utilisation en classe des principes ou définitions de l'évaluation formative comme évaluation pour l'apprentissage ; utiliser les fonctionnalités de la technologie pour faciliter la mise en place de ces stratégies,
- se rapporter à des approches socio-constructivistes de l'enseignement pour justifier des stratégies évoquées.

Au niveau didactique la praxéologie relèvera de :

- la construction d'une séquence utilisant l'évaluation formative,
- l'utilisation d'un dispositif ou d'outils pour recueillir de l'information, pour l'interpréter et pour la renvoyer aux élèves,
- la justification empirique de ces outils,
- l'utilisation de principes d'évaluation formative.

Le travail d'analyse et de dépouillement des données n'est pas encore totalement achevé, mais nous montrons dans la suite le type d'analyse qui peut ressortir de cette méthode qui consiste à découper l'ensemble des interactions et de noter le niveau didactique ou méta-didactique des interventions. Le code couleur indique les interventions des deux communautés, en bleu les chercheurs et en rouge les enseignants. Nous reproduisons ci-dessous l'extrait analysé. La discussion commence par l'examen d'un tableau fourni par le logiciel qui gère les boîtiers de vote après la passation en classe d'un QCM portant sur les représentations multiples des fractions simples.

1 Ch 1	l'autre tableau moi je le trouve vraiment intéressant en termes d'évaluation formative
2 En 1	parce que clairement on voit bien...
3 Ch 1	pour les élèves on a le score total mais après individuellement sur chacune des questions horizontalement et verticalement sur la question 1 comment elle a été répondue dans la classe... la croix c'est il a répondu 2 et c'était faux, donc, là il s'est trompé là, il s'est trompé là
4 En 2	ça va beaucoup plus vite après
5 Ch 1	oui

6 En 2	pour des groupes de besoin, tu vois, en bas de la ligne, tu peux pour chaque item chaque question savoir combien il y a d'élèves
7 Ch 1	oui, oui, tout à fait / donc là ça donne des renseignements intéressants / et puis, verticalement aussi, ça donne des renseignements intéressants, alors c'était la 6, je crois, oui, tu regardes en bas et tu te dis oups, y'a quand même un sur deux, même plus d'un sur deux
8 En 2	1, 2, 3, 4, 5
9 Ch 1	non 6, c'est la 6
10 Ch 2	ah oui, mais c'était difficile [...]
11 Ch 1	donc oui, c'est vraiment intéressant pour ça de voir deux analyses
12 En 2	rapides
13 En 1	croisées
14 Ch 1	oui, et après tu disais et ce que tu as fait pour les groupes de compétences voir comment les élèves, comment on peut modifier un peu dans la suite
15 Ch 2	et donc, je disais, c'était long, mais l'avantage c'est que tu peux, pour la prochaine fois que tu veux le proposer, tu pourras enlever des questions que on a vu que c'était bien...
16 En 1	oui, ... après ce que je trouve intéressant, vu qu'il y a plusieurs compétences, c'est intéressant qu'il y ait plusieurs situations dans une même compétence / l'autre solution que je me disais sinon c'est de la faire en deux temps, mais en gardant exactement, ce qui fait que ça te fait quand même plusieurs situations dans une même compétence parce que je trouve que c'est quand même bien parce qu'il y a plusieurs représentations, plusieurs..., sinon, le faire en deux temps, juste, comme ça tu la gardes complète mais tu, tu, tu coupes pour que ça fasse moins long en temps, ça peut être une solution aussi
17 Ch 2	et en fait une chose intéressante c'est que tu peux regarder dans un même groupe d'exercices, de questions, s'il y a une certaine progression ça peut être que les premières deux sont... il s'est trompé, vers la fin de la même question il a repris... c'est intéressant d'avoir au moins trois, quatre...
18 En 2	il doit y avoir des choses sur les évaluations par QCM, parce qu'en fait les élèves peuvent avoir des stratégies pour répondre, ils le font par déduction et c'est pas la même chose si ils ont à répondre directement, donc la question qu'on se posait, c'était, voilà comment interpréter, parce qu'ils vont prendre des indices à droite à gauche dans ce qu'ils vont voir, et dans le QCM, est-ce que ça donne ou pas l'illusion, enfin, on peut peut-être se demander si certains élèves ont vraiment compris, ou bien ils se sont aidés...
19 Ch 2	voui
20 Ch 1	de toute façon, ça ne peut jamais donner que les renseignements que ça donne
21 En 2	Voilà
22 Ch 1	effectivement, après, il y a certainement d'autres choses à mettre en place dans la classe pour conforter ou
23 En 1	oui
24 Ch 1	ou infirmer les résultats / [...]ça, ça peut être quelque chose à proposer, dans un deuxième temps, peut-être
25 Ch 2	laisser ouverte quelques questions
26 Ch 1	laisser ouverte quelques questions
27 En 1	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 [...] est-ce que la technologie, ça fait que ça induit des réponses différentes, c'est la question qu'on se posait
28 Ch 2	uhmm, uhmm
29 En 1	juste pour avoir... pourquoi pas
30 Ch 2	là la différence c'est que c'est un QCM et une réponse ouverte
31 En 1	oui... ou alors il faudrait le présenter...
32 En 2	il faudrait qu'ils aient mémorisé toutes les propositions pour pouvoir être en difficulté à l'écrit
33 Ch 1	non, c'est la même, c'est la question que tu posais, il y a une démarche différente entre une réponse ouverte et un choix entre trois réponses qu'il faut...
34 Ch 2	mais c'est pas dû à la technologie
35 Ch 1	oui, c'est pas dû à la technologie
36 En 2	non, c'est autre chose
37 En 1	c'est la modalité d'évaluation
38 En 2	faut qu'on ait conscience qu'on leur demande pas la même chose [...]
39 En 2	c'est vrai que l'outil donne des choses pour l'adulte, il donne une lecture rapide, une vision rapide des résultats, par item, par élève, mais après eux...
40 En 1	ah ben eux, ils m'ont quand même dit, c'est trop bien, parce que du coup, on n'a pas à écrire, ça va plus vite...
41 En 2	il y a quand même la tâche de l'écrit qui...
42 En 1	ah oui, la tâche de l'écrit, ah moi, c'est la première chose qu'ils m'ont dit : ah, on pourrait pas tout le temps faire comme ça (Rires) parce que du coup, ils ont un sentiment de rapidité par rapport aux évaluations où on passe du temps, et là ils ont passé du temps mais c'est pas la même chose, je crois
43 En 2	déjà, si on garde le plaisir sur des notions nouvelles comme ça qui en général les fatigue parce que c'est tout nouveau, tout...
44 Ch 1	et en même temps, une remarque que je voulais faire, c'est pas trop lié à l'évaluation, à l'évaluation sommative que tu vas pouvoir faire, enfin, 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, tu vois...
45 En 1	uhm... mais ça c'est un peu notre objectif aujourd'hui
46 Ch 1	oui, c'est ça
47 En 1	c'est que du coup...
48 Ch 1	faire, ... différencier un peu les enseignements en fonction de ses résultats, parce que bon, ils ont été plus ou moins performants, alors il y a peut-être d'autres raisons, peut-être on va se tromper sur des élèves qui ont répondu... parce qu'il s'est gouré de touche, enfin, des choses comme ça, mais globalement il me semble qu'on va avoir des renseignements qui vont nous permettre de travailler
49 En 1	ben, c'est un petit peu pour ça, moi hier, au niveau de la lecture, c'était un peu l'idée, moi j'ai essayé de, ben par rapport aux compétences là qu'on avait listées, j'ai essayé de voir les élèves qui étaient en difficulté / alors comme tu disais, c'est pas parce que on a fait 1 erreur, moi, je suis partie du principe que, il y avait 10 questions, du coup je suis partie du principe qu'on pouvait faire 2 erreurs, et à partir de la troisième, j'ai fait un groupe et à partir de plus d'erreurs, par exemple Elies qui a fait 4 erreurs, enfin, 4 réponses justes sur 10, et code 2 j'ai mis pour les élèves qui avaient entre 5 et 7 réponses justes pour faire un

	groupe d'élèves moyens et un groupe qui avait des difficultés / j'ai essayé de faire ça, en fait, pour chaque compétence, d'arriver à faire, comme un espèce de pourcentage d'élèves en difficulté,... comme je disais tout à l'heure, après c'est des élèves que j'ai retrouvés en difficulté sur plusieurs, sur plusieurs domaines et en fait je suis partie de ça, on s'était dit ça pouvait être intéressant, c'est partir de ça pour faire des ateliers de remédiations sur la semaine et après de refaire la même évaluation pour voir les effets
50 Ch 1	voilà ! Et là on est vraiment dans une démarche d'évaluation formative, parce que, en gros, c'est pas une évaluation, c'est plutôt où vous en êtes
51 En 1	ça permet de faire un bilan
52 Ch 1	on fait un bilan, on travaille, et maintenant où vous en êtes

Analyse des interactions

Des lignes 1 à 11

Le tableau apparaît *a priori* comme une technique d'une praxéologie méta-didactique justifiée par le cadre de l'évaluation formative. Le type de tâches de nature méta : utilisation dans la classe de l'évaluation formative ; en revanche, il est part d'une praxéologie didactique où le type de tâches consiste à faire un bilan des compétences des élèves alors que (ligne 3) cet outil sert pour repérer "où en sont les élèves" et "où en est la classe" qui constituent des principes à la base de l'évaluation formative.

Le tableau se pose comme un objet frontière didactique – méta-didactique : outil pour l'enseignant et pour les chercheurs mais pas au même niveau. Le chercheur (ligne 7) indique que le tableau donne des renseignements intéressants, sans vraiment dire lesquels, ce qui laisse la place aux autres pour construire du sens, leur sens. D'où une discussion possible sur l'objet frontière.

Des lignes 12 à 15

Dans ces lignes, le regard porte vers la praxéologie méta-didactique (le dispositif en soi et pas seulement ce cas particulier en train d'être étudié) accompagné d'un regard vers la praxéologie didactique.

Le tableau demeure objet frontière entre praxéologies didactiques et méta-didactiques à ce moment du dialogue et la frontière, permettant la poursuite de la discussion, se situe autour des analyses "croisées". A noter la place de la technologie (les boîtiers de vote et le logiciel de traitement) comme un support de la technique liée à l'évaluation ("rapides"). C'est le rôle du projet FaSMEd d'étudier les modifications apportées par l'usage de la technologie dans les praxéologies didactiques liées au type de tâches : « faire un bilan des compétences des élèves sur les fractions ». Le tableau est alors regardé comme une technique méta-didactique pour analyser les données recueillies dans la classe avec deux types de tâches distinctes : « faire un bilan des compétences des élèves » / « faire un bilan de la classe ». Le tableau apparaît comme une technique permettant de réaliser l'une et l'autre tâche.

Des lignes 16 à 26

Cet outil sert pour modifier l'enseignement : c'est encore ici un des principes à la base de l'évaluation formative et le tableau est présenté comme une technique méta-didactique. Le lien est fait ligne 16 entre les deux discours au niveau didactique, le premier comme déclencheur du deuxième par les deux éléments qui sont repris : le temps (« c'était long »), et l'idée de sélectionner des tâches particulières. Le point commun entre enseignants et chercheurs relève de l'intérêt de la variété des questions sur une même compétence. Poser plusieurs questions pour une même compétence assure la pertinence de l'évaluation même si elle prend du temps. Dans la ligne 17, le type de tâches se resserre sur l'évaluation de compétences particulières liées directement au sujet mathématique en jeu (évaluer une compétence particulière comme sous-tâche de la tâche « faire un bilan des compétences des élèves »). Il s'agit ici de construire ou de discuter les tâches liées à une même compétence. La technique proposée est d'utiliser plusieurs situations parce que la multi-représentation des objets mathématiques permet d'évaluer une même compétence (c'est presque

une justification de la technique). Le chercheur rejoint l'enseignante au niveau didactique sur cette technique mais il fait le lien avec les techniques possibles pour analyser les données au niveau didactique. On retrouve la parole du chercheur qui part de la praxéologie didactique pour rajouter un élément de la praxéologie méta-didactique avec une intention de nourrir les justifications de la praxéologie didactique. Le discours se centre alors sur les techniques pour évaluer les élèves (ligne 19). On est au niveau didactique (pertinence des QCM vus comme une technique de résolution d'un type de tâches), mais l'enseignante est sur une idée d'évaluation sommative plutôt que formative : elle considère la pertinence du QCM comme outil pour évaluer les élèves, sans l'insérer dans un dispositif plus global (du type quiz – groupes de besoin – quiz). Toujours en restant au niveau didactique, les chercheurs voient la possibilité d'autres modalités d'évaluation comme une partie du processus d'évaluation formative (lignes 25-26).

Des lignes 27 à 38

Alors que les enseignants discutent de la possibilité de proposer dans la classe les mêmes questions dans les deux modalités (QCM ou questions ouvertes) pour empiriquement en observer les effets, la référence à la technologie analyse le support (ou le frein) à la mise en œuvre des modalités d'évaluation qu'elle pourrait apporter ; la technologie apparaît ici comme un nouvel objet frontière qui est une composante de l'évaluation formative. On retrouve ici les propriétés héritées de l'objet frontière « évaluation formative ». Les chercheurs ramènent la réflexion sur le niveau méta-didactique (ligne 30) : ce n'est pas la technologie qui induit des réponses différentes. C'est plutôt la modalité même de poser les questions. La parole du chercheur part de la praxéologie didactique pour rajouter un élément de la praxéologie méta-didactique avec une intention de nourrir les justifications de la praxéologie didactique. Le rôle de broker entre les niveaux didactique et méta-didactique à ce moment est joué par les chercheurs. Les enseignants cherchent des justifications pour les techniques utilisées (à l'intérieur du niveau didactique) et ne font pas référence à l'évaluation formative. En faisant observer que l'enseignante était déjà sur le plan des justifications des techniques avec sa réflexion précédente sur les modalités d'évaluation, les chercheurs ramènent le rôle de la technologie à une justification des techniques méta-didactiques (lignes 33-35). On voit ligne 37 un basculement de l'enseignante à un niveau méta-didactique dans un début d'un processus d'internalisation alors que la deuxième enseignante revient sur un discours sur les techniques d'évaluation à un niveau didactique (ligne 38).

Des lignes 39 à 43

Mais, rapidement, en s'interrogeant sur l'outil et ses fonctionnalités pour les différents acteurs, elle se situe à un niveau méta-didactique de justification des stratégies d'évaluation formative et revient ensuite à la praxéologie didactique : un discours sur la technique d'évaluation formative. Il est intéressant de noter ici ce basculement entre les deux niveaux qui s'entremêlent et qui illustre bien la double dialectique, le niveau méta-didactique alimentant et nourrissant le niveau didactique de mise en place de stratégies appuyées sur des justifications méta-didactiques.

Des lignes 44 à 49

Le chercheur passe au niveau méta-didactique en faisant référence à l'évaluation formative pour que le discours sur le dispositif technique soit ancré sur des principes d'évaluation formative. En s'interrogeant sur « comment on peut faire pour les amener à réussir » il veut développer des techniques de la praxéologie méta-didactique. La réponse montre ou indique que le rôle de broker joué par Ch 1 a un effet sur En 1 qui passe du coup à ce niveau méta-didactique (en tout cas qui annonce qu'elle veut y passer). Ce qui incite Ch 1 à poursuivre le discours en continuant à s'appuyer sur les praxéologies didactiques des enseignants. Il s'agit ici d'une prise en compte par le chercheur des praxéologies didactiques et notamment de la confrontation des techniques à la contingence pour commencer à modifier (ou affiner) la praxéologie méta-didactique qui est reprise et détaillée par En 1 (ligne 49) qui décrit son dispositif (sa technique didactique).

Des lignes 50 à 52

Ch 1 lit avec une loupe méta-didactique la technique d'En 1 au niveau didactique. On voit bien ici le phénomène de transposition méta-didactique : le rapport des deux discours qui sont au même

niveau praxéologique (technique) mais à deux plans différents (technique méta-didactique vs technique didactique qui en est une transposition).

Cette analyse chronologique peut être représentée par la succession des niveaux de discours (figures 3 et 4) ; chacun des points représente une prise de parole à un niveau spécifique. Il est par exemple possible qu'un même acteur intervienne à des niveaux différents de discours ce qui, dans notre codage, justifiera de scinder cette intervention en deux points. De ce codage, on peut tirer des interprétations locales : comment les discours des uns et des autres se succèdent et quels éléments permettent d'élargir la frontière de l'objet enjeu de la discussion ? Mais aussi des interprétations globales sur l'évolution du discours des différents partenaires dans une perspective de mise en évidence d'internalisation et de praxéologies partagées. Dans la première phase de la réunion, ce sont les chercheurs (Fig. 3, bleu) qui interviennent le plus au niveau méta-didactique, alors que les enseignants ramènent toujours la discussion sur le niveau didactique et plus particulièrement sur les tâches et les techniques spécifiques mises en œuvre dans leur classe. On peut voir une évolution au fur et à mesure des interventions dans lesquelles on perçoit un glissement d'un discours sur les techniques vers une justification de ces techniques et même des interventions à un niveau méta-didactique.

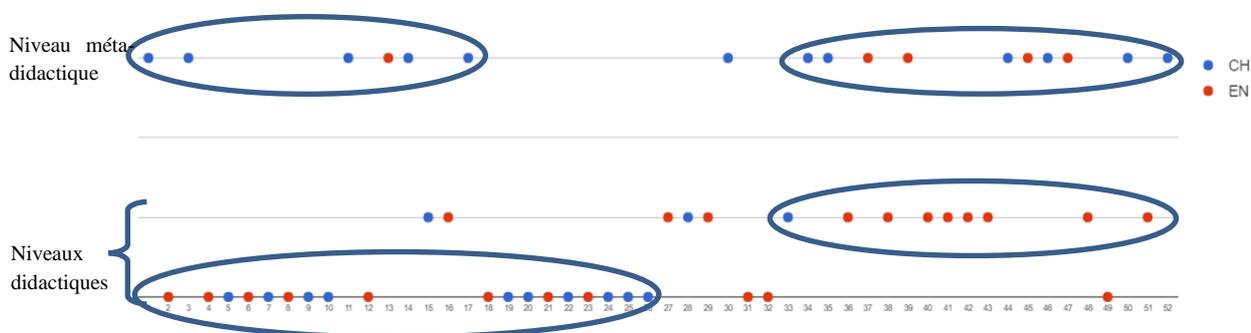


Fig. 3 - Analyse des interactions à un niveau global

A un niveau local l'étude des interactions découpées en épisodes permet de mettre en évidence la structure du discours partant d'un logos didactique pour construire un discours méta-didactique et de regarder les effets sur les professeurs (logos didactique renforcé) (Fig. 4). Il y a des moments de « brokering » horizontal (interne au niveau didactique) [15-17, 30-36] : on retrouve la parole du chercheur qui part de la praxéologie didactique pour rajouter un élément de la praxéologie méta-didactique avec une intention de nourrir les justifications de la praxéologie didactique.

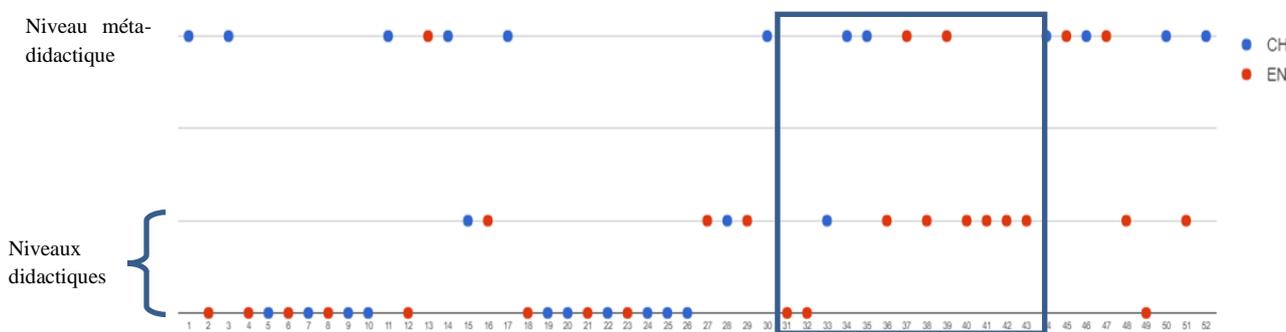


Fig. 4 - Interprétation locale des interactions

CONCLUSION

Les premiers résultats qui ressortent de ces analyses nous incitent à poursuivre ce travail. D'une part, le cadre d'analyse permet de mettre en évidence des points particulièrement utiles pour l'analyse et la conception de situations co-disciplinaires construites dans une perspective d'évaluation pour l'apprentissage. 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 tâches (ici interprétation d'un graphique) en internalisant des concepts ou des méthodes venant des autres disciplines. D'autre part, ce cadre permet aussi d'analyser et de justifier théoriquement la recherche orientée par la conception dans ce qu'elle propose comme développement professionnel d'une part et comme enrichissement théorique d'autre part. Nous avons pu ainsi dégager de l'analyse des rôles des acteurs deux formes de brokering : horizontal et vertical. Le brokering horizontal favorise dans les discussions le passage de praxis à logos dans une praxéologie didactique et le brokering vertical entre les niveaux didactique et méta-didactique en référence à la double dialectique de la Transposition Méta-Didactique. Il y a une dynamique qui est sensible à la perception de l'objet frontière dans la construction conjointe qui est mise en évidence et qui *a contrario* peut aussi expliquer les difficultés rencontrées dans certains groupes de travail dans lesquels cette double dialectique ne s'enclenche pas. Dans cette analyse, nous avons plus observé des moments de brokering horizontal, le rôle de broker étant tenu par les chercheurs, et moins de vrais moments de brokering vertical. Cependant dans la suite des réunions et sur l'analyse de l'ensemble des données, on peut commencer à percevoir une augmentation des moments de brokering vertical, en allant vers une généralisation et une décontextualisation des pratiques didactiques mises en place et analysées ; nous percevons aussi une augmentation des moments de brokering horizontal proposés par les enseignants qui justifient leurs techniques d'évaluation formative en passant par des observations méta-didactiques. Un aspect important des résultats concernant le broker est la mise en évidence du brokering comme un rôle et non pas comme un acteur. Les observations montrent bien que ce rôle peut être joué, à des moments différents, par des acteurs différents. Si, dans les extraits analysés dans ce texte, ce sont les chercheurs qui s'emparent de ce rôle, il apparaît qu'à d'autres moments et notamment dans des moments d'internalisation, un ou des enseignants prennent le rôle de broker.

Bien entendu, des questions se posent encore, plus particulièrement liées à l'évolution dans le temps des praxéologies des acteurs. C'est pourquoi, à partir des données recueillies, nous essayons maintenant de regarder les interactions dans la continuité sur les trois années de travail collaboratif entre enseignants et chercheurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALDON, G., ARZARELLO, F., CUSI, A., GARUTI, R., MARTIGNONE, F., ROBUTTI, O., SABENA, C., & SOURY-LAVERGNE, S. (2013). The méta-didactical transposition : a model for analysing teachers education programs. In A. Lindmeier & A. Heinze (Ed.), *Proceedings of the 37th conference of the international group for the psychology of mathematics education* (Vol. 1, pp. 97-124).
- ALLAL, L. (1983). Evaluation formative : entre l'intuition et l'instrumentation. *Mesure et Evaluation en Education*, 6, 37-57.
- ALLAL, L. (1991). *Vers une pratique de l'évaluation formative : Matériel de formation continue des enseignants*. Bruxelles : De Boeck.
- ARZARELLO, F., ROBUTTI, O., SABENA, C., CUSI, A., GARUTI, R., MALARA, N., & MARTIGNONE, F. (2014). Méta-Didactical Transposition : A Theoretical Model for Teacher Education Programmes. In A. Clark-Wilson, O. Robutti & N. Sinclair (Eds.), *The Mathematics Teacher in the Digital Era* (pp. 347-372). Springer Netherlands.
- BLACK, P., & WILIAM, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment. Evaluation and Accountability*, 21(1), 5-31.
- CARDINET, J. (1986). *Pour apprécier le travail des élèves*. Bruxelles : De Boeck.
- DE KETELE, J. M. (1993). L'évaluation conjuguée en paradigmes. *Revue Française de Pédagogie*, 103(1), 59-80.
- PERRENOUD, P. (1989). *Pour une approche pragmatique de l'évaluation formative*. Conseil de l'Europe.

- PRODOMOU, T., ROBUTTI, O., PANERO, M. (2017, accepté). Making sense out of the emerging complexity inherent in professional development. *Mathematics Education Research Journal*.
- PRIEUR, M. (2016). *La conception codisciplinaire de métaressources comme appui à l'évolution des connaissances des professeurs de sciences*. Thèse de Doctorat non publiée, Université Lyon 1 – Claude Bernard.
- SANCHEZ, É., & MONOD-ANSALDI, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception. *Education & Didactique*, 9(2), 73-94.
- SCRIVEN, M. (1967). The methodology of evaluation. In *Perspectives of curriculum evaluation* (pp. 39-83). Chicago: Rand Mac Nally.
- STAR, S.L. & GRIESEMER J. (1989). Institutional ecology, 'translations', and boundary objects: amateurs and professionals on Berkeley's museum of vertebrate zoology. *Social Studies of Science*, 19(3), 387-420.
- STAR, S.L. (2010). Ceci n'est pas un objet frontière ! Réflexions sur l'origine d'un concept. *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, 4(1), 18-35.
- SWAN, M. (2014). Design research in mathematics education. In *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 148-152). Springer Netherlands.
- TARAS, M. (2012). Assessing Assessment Theories. *Online Educational Research Journal*, 3(12).
- TROMPETTE, P. & VINCK, D. (2009). Retour sur la notion d'objet frontière. *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, 3(1), 5-27.
- WANG, F., & HANNAFIN, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.
- WILLIAM, D., & 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* (pp. 53-82). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.