

Que fait le didacticien dans la classe lors de l'expérimentation d'une ingénierie didactique ?

Karine Millon Faure, Farida Méjani

▶ **To cite this version:**

Karine Millon Faure, Farida Méjani. Que fait le didacticien dans la classe lors de l'expérimentation d'une ingénierie didactique ? . Recherches en Didactiques des Mathématiques, 2017, 37 (1), pp.15-51. hal-01593666

HAL Id: hal-01593666
https://amu.hal.science/hal-01593666

Submitted on 23 Apr 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

QUE FAIT LE DIDACTICIEN DANS LA CLASSE LORS DE L'EXPERIMENTATION D'UNE INGENIERIE DIDACTIQUE ?

Karine Millon-Fauré [1] ,
Farida Méjani[2]

ANALYSIS OF RELATIONS BETWEEN RESEARCHER AND DIDACTIC SYSTEM. A STUDY OF A RESEARCHER'S INTERVENTIONS DURING THE TESTING IN A CLASSROOM OF A DIDACTIC ENGINEERING

Abstract
The purpose of this article is to examine the relations between researcher and didactic system during the testing in the classroom of a didactic engineering. Thanks to a clinical approach, we have studied twelve videos concerning the teaching of fractions. These lessons were designed with the use of Guy Brousseau and Nadine Brousseau's research work: « Rationnels et décimaux dans la scolarité obligatoire ». We have categorized all the researcher's interventions according to their purpose. Using this study, we try to determine the legitimacy of these interventions in accordance with the aims of the research.

Key words: clinical approach, didactic system, didactic engineering, teacher's and researcher's topos, teaching of fractions.

ESTUDIO DE LA LEGITIMIDAD DE LAS INTERVENCIONES DEL INVESTIGADOR DURANTE LA EXPERIMENTACIÓN EN CLASES DE UNA INGENIERÍA DIDÁCTICA.

Resumen
En este artículo nos interrogamos acerca de la legitimidad de las intervenciones del investigador sobre el sistema didáctico experimental en clases de una ingeniería didáctica. Por lo que estudiamos doce videos rodados durante la enseñanza de las fracciones en la clase de "sixième", realizados a partir de las investigaciones de Guy Brousseau y Nadine Brousseau. Después de haber ordenado todas las intervenciones del pedagogo en función de su objetivo, intentamos pronunciarnos sobre su legitimidad en relación a los objetivos de trabajo de investigación emprendidos.

Palabras-claves: ingenierías didácticas, ingenierías de desarrollo, topos del profesor, rol del investigador, enseñanza de las fracciones en "sixième"

RESUME

[1] Aix Marseille Université, ADEF EA 4671, 13248, Marseille, France

[2] Aix Marseille Université, ENS Lyon, ADEF EA 4671, 13248, Marseille, France

Nous nous interrogeons dans cet article sur la nature des relations entre le didacticien et le système didactique qu'il observe lors de l'expérimentation en classe d'une ingénierie didactique. Pour cela nous nous sommes appuyés sur une méthodologie de type clinique et nous avons considéré le système constitué par le sous-système recherche d'une part et le sous-système Classe d'autre part. Nous avons étudié douze vidéos enregistrées lors de la mise en place de scénarios conçus à partir du travail de Guy et Nadine Brousseau, portant sur l'enseignement des fractions en sixième. Après avoir catégorisé toutes les interventions du didacticien en fonction de leur finalité, nous nous interrogeons sur leur légitimité par rapport aux objectifs de la recherche entreprise.

Mots-Clés : approche clinique, système didactique, ingénieries didactiques, topos de l'enseignant et du didacticien, enseignement des fractions en sixième.

INTRODUCTION

Depuis la création du COREM en 1973, la volonté de se placer au plus près de leur objet d'étude a poussé de nombreux didacticiens à entrer dans les classes et à assister à des séances d'enseignement. Cette attitude soulève de nombreuses questions : quelles sont les conséquences de cette intrusion tant sur le plan de la recherche qu'en ce qui concerne l'équilibre du système didactique observé ? Le didacticien reste-t-il vraiment un simple observateur, extérieur à son sujet d'étude ou lui arrive-t-il d'intervenir durant les séances de classe ? Si tel est le cas, quelles sont les répercussions de ces interventions ?
Pour approfondir cette question, nous nous centrons dans cet article sur le cas des ingénieries didactiques et plus particulièrement des séances d'expérimentation en classe de ces ingénieries. Après avoir étudié certaines recherches antérieures en lien avec cette problématique, nous avons analysé douze séances mises en œuvre lors de l'élaboration d'une ingénierie didactique portant sur l'enseignement des fractions en début de collège et reprenant la proposition de Brousseau (1987) détaillée dans Rationnels et Décimaux dans la scolarité obligatoire. Pour cela, nous avons recensé l'intégralité des interventions orales du didacticien durant ces séances et nous avons cherché à les caractériser selon la fonction qu'elles revêtaient dans le déroulement de la séance afin d'en interroger la légitimité dans le cadre du projet de recherche que s'était fixé le didacticien. Ceci nous a finalement amenées à discuter du rôle du didacticien et de l'enseignant impliqués dans la mise en œuvre d'une ingénierie didactique.

ELEMENTS THEORIQUES ET PROBLEMATIQUE

1. Influences du didacticien durant l'observation d'une séance de classe

Nous nous focalisons dans cet article sur les cas où le didacticien est présent dans la classe durant la séance. Ce n'est certes pas forcément le cas, car il existe divers moyens pour recueillir des informations sur le déroulement de la séance sans entrer dans la classe (entretien, photos des productions écrites, enregistrement audio…). Dans le cas des enregistrements vidéos, il est également possible d'opter pour un dispositif fixe ou de demander à une personne extérieure de filmer les séances. Toutefois, dans le cas d'une caméra mobile, des prises de décisions devront s'opérer durant le déroulement même de la séance, notamment en ce qui concerne le(s) sujet(s) filmé(s) : filmer le travail de certains élèves particuliers, enregistrer les discussions d'un groupe entier, effectuer un gros plan sur les écrits du tableau, zoomer sur l'enseignant (pour saisir ses gestes, ses expressions de visage...), ou réaliser un plan d'ensemble de la classe pour suivre les interactions professeur/élèves... Or l'intérêt de telle ou telle prise de vue pourra être remis en question durant la séance en fonction de la problématique considérée mais également du déroulement effectif de l'activité. Selon la méthodologie clinique (Leutenegger, 2000 ; Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2002), ce sont les outils apportés par la théorie qui permettent d'interpréter les événements et le didacticien serait donc le

mieux placé pour décider des traces les plus judicieuses à recueillir à chaque moment de la séance, ce qui peut justifier sa présence dans la classe. Ceci expliquerait pourquoi de nombreux didacticiens font le choix d'assister aux séances de classe.

Toutefois, comme le relève Peltier-Barbier (2004), « la question de la place de l'observateur est une question essentielle. L'observateur n'est jamais neutre, il n'est pas extérieur à la situation qu'il observe. Les comportements des maîtres et des élèves sont naturellement modifiés par sa présence » (Peltier-Barbier, 2004, p.54), point qui sera également souligné par Brousseau :

> Il en résulte que l'observation passive est impossible et que l'influence de l'observation sur le système observé doit être prise en compte dans l'organisation du dispositif. (Brousseau, 2008, p.13)

Ainsi lors de la mise en place d'observations longues (sur plusieurs séances), la simple présence du didacticien peut jouer le rôle « d'ostensifs déclencheurs » (Araya-Chacon, 2008, p.105) dans la mesure où il risque d'être associé pour les élèves à l'évocation de certains non ostensifs spécifiques : par exemple, lors d'une observation de séances portant sur l'enseignement de la multiplication, certains élèves se sont exclamés en voyant revenir le didacticien dans leur classe « Tiens, on va continuer la multiplication ! ». D'autre part, l'enseignant va chercher plus ou moins consciemment à répondre aux attentes implicites du didacticien ou du moins à l'image qu'il se fait de ces attentes. Le simple fait de se savoir observé l'amènera à modifier sa façon d'enseigner, de manière plus ou moins forte suivant les individus. On peut penser que ces perturbations seront moins marquées dans les classes des enseignants expérimentés dans la mesure où des recherches ont montré une grande stabilité dans leurs pratiques (« tout se passe comme si, pour un enseignant expérimenté, les routines et automatismes élaborés au cours du temps jouaient comme un stabilisateur de ce qui concerne l'organisation au quotidien du travail des élèves » (Robert, 2010, p.93)), mais on ne peut pas pour autant affirmer que la présence de l'observateur n'aura aucune influence sur leur comportement. Ces interférences, même si elles restent relativement limitées, rendent illusoire toute possibilité de pouvoir observer une séance de classe dans des conditions parfaitement ordinaires. La classe devient un terrain d'observation perturbé par la présence même de l'observateur.

Les ethnométhodologistes (Garfinkel, 2007) se sont aussi posé la question de l'influence de l'observateur, mais au lieu d'essayer de minimiser ces perturbations, comme ont pu le faire les sociologues, ils préconisent de l'intégrer dans l'observation, quitte à modifier quelque peu l'objet d'étude : s'il est habituellement admis que l'extériorité de l'observateur permet de réaliser des relevés plus pertinents, ils postulent qu'au contraire le fait de partager les « allants de soi » des sujets étudiés évite de déformer par sa propre réflexivité, les informations collectées. Ces réflexions nous conduisent à accepter, en dépit des inconvénients cités ci-dessus, l'intrusion du didacticien dans la classe (et par conséquent les perturbations qui l'accompagnent) dans la mesure où cela permet de mieux s'imprégner des conditions réelles du déroulement de la séance et par conséquent favorise la pertinence des interprétations lors de l'analyse *a posteriori*.

2. Les différentes étapes et les différents niveaux d'une ingénierie didactique

À ces distorsions inévitables (si le didacticien est dans la salle) des pratiques ordinaires de la Classe, pourraient s'ajouter d'autres perturbations dans le cas de l'élaboration d'une ingénierie didactique. En effet, Artigue, lorsqu'elle définit, en 1996, une modélisation des activités du didacticien durant la conception d'une ingénierie didactique, présente l'expérimentation en classe comme une étape incontournable. Selon elle, l'élaboration d'une ingénierie didactique nécessite tout d'abord une analyse préalable dans laquelle le didacticien doit prendre connaissance des diverses données, telles que les connaissances didactiques antérieures portant sur le sujet visé, l'analyse épistémologique, l'analyse des contraintes (d'ordre épistémologique, cognitive et didactique)… ; suit ensuite la conception de l'ingénierie elle-même et son analyse *a priori* où le didacticien doit identifier les variables de commande globales ou locales sur lesquelles il peut agir en dépit des contraintes précédemment identifiées ; il doit également prévoir les champs de comportements possibles chez les élèves. Mais ces deux étapes ne suffisent pas : d'après Artigue (1996), les outils théoriques dont dispose la didactique ne permettent pas d'anticiper avec certitude le déroulement des séances et par conséquent d'éprouver le réglage des variables de commande : cela nécessite une mise en œuvre dans la classe et une analyse *a posteriori* de cette séance qui permet alors au didacticien de conforter ses choix ou d'envisager des modifications de son ingénierie. C'est sur cette phase d'expérimentation en classe que nous focalisons notre attention dans cet article. Quel est précisément le rôle du « didacticien-ingénieur », durant cette étape ? Quelles sont ses relations avec le système didactique, supposé mettre en œuvre l'ingénierie didactique qu'il a conçue ? Quelles pratiques peuvent être considérées comme légitimes ?

Les réponses à ces questions pourraient dépendre des objectifs exacts de cette expérimentation et donc du niveau d'ingénierie didactique considéré. Perrin-Glorian (2011) distingue en effet deux niveaux dans les ingénieries de développement (Chevallard, 2009) : le premier niveau porte uniquement sur la conception de l'ingénierie et donc sur l'étude des variables didactiques qui permettront d'atteindre les apprentissages visés ; les problèmes de mise en place de cette ingénierie par des enseignants ordinaires (notamment le repérage des difficultés de mise en œuvre de l'ingénierie sur lequel s'appuiera la constitution d'un document d'accompagnement et/ou d'une formation) ne seront étudiés que dans un second temps :

> Avant d'essayer d'implanter une ingénierie dans l'enseignement ordinaire il est nécessaire de s'assurer de sa validité au niveau expérimental. Il faut donc prévoir au moins 2 niveaux d'ingénierie (peut être plus) avec des objectifs différents :
>
> - 1e niveau dans des conditions expérimentales spécifiques « protégées » pour tester la validité théorique des situations (i.e leur capacité à produire les connaissances attendues ; on vise au moins un théorème d'existence) et dégager les choix fondamentaux de l'ingénierie […].

> • 2e niveau pour étudier l'adaptabilité des situations à l'enseignement ordinaire, la négociation de la première ingénierie. (Perrin-Glorian, 2011, p.68)

Chacun de ces deux niveaux d'ingénierie possède donc un objectif bien spécifique et il conviendra, dans la suite de notre article, de nous demander si ce paramètre influe sur la nature des interventions du didacticien lors de l'expérimentation en classe.

3. Difficultés de reproductibilité d'une ingénierie didactique

On pourrait penser que, durant l'expérimentation en classe, l'intégrité scientifique du didacticien l'astreint à se cantonner au relevé de données en s'interdisant toute intervention, de manière à limiter au maximum les influences sur le système didactique considéré. Toutefois, au vu de l'importance que représente cette étape pour la mise à l'épreuve des choix opérés lors de la conception de son ingénierie didactique, la tentation d'intervenir peut être grande pour le didacticien s'il constate que la séance ne se déroule pas conformément à ses attentes. Or, enseignant et didacticien appartiennent à des institutions différentes et chacune d'elles a ses motivations et ses contraintes propres. Si le didacticien est principalement intéressé par l'observation de l'ingénierie didactique qu'il a conçue et des phénomènes didactiques qu'elle engendre inévitablement, sur l'enseignant pèse encore la responsabilité de la gestion de classe, de la progression dans l'avancée des savoirs à rencontrer cette année-là, de la prise en compte des attentes des parents... Chevallard (2002) souligne que la perception des événements et les prises de décisions afférentes se trouvent fortement influencées par le rapport personnel aux savoirs en jeu et par l'assujettissement institutionnel propre à chacun et Leutenegger (2000) précise que ces différences dans les institutions d'origine peuvent conduire enseignant et didacticien à des interprétations différentes des événements qui se produisent dans la classe :

> La question du sens à donner à l'observation de systèmes didactiques ordinaires s'avère une question difficile dans la mesure où deux institutions au moins sont nécessairement impliquées : institution scolaire [...] et institution de recherche. Les préoccupations de l'une et de l'autre sont nécessairement différentes. Du coup le sens de la leçon ordinaire concernée est différent selon que l'on est l'enseignant [...] ou le chercheur. (Leutenegger, 2000, p.218).

Ceci peut expliquer les difficultés rencontrées par les enseignants lors de la mise en œuvre d'une ingénierie didactique. Les contraintes qui pèsent sur eux les conduisent parfois à adopter des pratiques très éloignées de celles attendues dans le cadre de l'ingénierie. Plusieurs recherches ont déjà mis en évidence les modifications, plus ou moins conscientes, que l'enseignant opère sur les scénarii des ingénieries didactiques qu'il joue en classe, et les effets de ces adaptations sur le déroulement de la séance. Si historiquement, lors de la mise en place des premières ingénieries, le rôle du professeur avait peu été pris en compte, le problème de la reproductibilité a depuis été largement questionné : Grenier (1988) insiste sur la résistance des enseignants à changer leurs pratiques et Arsac (1989) met en évidence la disproportion entre les modifications *a priori* anodines qu'opèrent les praticiens et leurs effets sur l'activité de la classe. Artigue formule

d'ailleurs « un principe d'incertitude entre *reproductibilité interne* et *reproductibilité externe*, c'est-à-dire entre reproductibilité préservant la dynamique externe de la trajectoire ou histoire de classe, et une reproductibilité préservant la signification des connaissances mathématiques mises en œuvre. Ceci signifie, en d'autres termes, qu'une exigence forte de reproductibilité externe ne peut être satisfaite qu'en sacrifiant d'autant la reproductibilité interne qui est, en fait, visée. » (Artigue, 2011, p.22).

Ce phénomène est d'autant plus délicat à appréhender que les adaptations varient d'un enseignant à l'autre en fonction notamment du contexte. Ainsi Butlen, Peltier et Pézard (2002) ont démontré que les enseignants exerçant dans des milieux difficiles subissent un ensemble de contraintes qui les amènent à composer avec des contradictions permanentes dans leur gestion de classe. S'ils se pensent assujettis à la double fonction d'enseignant et d'éducateur face à des élèves qui n'adhèrent pas toujours au cadre de l'institution scolaire, ils tendent à privilégier des logiques qui pourraient s'opposer à la logique d'apprentissage qui sous-tend les scenarii. Maintenir un climat apaisé dans leur classe les conduit à mettre en place des activités qui promeuvent une dynamique de socialisation et de réussite immédiate, pas toujours en adéquation avec une logique d'apprentissage pour les élèves. Ainsi, ils choisissent des situations contextualisées proches d'un supposé réel des élèves, pour lesquelles ils peuvent reformuler les consignes au détriment parfois de la recherche mathématique en jeu, retardant même de nouveaux apprentissages pour combler les lacunes qu'ils relèvent dans les nombreuses erreurs de leurs élèves. De même, les étapes nécessaires à l'appropriation par les élèves de savoirs nouveaux, que sont les phases collectives de synthèse et d'institutionnalisation, peuvent être négligées au profit d'une gestion individuelle des activités alors même que le temps d'apprentissage est restreint au temps de la classe. Ces exemples de pratiques, particulièrement courantes dans les établissements difficiles se révèlent souvent très éloignées de celles envisagées par le didacticien lors de la conception de son ingénierie, ce qui rend leur mise en œuvre délicate dans ces classes.

Que se passe-t-il alors lorsque le didacticien, pendant l'expérimentation de son ingénierie, constate que les contraintes qui pèsent sur le système didactique ne permettent pas l'émergence d'un travail mathématique conforme à ce qu'il avait envisagé ? Ces phénomènes le conduisent-ils à intervenir durant la séance de classe ? Matheron et Quilio (2014), relèvent que « Guy Brousseau [a été amené à] « reprendre la main » et [à] piloter la classe face à des difficultés didactiques que ne parvenait pas à surmonter la maîtresse, afin de maintenir l'adidacticité de la situation. » (Matheron & Quilio, 2014, p.82). Il est difficile de trouver d'autres preuves d'interventions du didacticien durant le déroulement de la séance car les phases d'expérimentation des ingénieries didactiques demeurent généralement privées, seules les analyses des données récoltées étant diffusées. Toutefois, nous conjecturons que de tels phénomènes existent également en dehors du COREM et nous cherchons à déterminer quelles peuvent être la nature de ces interventions et leurs conséquences sur l'interprétation des phénomènes didactiques observés.

4. La méthodologie clinique

Nous nous appuyons dans cet article sur la méthodologie clinique (Leutenegger, 2000 ; Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2002) qui conduit à considérer des systèmes didactiques ainsi définis :

> L'élève est une des instances d'un système comprenant une autre instance humaine, l'enseignant, et des savoirs, respectivement à enseigner et à apprendre et c'est bien l'étude de ce système de relations ternaires en situation didactique - et non des sujets en particulier- qui est abordée. (Leutenegger, 2000, p.218)

Autrement dit, l'étude ne peut porter que sur le système didactique dans sa globalité et non sur l'un de ses pôles de manière isolée ou encore sur l'une des branches du triangle ainsi constitué. En effet, les processus d'enseignement et d'apprentissage sont conditionnés par les relations qui s'établissent simultanément entre ces trois instances et oublier, ne serait-ce qu'un moment l'une d'entre elles, pourrait conduire à se méprendre sur l'interprétation des interactions entre les deux autres. Pour étudier ces relations, le principe de la méthodologie clinique est de chercher dans l'observation d'une mise en œuvre particulière, les indices donnant accès à des phénomènes génériques, selon le « paradigme indiciaire » de Ginzburg (1989) : on élabore à partir de l'étude d'un cas particulier, certaines propriétés plus générales vérifiées par d'autres systèmes du même type.

Or, les considérations précédentes nous amènent à postuler, à la suite de Schubauer Leoni et Leutenegger, « une interrelation entre un système didactique et un système de recherche comprenant un chercheur aux prises avec son objet d'étude. » (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2002, p.233). Nous nous trouvons alors dans une situation similaire à celle qui avait conduit à modéliser le triangle didactique formé par l'enseignant, ses élèves et l'objet de savoir en jeu, comme un système didactique global. De manière similaire, il nous paraît pertinent de considérer un nouveau système, composé d'une part du sous-système de recherche (représenté par le didacticien) et d'autre part du sous-système didactique constitué par la Classe au sens large, c'est-à-dire l'enseignant, ses élèves et l'enjeu de savoir :

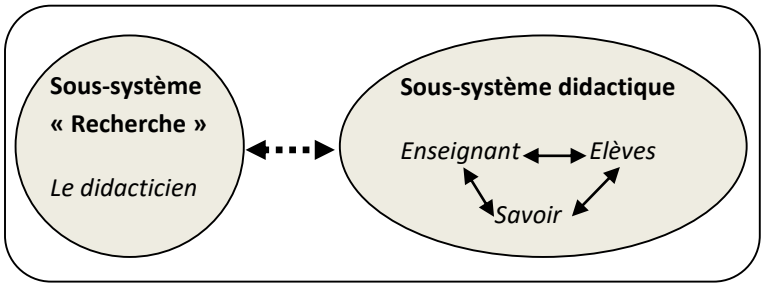


Figure 1. Système étudié

Ce nouveau système ne peut plus être qualifié de didactique puisque l'enjeu des interrelations entre le didacticien et la Classe est le déroulement de la séance observée. Ce dernier constitue un enjeu central à la fois pour la Classe, dans la mesure où le déroulement de la séance est intrinsèquement lié aux processus d'enseignement et d'apprentissage mais également pour le didacticien puisqu'il constitue

pour lui, la principale possibilité d'éprouver les choix opérés lors de l'élaboration de son ingénierie. Cette différence concernant les attentes liées au déroulement de la séance se trouve être une des spécificités des expérimentations d'ingénieries en classe. Dans ces conditions, comment ces deux sous-systèmes cohabitent-ils ? Quel est la position de l'enseignant et du didacticien durant le déroulement de la séance ? Perrin-Glorian soulignait que lors de l'expérimentation d'une ingénierie didactique « la responsabilité de l'enseignement est partagée entre l'enseignant et le chercheur » (Perrin-Glorian, 2011, p.71). Mais jusqu'à quel point le chercheur peut-il interférer dans le système didactique observé ?

Nous savons déjà que, même si l'on fait abstraction des perturbations dues à l'observation, le didacticien-ingénieur, de par sa fonction même d'ingénieur, intervient explicitement sur l'une au moins des trois instances impliquées dans le système didactique : le savoir en jeu dans la séance. Nous cherchons ici à étudier d'autres interventions du didacticien-ingénieur sur le système didactique, à savoir celles correspondant à ses prises de parole durant la séance de classe. Nous adoptons par conséquent une posture surplombante qui nous conduit à observer le didacticien dans la classe tandis que lui-même observe l'enseignant et ses élèves. Dans cet article, le terme « didacticien » (plus rarement « didacticien-ingénieur ») désignera le chercheur qui cherche à mettre à l'épreuve l'ingénierie didactique qu'il vient de concevoir.

CHOIX METHODOLOGIQUES

Pour étudier ce système inhabituel (du moins en tant que sujet d'étude), nous avons cherché, conformément aux principes de la méthodologie clinique, à extraire de l'observation et de l'analyse d'un cas ordinaire d'expérimentation en classe, des traces révélatrices de phénomènes génériques concernant les influences du didacticien-ingénieur sur le sous-système didactique Classe lors de la mise en œuvre d'une ingénierie didactique.

1. Ingénierie observée

Notre objectif n'est pas ici d'interroger la pertinence de l'ingénierie observée. Si cette question s'avère cruciale pour le didacticien-ingénieur, tel n'est pas l'objet de cet article. Notre étude porte sur les éventuelles perturbations provoquées par ce didacticien lors de l'expérimentation de son ingénierie et non sur la nature même de cette ingénierie. Toutefois, afin d'éviter l'apparition d'éléments parasites et de faciliter l'observation de phénomènes génériques dans un tel contexte, nous avons choisi une ingénierie robuste et maintes fois expérimentée en classe. Il s'agit en effet d'une adaptation d'une situation conçue par l'équipe du COREM (Brousseau G. & N., 1987) : la découverte, en fin d'école primaire (élèves de 10-11 ans), de la notion de fractions à partir d'un travail sur l'épaisseur de différentes feuilles de papier. Cette ingénierie a été reprise et adaptée par une équipe de didacticiens afin d'être utilisée en classe de sixième (élèves de 11-12 ans). Il ne s'agit donc plus d'une première rencontre avec la notion de fractions mais de

la découverte et de la manipulation de nouvelles interprétations de ce concept :

> À l'école élémentaire, l'écriture fractionnaire est introduite en référence au partage d'une unité. Par exemple : $\frac{7}{3}$ est 7 fois un tiers.
>
> Le programme de la classe de 6e a pour objectif d'interpréter aussi comme
>
> - le tiers de 7
> - le nombre qui multiplié par 3 donne 7 ;
> - un nombre dont une valeur approchée est 2,33. (Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008, p.15[3])

La mise en œuvre de cette ingénierie dans un contexte différent de celui prévu à l'origine, a nécessité une transposition, ce qui a contraint l'équipe de didacticiens observée à une réécriture des scenarii proposés par le COREM et à de nouvelles expérimentations en classe.

2. Méthodologie choisie par les didacticiens observés pour l'expérimentation de cette ingénierie

L'objectif premier de cette entreprise résidait dans la production de ressources destinées à la diffusion auprès des enseignants. Il s'agissait par conséquent d'une ingénierie didactique de développement (Chevallard, 2009). Après l'écriture de leurs scenarii, les didacticiens ont choisi d'expérimenter cette ingénierie dans deux classes de sixième (élèves de 11-12 ans) encadrés par deux enseignants ordinaires d'un même collège situé en milieu difficile. Les enseignants s'étaient vu confier une explication des enjeux de cette ingénierie ainsi qu'un descriptif plus détaillé de chacune des séances. Pour accompagner cette mise en œuvre, ont été de plus instaurées des réunions de régulation avant et après chaque séance effective, afin de discuter du déroulement des séances précédentes et de s'assurer de la compréhension des prochains scenarii par les enseignants. Les séances, d'une heure chacune, se sont déroulées sur une période de six semaines pendant l'année scolaire 2013-2014.

Le choix d'un collège réputé difficile accentue le risque d'être confronté à des pratiques de Classe spécifiques (que ce soit de la part des élèves ou de l'enseignant). Comme nous l'avons vu précédemment, les contraintes qui pèsent sur tous les professeurs se trouvent être particulièrement exacerbées dans ce type d'établissement et les répercussions qu'elles ont sur les pratiques enseignantes peuvent compromettre la mise en œuvre d'une ingénierie. Mais cette décision s'explique par la volonté des didacticiens observés de tester leurs scenarii dans des conditions 'extrêmes', partant du principe que cela permettrait d'éprouver de manière plus pertinente la robustesse de leur transposition et des choix opérés sur leurs variables didactiques. Du point de vue de notre recherche, ce choix s'avère également intéressant car, comme Perrin-Glorian (1992) avait pu l'observer, la spécificité des classes dites faibles (milieux sociaux défavorisés, forte proportion d'élèves ayant redoublé…), conduit souvent les enseignants à recourir à des adaptations parfois très éloignées des pratiques induites par la

[3] Les programmes mis en place à la rentrée 2016 n'étaient pas encore en vigueur lors de cette expérimentation.

mise en œuvre d'une ingénierie didactique. Les tentations d'intervenir pour le didacticien seront donc d'autant plus fortes.

Les didacticiens concepteurs de cette ingénierie avaient opté pour une caméra mobile dans la classe afin de pouvoir varier les angles de prise de vue au cours de la séance. Ils avaient décidé que l'un d'entre eux serait présent dans la salle et filmerait lui-même le déroulement des séances afin de choisir au fur et à mesure de la leçon le cadrage le plus pertinent pour l'analyse *a posteriori* (cadrage sur l'enseignant, sur un groupe particulier ou champ large pour saisir l'activité de l'ensemble de la classe...). Une étude des vidéos nous a montré *a posteriori* que ces choix dépendaient essentiellement de l'organisation didactique : lors des phases de travail en classe entière (phases de dévolution ou d'institutionnalisation notamment), le champ était généralement large, permettant de suivre les interactions entre tous les actants, ou plus ponctuellement, centré sur l'enseignant ou sur le tableau ; lors des phases d'action, la caméra était focalisée sur un groupe en particulier, le choix du groupe paraissant *a priori* aléatoire.

3. Données étudiées et critères d'analyse

Nous n'étudions dans cet article que la phase d'expérimentation en classe de cette ingénierie, c'est-à-dire la troisième phase dans la catégorisation d'Artigue (1996). Notre problématique portant sur les interactions entre le didacticien et la Classe durant la mise en place effective de l'ingénierie, nous nous centrons sur les vidéos correspondant aux douze séances de classe (six avec chaque enseignant). La prise en compte des échanges qui ont pu s'opérer entre les didacticiens et les enseignants en dehors des séances de classe (notamment lors des réunions de régulation) aurait certes pu enrichir nos analyses, mais des contraintes pratiques (non enregistrement de ces données) nous obligent à nous cantonner à ce qui s'est passé dans les classes.

Nous avons précédemment évoqué l'influence que la simple présence de la caméra et/ou du didacticien dans la classe pouvait avoir sur le déroulement de la séance. D'autres phénomènes auraient pu être étudiés comme notamment les répercussions de ses gestes, de son attitude sur le comportement de l'enseignant et des élèves. Cependant, nous nous focalisons ici sur les interventions orales du didacticien présent durant la mise en place de l'ingénierie et nous utilisons comme traces les vidéos prises, ce qui nous permet d'accéder aux échanges verbaux de certains actants (dont le didacticien présent) et aux images de l'enseignant et des élèves. Nous avons donc transcrit et étudié l'intégralité des échanges verbaux du didacticien avec la Classe dans les douze vidéos de séances de classe correspondant à la mise en œuvre de l'ingénierie. Précisons que comme le didacticien présent dans la salle était en permanence auprès de la caméra et qu'il n'y a eu aucune interruption dans les vidéos, la bande son nous a permis d'accéder à l'intégralité de ses interventions orales durant les expérimentations en classe.

Nous nous sommes demandé si ces interventions apparaissaient lorsque l'enseignant s'éloignait des objectifs prévus par l'ingénierie et nous avons donc comparé le déroulement effectif des séances avec les attentes du didacticien. C'est pourquoi, même si l'ingénierie ne constitue

que le support et non l'objet de notre étude, il nous a paru nécessaire de présenter en annexe certains repères, un descriptif détaillé n'étant pas envisageable faute de place. Nous avons également indiqué certains éléments du déroulement effectif des séances, permettant de mieux comprendre nos interprétations (voir annexe). Ceci nous a conduites à étudier les causes éventuelles de chacune des interventions du didacticien durant les expérimentations en classe, mais également leur portée sur le sous-système didactique. Par contre, nous n'avons pas considéré comme un paramètre pertinent pour notre recherche la distinction entre les deux Classes de sixième, les enseignants et les élèves de chacune d'elles ne présentant pas de caractéristiques particulières au regard de la problématique étudiée.
Nous avons ensuite procédé à un rapide entretien semi-directif avec le didacticien-ingénieur, au cours duquel nous lui avons demandé de commenter ses interventions afin de nous assurer de la validité de nos interprétations. Ainsi, il nous est apparu que les interventions orales qu'il effectuait pendant les séances étaient toutes spontanées : il ne les avait nullement prévues et seul le déroulement réel des séances l'avait incité à prendre la parole.

Nous avons alors regroupé les interventions du didacticien en fonction de leur finalité et nous avons étudié leurs effets sur le système didactique. Ces considérations nous ont amenées, dans un deuxième temps, à nous interroger sur la légitimité de ces interventions.

RESULTATS

1. Premières remarques

Dans les douze séances de classes que nous avons pu observer, nous avons relevé trente-sept moments où le didacticien-ingénieur intervenait, ces interventions variant d'une simple phrase à un dialogue comprenant jusqu'à dix prises de paroles du didacticien. La majorité d'entre elles (vingt-cinq interventions) étaient à destination des élèves. Alors même que, selon les dires du didacticien observé, cette répartition n'a pas été préméditée, le repérage de ses interventions auprès des élèves nous montre que ces dernières se trouvent principalement concentrées durant les temps de recherche de groupe (phases d'action et de formulation). En effet, durant ces moments où les élèves élaborent leurs techniques et les confrontent à celles de leurs camarades, le didacticien que nous observons, passe de groupes en groupes en intervenant parfois.

Même si elles sont beaucoup plus rares et surtout beaucoup plus courtes que celles adressées aux élèves, on retrouve dans les films étudiés, plusieurs interventions du didacticien auprès des enseignants (douze interventions). En les analysant, nous avons pu remarquer que, si le didacticien s'adresse aux élèves essentiellement pendant des phases d'action ou de formulation, les réactions que nous avons relevées envers les enseignants se situent surtout pendant les phases d'institutionnalisation.

Ces considérations étant posées, nous avons regroupé toutes les interventions du didacticien-ingénieur sur le système didactique (indépendamment de leur destinataire) en quatre catégories en fonction de leur finalité telle que nous avons pu l'interpréter en fonction des éléments que nous possédions.

2. Des interventions pour éclairer les données recueillies

En étudiant les films de cette ingénierie, nous avons pu mettre en évidence six interventions du didacticien qui nous paraissent être de la même nature. Ainsi, pour caractériser l'épaisseur d'un type de feuilles lors de la première séance, un groupe a grossièrement dessiné un rectangle puis a écrit à côté « C0B072 ». Le didacticien en découvrant leur production, leur en demande la raison. La réponse des élèves permet de comprendre qu'il s'agit là d'une désignation, choisie de manière purement aléatoire : comme le jeu consiste pour la moitié de l'équipe à retrouver un type de feuilles grâce au message écrit par les autres élèves, ce groupe a décidé de s'entendre sur des appellations à mémoriser (par exemple « C0B072 » correspond aux feuilles de type A). La forme complexe des conventions choisies s'explique certainement par le fait que l'enseignant leur avait demandé d'écrire un 'code', ce qui a pu être interprété comme la nécessité de trouver un 'code secret', seulement accessible aux membres de leur équipe.

Dans cette même séance, un autre groupe avait proposé comme caractérisation des types de feuilles des nombres entiers. Après demande d'explicitations par le didacticien, il s'est avéré que la stratégie mise en œuvre correspondait bien à une caractérisation de l'épaisseur des différents types de feuilles (dans la mesure où celle-ci est proportionnelle au poids) mais pas sous forme de mesure :

> *D*[4] *: Sept ? Sept pourquoi ?*
>
> *E : Parce que elle est un peu légère. Un peu... […] La C c'est du... on va dire dix, onze. Parce qu'elle est lourde.*

Dans la troisième séance, alors qu'il est demandé d'étudier la validité de différents messages, sachant que le message '2 mm pour 15 feuilles' a été déclaré exact, une élève écrit sur son cahier : '3 mm pour 15 feuilles : faux'. Lorsque le didacticien lui demande d'expliquer son raisonnement, celle-ci répond :

> '*E : j'ai pris sur mon cahier 15 feuilles et j'ai mesuré et ça va pas.*'

Notons l'éclaircissement que cette intervention du didacticien a permis : la réponse étant exacte, le didacticien aurait pu penser que le raisonnement, ici relativement simple, l'était aussi, alors que ses demandes d'explications l'amènent à réaliser la méprise commise : l'élève est restée au stade de la manipulation, utilisée lors des séances précédentes pour appréhender la situation. Le fait de ne plus disposer du matériel approprié n'a pas suffi à la pousser vers des raisonnements plus abstraits.

Ces interventions sont à rapprocher d'une des motivations du didacticien : recueillir toutes les traces nécessaires à l'interprétation des phénomènes didactiques qui se déroulent dans la classe, afin de pouvoir ensuite réaliser une analyse *a posteriori* pertinente. Or, les productions écrites des élèves ne permettent pas toujours d'accéder à leurs raisonnements et même les gestes ou les discussions filmées pendant la séance n'apportent pas forcément les éclaircissements attendus. Le didacticien que nous observons nous dit avoir parfois éprouvé le besoin

---

[4] Dans tous les extraits de transcriptions que nous citons, D représente le didacticien présent lors de la séance, E et E' des élèves de la classe et P l'enseignant.

d'interroger certains élèves pour mieux comprendre leurs dires ou leurs écrits. Dans les trois cas que nous venons de citer, les interventions du didacticien ont effectivement permis de saisir le sens de certaines productions, sans cela difficilement interprétables et parfois même masquant des conceptions erronées chez les élèves.

3. Des interventions pour enrichir l'activité mathématique de la Classe

Nous retrouvons dans cette catégorie la plupart des interventions du didacticien (vingt-trois interventions) et notamment tous les « longs » échanges comprenant plus de cinq prises de paroles du didacticien. Ces échanges ont essentiellement lieu lors du travail de groupe, alors que le didacticien, caméra au poing, et l'enseignant circulent dans la classe.
Ainsi, lors de la première séance de l'ingénierie, le didacticien s'aperçoit qu'un des groupes n'a pas compris une notion essentielle précédemment discutée en classe entière, ce qui l'empêche de réaliser convenablement la tâche demandée. Par une série de questions, il va alors amener ces élèves à comprendre ce que représente l'épaisseur de la table, puis de la feuille, leur permettant ainsi d'appréhender la difficulté posée par la mesure de l'épaisseur d'une feuille, étape indispensable pour comprendre l'intérêt de caractériser celle-ci à partir de l'épaisseur d'un grand nombre de feuilles.

De même, dans la sixième séance, on voit le didacticien intervenir auprès d'un groupe totalement passif alors que l'enseignant leur avait demandé de trouver les messages correspondant à des fractions données (notamment $\frac{2}{15}$). Il leur demande tout d'abord d'expliciter la tâche attendue puis guide peu à peu leur réflexion :

> *E : il faut faire un message qui correspond.*
> *D : alors vas-y.*
> *E et E' : ...*
> *D : ils sont comment les messages ? De quelle forme ils doivent être ?*
> *E' : des fractions.*
> *D : là ce sont des fractions, c'est vrai. Mais moi je voudrais un message avec des mots comme on faisait au départ. Comment ils étaient les messages au départ ?*
> *E' : 2 sur 15*
> *D : alors 2 sur 15 c'est la fraction, je suis d'accord avec toi. Mais regarde comment ils étaient les messages, regarde au tableau. Comment ils étaient les messages ?*
> *E et E' : ...*
> *C : mettons pour les feuilles de type A, c'était quoi les messages ?*
> *E : 4 mm pour 30 feuilles.*
> *C : voilà, très bien. Ils sont de cette forme-là. Alors 2 sur 15, ça va être quoi le message correspondant ?*

Dans ces épisodes, les interventions du didacticien-ingénieur n'ont pas pour objectif de comprendre le raisonnement des élèves mais bien d'influer sur leur activité et ici, en l'occurrence de leur permettre d'entrer dans la tâche. En effet, l'analyse des films recueillis nous montre que certains groupes restent parfois inactifs au début de la phase d'action : le processus de dévolution n'a pas toujours eu lieu, et nous voyons à plusieurs reprises le didacticien accompagner la prise en charge de la tâche par le groupe d'élèves qu'il est en train de filmer.

D'autres interventions du même type apparaissent durant des phases d'action pendant lesquelles les élèves interagissent avec le milieu sans toujours parvenir à appréhender correctement les

rétroactions qu'ils observent. Ainsi, dans la seconde séance, en discutant avec l'un des groupes, le didacticien les amènera à réaliser l'insuffisance de la stratégie proposée, par un jeu de questions-réponses où les élèves sont invités à préciser leur raisonnement et à en percevoir les limites. Cette prise de conscience aurait pu se faire en autonomie si les élèves avaient interprété certaines rétroactions du milieu de la manière attendue mais dans ce groupe, tel n'avait pas été le cas. Le didacticien pallie cet imprévu en provoquant lui-même l'interrogation du milieu par les élèves. De manière similaire, il attire l'attention des élèves sur certaines informations ou contraintes exposées par l'enseignant et non prises en compte lors des recherches en groupe (*Dans la première séance, D : alors qu'est-ce qu'il vient de vous dire le professeur ?*).

On observe également chez le didacticien-ingénieur, certains gestes d'aide à la formulation, comme on peut le voir dans l'extrait suivant, comme dans cet échange extrait de la troisième séance :

> E*' : Moi y'a le '4 mm pour 30 feuilles' et le '4 mm pour 37 feuilles'. C'est faux*
> *D : pourquoi*
> *E' : parce que c'est le même.*
> *D : c'est le même quoi*
> *E' : c'est la même feuille et c'est pareil, c'est le même millimètre*
> *D : c'est la même épaisseur*
> *E' : épaisseur.*
> *D : mais pas...*
> *E : …*
> *D : qu'est-ce que c'est qui est différent ?*
> *E' : mais pas les mêmes feuilles.*
> *D : mais pas le même nombre de feuilles.*

À partir du premier énoncé 'c'est faux', le didacticien amène ce groupe à expliciter la contradiction repérée : dans ces deux messages, un type de données est identique alors que l'autre diffère ; ils ne peuvent donc pas être équivalents. Le didacticien accompagne les élèves dans le processus de formulation, les pousse grâce à ses questions ou ses reformulations à davantage de précision.

De même, dans cette même séance, alors qu'un des élèves vient d'exposer son idée, sans réussir à se faire comprendre de ses camarades, le didacticien joue le rôle de médiateur entre élèves, accompagnant la phase de formulation nécessaire à la confrontation des différentes stratégies :

> *D : Tu peux lui réexpliquer ce que tu essaies de faire en faisant ça ?*
> *E : ben de leur donner des indications.*
> *D : des indications sur quoi ?*
> *E : sur la feuille.*
> *D : sur quoi dans la feuille exactement ?*
> *E : sur l'épaisseur.*

Dans ces différents échanges la posture adoptée par le didacticien-ingénieur semble réellement proche de celle théoriquement occupée par l'enseignant de la classe. Nous le voyons ainsi accompagner le travail des élèves grâce à des gestes de dévolution (Brousseau, 1997) ou de régulation (Sensevy, 2007) que l'on s'attend habituellement à observer chez l'enseignant. Par exemple la gradation dans les informations apportées par le didacticien dans tous ces échanges et les nombreuses questions adressées aux élèves rappellent les phénomènes de réticence didactique (Sensevy G. & Quilio S., 2002) mis en évidence chez l'enseignant, lorsqu'il s'interdit de livrer à ses

élèves les connaissances visées. D'ailleurs, dans les enregistrements que nous avons étudiés, nous entendons l'enseignant de la classe intervenir auprès d'autres groupes avec les mêmes objectifs. Ainsi, le didacticien-ingénieur joue en quelque sorte le rôle d'un co-enseignant, ce qui permet de dédoubler l'accompagnement apporté aux élèves.

Nous avons également relevé certaines interventions à destination de l'enseignant qui nous paraissent avoir quelques similitudes avec celles précédemment étudiées. Ainsi, dans la quatrième séance, le didacticien-ingénieur souffle-t-il à l'un des enseignants, lors d'une mise en commun, l'idée d'un contre-exemple pour invalider la proposition d'un élève. De même, dans la cinquième séance, le didacticien conseille au professeur d'interroger une élève dont la production s'avère particulièrement intéressante pour la discussion qui doit être menée en classe entière. Enfin, dans la première séance, le didacticien pose lui-même une question à la classe, afin de pousser l'enseignant à insister sur un point jugé délicat :

> *D : est-ce que on pourrait juste avoir des explications sur ce dernier groupe : comment vous avez trouvé le 0 virgule 1, et ensuite comment les récepteurs ont fait avec ce message là pour essayer de trouver le tas de feuilles ?*

Cette intervention qui se situe durant la mise en commun, avait pour objectif de pousser ces élèves à détailler leurs techniques afin que la classe cible l'information manquante : pour qu'un message permette de trouver le bon type de feuilles, il doit comporter à la fois l'épaisseur mais également le nombre de feuilles du paquet. Nous notons, dans cette intervention, la forme interrogative de la première phrase où le didacticien demande l'autorisation d'interférer dans le déroulement du cours ainsi que l'utilisation du pronom 'on' qui englobe le didacticien mais également l'enseignant et le reste de la classe comme bénéficiaire de cette requête : le didacticien tente de s'effacer derrière l'enseignant, de minimiser son rôle aux yeux de la classe dans sa globalité.

Par conséquent nous constatons, dans toutes les interventions étudiées dans cette partie, une volonté du didacticien-ingénieur de placer la Classe dans des conditions qu'il considère idéales soit en doublant l'accompagnement proposé aux élèves dans les phases d'action et de formulation soit en essayant d'enrichir les phases d'institutionnalisation.

4. Des interventions pour garantir le respect de l'ingénierie

Intéressons-nous à présent aux interventions du didacticien qui apparaissent lorsque le déroulement de la séance s'éloigne des prévisions de l'ingénierie. Nous avons relevé sept interventions du didacticien-ingénieur dans ce cas de figures et parmi elles, presque toutes sont à destination des enseignants.

Ainsi, dans la deuxième séance, l'enseignant avait introduit les fractions et les avait présentées comme une simple notation, alors que l'ingénierie prévoyait que le lien avec la notion de fraction-partage introduite en primaire s'établisse plus tard, lors de la recherche de l'épaisseur d'une feuille. Cette observation avait suscité une discussion en réunion de régulation et la nécessité de motiver l'utilisation de ce concept en établissant une relation entre la fraction-partage et la commensuration avait été soulignée. Pourtant, dans la cinquième séance, cet enseignant réutilise sa première approche. Le didacticien intervient alors brièvement en aparté durant la séance (ceci s'entend dans l'enregistrement audio de la caméra que le didacticien tient

toujours) afin de lui rappeler de quelle manière ce concept devait être introduit, ce qui amènera l'enseignant à reprendre ce point en classe entière.

De même, dans la troisième séance, un élève annonce que les messages '11 mm pour 50 feuilles' et '6 mm pour 25 feuilles' sont équivalents. Cette approximation fait obstacle à la règle que l'on cherche ici à institutionnaliser à savoir « Lorsque l'on multiplie (ou que l'on divise) l'épaisseur et le nombre de feuilles d'un message par un même nombre, on obtient un message équivalent ». Pourtant, l'enseignant répondra :

> *P : ouais c'est vers les environs de 6, je suis d'accord avec toi. […] Pourquoi ils auraient mis 6 et pas 5,5 les élèves ? […] peut-être ils ont pas bien regardé, tu veux dire, au niveau de la mesure. Ça c'est une bonne idée aussi, d'accord.*

Ce binôme continue donc d'utiliser cette même technique par la suite, ce qui amène un des élèves à conclure que les deux messages « 11 mm pour 50 feuilles » et « 4 mm pour 25 feuilles » sont équivalents :

> *E : parce que 11 divisé par 2, ça fait 5,5, c'est vers les 4. À peu près.*

Le didacticien intervient alors auprès de ce groupe, en essayant d'inciter les élèves à une plus grande rigueur sans pour autant contredire ouvertement les propos de l'enseignant :

> *D : essayez d'être bien précis, quand même. […] oui, mais c'est 5,5 normalement, d'accord ?*

Il arrive également que le didacticien intervienne afin de garantir le respect de l'ingénierie, non pas de son propre chef, mais suite à une sollicitation de l'enseignant. Un épisode de ce type apparaît dans la troisième séance durant laquelle il est prévu que les élèves abandonnent l'expérimentation autour des feuilles. À ce stade de l'ingénierie, les élèves doivent déterminer si deux messages sont équivalents, uniquement en travaillant sur des situations de proportionnalité. Suite à la demande d'un des élèves qui souhaite effectuer une mesure réelle, l'enseignant répond pourtant :

> *P : bien sûr on a le droit de revenir, non de... (regard interrogateur au didacticien)*
>
> *D : normalement, avec tes codages...*
>
> *P : ah non, on n'a pas le droit. Bon, ça vous touchez plus.*

Ici, la réponse de l'enseignant compromet l'avancée de l'ingénierie. En effet, cette autorisation à revenir au réel et aux manipulations permet certes aux élèves d'éprouver la validité d'un message donné, mais leur évite la confrontation visée avec le modèle mathématique. Suite à la réponse sibylline du didacticien, l'enseignant interdira toute manipulation effective des feuilles, ce qui contraint alors les élèves à appuyer leurs raisonnements sur des calculs et donc à s'acheminer vers le concept de fractions.

De même, lors de la cinquième séance, l'enseignant déclare, en cherchant des yeux l'assentiment du didacticien-ingénieur :

> *P (au didacticien) : c'est pas trop dans le scénario mais ça m'a l'air intéressant comme remarque.*

Le didacticien ayant acquiescé, l'enseignant poursuit sa réflexion sur la relation existant entre $\frac{2}{15}$ et $\frac{4}{30}$. Ce point soulevé par la remarque d'un

élève s'avérait effectivement en accord avec la progression de l'ingénierie, même s'il n'avait pas été explicitement prévu. Enfin, dans la première séance, l'enseignant s'adresse directement au didacticien pour vérifier que la consigne qu'il vient de donner est bien conforme aux attentes :

> *P (au didacticien) : est-ce qu'il manque des choses ?*
> *D (au professeur) : Juste que à chaque fois vous pourrez ...*
> *P (s'adressant aux élèves) : Là, on écoute. Là Rayan, c'est important.*

Le professeur contraint ici le didacticien-ingénieur à sortir de sa fonction d'observateur en se déchargeant temporairement sur lui de son rôle d'enseignant, présentant même aux élèves la parole du didacticien comme ayant une plus grande valeur que son propre discours ('*Là*, on écoute. *Là*, Ryan, c'est important.').

Nous remarquons dans ces extraits la volonté du didacticien (mais également de l'enseignant lorsqu'il sollicite le didacticien) de s'assurer que l'ingénierie soit correctement mise en œuvre. Ceci est à rapprocher de l'objectif premier du didacticien-ingénieur pour qui cette expérimentation constitue l'unique moyen de mettre à l'épreuve son ingénierie et d'observer les effets produits par ses choix.

Nous pouvons noter que les interventions de ce type sont toujours très discrètes. Le didacticien-ingénieur nous dira en entretien post qu'il a au maximum évité ces interventions afin de ne pas empiéter sur le topos de l'enseignant et surtout afin de ne pas le contredire devant ses élèves. D'ailleurs, le didacticien n'est pas systématiquement intervenu en cas de non-respect de l'ingénierie didactique par l'enseignant, comme nous pouvons le constater dans l'épisode suivant qui s'est déroulé lors de la sixième séance. Les élèves devaient trouver des fractions égales en utilisant les techniques établies pour déterminer des messages équivalents. L'objectif de la séance était d'établir que, comme il s'agissait à chaque fois du même type de papier, les épaisseurs (et donc les fractions) étaient forcément égales. Ceci devait permettre, en observant les procédés utilisés pour trouver des messages équivalents, de découvrir certaines techniques permettant d'obtenir des fractions égales à une fraction de départ (multiplication ou division des numérateurs et dénominateurs par un même nombre). Au lieu de cela, dès le début de la séance, l'enseignant affirme sans justification :

> *P : de la même manière que on faisait pour trouver des messages qui étaient égaux, eh ben on va faire pareil pour les fractions.*

Ceci pousse la classe à chercher directement des fractions égales à celle de départ en multipliant ou en divisant par un même nombre les numérateurs et les dénominateurs, alors que le parallèle entre messages et fractions constituait un des principaux intérêts de cette ingénierie. Durant cet épisode, nous notons que le didacticien-ingénieur, même s'il constate que le processus prévu et encouragé par l'ingénierie est court-circuité par la proposition du professeur, laisse la séance se dérouler sous l'autorité de ce dernier.

5. Une intervention pour compenser une faiblesse de l'ingénierie

Enfin, une dernière intervention du didacticien-ingénieur que nous observons mérite d'être classée dans une catégorie à part. Lors de la première séance, alors que les élèves doivent concevoir un message pour caractériser un type de feuilles, ces derniers s'intéressent au poids

ou à la flexibilité, voire attribuent à chaque type de feuilles un codage aléatoire, mais nul ne pense à utiliser l'épaisseur de la feuille. Il s'agit d'un obstacle anticipé lors de l'analyse *a priori* : comme il est impossible de distinguer à l'œil nu ou de mesurer avec les instruments de géométrie usuels l'épaisseur d'une feuille, cette grandeur ne semble pas permettre de caractériser les différents supports. Là résidait tout l'intérêt de cette situation : l'impossibilité de ne considérer qu'un seul exemplaire devait conduire les élèves à raisonner sur plusieurs éléments et à caractériser un type de feuilles par deux données : l'épaisseur et le nombre d'exemplaires considérés, ce couple de nombres permettant ensuite d'écrire l'épaisseur d'une feuille comme une fraction. Mais pour en arriver là, les élèves devaient au préalable avoir été confrontés à la problématique posée par la mesure de l'épaisseur d'une feuille. C'est pourquoi il avait été prévu dans l'ingénierie, d'amener les élèves à discuter en classe entière des spécificités des différents tas de feuilles et de leur demander de concevoir des messages qui permettraient de caractériser leur épaisseur. Cette directive donnée aux enseignants a effectivement permis aux élèves des deux classes observées, d'évoquer la notion d'épaisseur, mais n'a pas suffi pour les orienter vers la recherche de la mesure de cette épaisseur.

Cet événement révèle une faiblesse de l'ingénierie didactique qui n'avait pas anticipé ce cas de figure. Les recherches de groupes ne permettant pas aux élèves de dépasser cet obstacle et de faire avancer le temps didactique, le didacticien-ingénieur est intervenu durant la séance afin de remédier directement à cette faiblesse de l'ingénierie. Il a conseillé en aparté à l'enseignant d'effectuer un bilan en classe entière et d'amener les élèves à réfléchir aux manières de caractériser l'épaisseur d'un type de feuilles : une échelle du type 'très fin', 'moyennement fin'… ne permettant pas de distinguer un grand nombre de types de papier, les enseignants devaient guider les élèves jusqu'à l'idée de mesure. Cette discussion, menée par l'enseignant, a effectivement provoqué la confrontation des élèves avec la problématique souhaitée, puis l'élaboration, lors d'une nouvelle recherche de groupes, de messages plus pertinents au vu de l'enjeu de la séance. Suite à cette expérimentation, l'ingénierie a été remaniée dans ce sens, puis à nouveau éprouvée dans deux autres classes de sixième où ces modifications ont conduit à une activité mathématique des élèves beaucoup plus riche.

DISCUSSION

1. Quels sont les risques entraînés par les interventions du didacticien ?

Cette étude nous permet de constater que, même si ces événements demeurent relativement exceptionnels, le didacticien-ingénieur que nous observons a effectivement été amené à intervenir à la fois auprès des élèves et des enseignants au cours des séances de classe et ce pour diverses raisons. Regardons les risques que ce type d'interventions peut entraîner, à la fois en ce qui concerne la fiabilité des données récoltées pour la recherche et l'équilibre du système didactique.

Tout d'abord, s'il intervient trop régulièrement, le didacticien entrera lui-même dans le système didactique, ce qui biaisera les résultats de ses observations : son ingénierie ne sera plus mise à l'épreuve dans un système didactique classique formée par un professeur et ses élèves mais par un système didactique exceptionnel constitué d'un enseignant, ses élèves et un didacticien jouant le rôle d'enseignant suppléant. L'analyse *a posteriori* d'une telle séance ne sera alors plus d'une grande utilité pour anticiper le déroulement de ces scénarii dans un système didactique ordinaire.

Par ailleurs, le fait que le didacticien empiète ainsi sur le topos de l'enseignant peut s'avérer dangereux : il est possible qu'alors l'enseignant se décharge d'une partie de ses responsabilités d'enseignement sur le didacticien. Nous avons ainsi pu relever certaines sollicitations du professeur qui demandait au didacticien devant la classe son assentiment quant aux réponses à donner aux élèves. Les rôles risquent même de s'inverser temporairement, l'enseignant laissant la place au didacticien pour ne plus occuper que le rôle d'enseignant suppléant. Auteur (2011), a ainsi étudié une expérimentation en classe d'une ingénierie didactique où le didacticien prenait ponctuellement la place du professeur afin de réguler lui-même certaines phases de travail collectif, ce qui déstabilisait l'enseignant au point de lui faire perdre ses repères et ses objectifs.

Enfin, une éventuelle prise en charge régulière par le didacticien d'une part du travail de l'enseignant pourrait être préjudiciable pour le système didactique lui-même. Cela pourrait remettre en cause le contrat didactique en vigueur dans la classe, voire discréditer l'enseignant aux yeux de ses élèves : si le didacticien apparaît comme un « super prof », en mesure de rectifier les propos de l'enseignant, ce dernier perdra son statut de garant du savoir.

Il nous paraît donc essentiel de nous interroger sur la pertinence des interventions du didacticien durant ces séances et c'est pourquoi nous allons étudier chacune des catégories d'interventions que nous avons pu relever durant nos observations pour déterminer si le gain apporté au regard du risque encouru permet de les légitimer.

2. Étude de la légitimité des interventions observées

Nous avons pu isoler dans nos observations quatre types d'interventions du didacticien sur le système didactique, interprétées ainsi par nous : celles permettant au didacticien une meilleure compréhension des données recueillies, celles cherchant à placer la Classe dans des conditions jugées optimales, celles visant à garantir une reproduction aussi fidèle que possible de l'ingénierie et celles ayant pour finalité de remédier à une lacune imprévue de l'ingénierie.

a. Des interventions qui nous paraissent légitimes

La première catégorie d'interventions visait à enrichir l'analyse *a posteriori* qui suivait la séance de classe. Ainsi le didacticien interroge durant la séance les élèves pour mieux comprendre leurs raisonnements. Ce phénomène peut être rapproché des 'entretiens post' parfois conduits auprès des élèves après la séance afin de les amener à expliciter leurs stratégies. Certes, le fait d'interroger les élèves durant le cours renforce l'influence du didacticien sur le système étudié (attirer l'attention des élèves sur une production ou les amener à reformuler leurs

raisonnements peut influer sur les stratégies choisies par la suite) mais les interventions de ce type que nous avons pu relever étaient relativement rapides et nous pouvons penser que leur impact, sans être négligeable, s'est révélé assez limité. Par ailleurs cette pratique offre un certain intérêt pour la recherche dans la mesure où elle permet d'obtenir des commentaires 'à chaud', alors que l'on peut s'interroger sur la fidélité des souvenirs recueillis lors des entretiens post. Par conséquent, nous n'en discutons pas ici la légitimité.

Nous ne nous attardons pas non plus sur la dernière catégorie d'interventions qui ne comprend qu'une seule intervention : lors d'une séance, les choix opérés dans le scénario proposé n'ayant pas produit l'effet escompté, le temps didactique n'avançait plus, ce qui était préjudiciable à la fois du point de vue de l'expérimentation de l'ingénierie et du processus d'enseignement dans la classe, si bien que le didacticien s'est senti obligé d'intervenir pour remédier à cette situation.

b. Des interventions a priori plus discutables

Les autres interventions, par contre, nous semblent davantage sujettes à polémique car elles visent explicitement une modification de l'activité de l'enseignant ou des élèves. Par conséquent, la séance étudiée ne peut plus être considérée comme une mise en œuvre ordinaire des scénarii de l'ingénierie : les interventions du didacticien en interaction directe avec le professeur ou les élèves imposent une adaptation plus ou moins importante de leur attitude face au savoir, enjeu de l'ingénierie, voire même modifient sensiblement leur topos respectif. Pouvons-nous alors les justifier ou bien au contraire constituent-elles un obstacle au travail scientifique dans lequel est engagé le didacticien-ingénieur ?

Considérons tout d'abord les interventions du didacticien visant à améliorer le fonctionnement du système didactique durant l'expérimentation. D'après Perrin-Glorian (2011), lors de l'expérimentation en classe des ingénieries de premier niveau, l'objectif est de repérer les effets produits par les scenarii élaborés afin d'ajuster éventuellement les variables de commande. Le didacticien cherche alors des conditions expérimentales « protégées » afin d'éviter que cette mise en œuvre ne viennent être perturbée par des phénomènes extérieurs à l'ingénierie. Le système didactique parfait n'existant pas, on peut comprendre que le didacticien tente d'épauler l'enseignant afin de s'en approcher et de vérifier ainsi que, dans des conditions « optimales » tout au moins, la séance se déroule conformément aux prévisions de son analyse *a priori*. Si cette première étape s'avère concluante, le didacticien sera arrivé à un théorème d'existence : *il existe des conditions dans lesquelles cette ingénierie permet d'atteindre les objectifs de savoirs visés.* Dans le cas contraire, l'éventuelle apparition de dysfonctionnements ne pourrait être imputée qu'à une faiblesse de l'ingénierie, ce qui imposerait une réécriture partielle du scénario envisagé et une nouvelle expérimentation dans les mêmes conditions. Dans notre observation, qui correspondait à une ingénierie de développement de premier niveau, ces considérations peuvent expliquer l'attitude du didacticien qui, par moment, seconde l'enseignant afin d'optimiser l'accompagnement de l'activité mathématique des élèves.

c. Des interventions qui auraient pu être évitées ?

Nous avons enfin pu observer certaines interventions du didacticien lorsque le déroulement de la séance s'éloignait du scénario prévu par l'ingénierie. Ceci peut s'expliquer par la volonté du didacticien d'observer une mise en œuvre fidèle de son ingénierie. Toutefois, deux points viennent nuancer ce propos.

Tout d'abord, lorsque les écarts observés entre les prévisions et la mise en œuvre s'expliquent par une mauvaise compréhension par les enseignants des enjeux de l'ingénierie, il convient de se demander quelles en sont les causes : la dévolution auprès des enseignants a-t-elle été suffisante ? Leur a-t-il manqué une acculturation à certaines connaissances épistémologiques et certains concepts didactiques ? Dans ce cas, le didacticien aurait-il pu apporter en amont les éléments de formation nécessaire pour éviter d'avoir à intervenir durant la séance ? En ce qui concerne l'expérimentation que nous avons observée, il est difficile de répondre à ces questions à partir des seules données dont nous disposons. Pour pouvoir pousser plus loin cette réflexion, il aurait été intéressant d'étudier les enregistrements des réunions de régulation et des échanges mails entre le didacticien et les enseignants afin d'analyser les explications qui ont été données concernant les points sur lesquels nous avons observé des variations entre les prévisions de l'ingénierie et la mise en œuvre dans la classe.

Par ailleurs, les écarts entre les prévisions du didacticien et la mise en œuvre dans la classe pourraient être dus à des adaptations au contexte spécifique de la classe. En effet, chaque enseignant étant soumis à des contraintes différentes, il n'est pas envisageable pour le didacticien de prendre en compte dans son analyse *a priori* toutes ces spécificités et de concevoir un scénario qui pourrait convenir à toutes les systèmes didactiques. C'est par conséquent à l'enseignant – et à lui seul – de procéder aux adaptations les plus pertinentes pour sa classe. Ainsi, le didacticien doit parvenir à transmettre des indications suffisamment précises pour que l'enseignant saisisse les enjeux didactiques de l'ingénierie, tout en lui laissant assez de latitude pour qu'il puisse l'adapter aux contraintes spécifiques auxquelles il est soumis, ce qui revient à viser une reproductibilité non plus externe, mais interne (Artigue, 2011). Par conséquent, on peut se demander si, dans le cas de l'ingénierie que nous avons observée, une meilleure dévolution auprès de l'enseignant n'aurait pas évité au didacticien ce type d'interventions durant l'expérimentation.

d. Des interprétations à nuancer

Déterminer les causalités et les effets de chaque intervention s'est avéré une opération délicate. Même si nous nous sommes appuyées sur les propos du didacticien, il n'est pas exclus que ces interactions auraient pu être interprétées de manière différente par un autre chercheur, ce qui aurait certainement mené à quelques variations dans notre classification. Toutefois, nous pensons que notre réflexion aura tout de même permis de questionner la légitimité de ces interventions en fonction de leur nature.

Précisons enfin que si les catégories d'interventions observées (notamment les trois premières) nous paraissent pouvoir se justifier dans le cas d'une ingénierie de premier niveau, il en serait tout autrement pour une ingénierie de second niveau. En effet, la validité

théorique des situations ayant préalablement été établie, il s'agit alors d'étudier la viabilité des scenarii dans un système didactique ordinaire. Il nous semble donc essentiel que cette expérimentation s'effectue sans intervention du didacticien.

CONCLUSION

L'étude des interactions du didacticien et du système didactique observé nous semble instructive à plus d'un titre. Tout d'abord, le repérage des moments où le didacticien s'est senti obligé d'intervenir durant l'expérimentation en classe pourrait permettre de cibler d'éventuelles faiblesses soit au niveau de son ingénierie proprement dite (les moments où il a dû seconder l'enseignant correspondent certainement à des étapes plus délicates à mettre en œuvre dans une classe ordinaire), soit en ce qui concerne sa diffusion auprès d'autres professeurs (si ces interventions sont motivées par une méprise de l'enseignant concernant les enjeux de l'ingénierie). Il s'agit donc d'une analyse essentielle pour le didacticien-ingénieur afin de lui permettre d'améliorer ces points avant de passer à une ingénierie de second niveau.

Par ailleurs, notre étude de la nature de ces interventions et notre proposition de classification peut amener une réflexion, en amont des prochaines expérimentations, sur les finalités et les répercussions de chaque catégorie d'interventions. Didacticien et enseignant pourront alors s'entendre sur les interventions qu'ils jugent légitimes durant la séance de classe, en fonction du niveau d'ingénierie considérée ou d'autres facteurs (nécessité d'intervenir pour recadrer toute distorsion des scenarii ou possibilité de laisser l'enseignant mettre en œuvre ses propres adaptations …). Ceci rappelle la décision du COREM d'établir un véritable contrat décrivant les responsabilités de chacun durant l'expérimentation :

> définir la répartition des responsabilités entre chaque sous-système et les règles du fonctionnement autonome maximal sont la première condition du respect mutuel que se doivent les participants. (Brousseau, 2008, p.12).

Il convient toutefois de noter que la catégorisation des interventions que nous avons mise en évidence ne découle de l'observation que d'une seule expérimentation d'ingénierie didactique. Ces catégories sont-elles génériques ou d'autres types d'interventions pourraient-elles apparaître dans des circonstances similaires ? Pourrait-il également arriver que cette classification s'avère plus délicate : un observateur extérieur parvient-il toujours à repérer la finalité des interventions du didacticien ? Et certaines interventions ne pourraient-elles pas appartenir à plusieurs catégories à la fois ? Il conviendrait de procéder à d'autres études de ce type pour éclaircir ces points.

Notons enfin que l'analyse des comportements de personnes appartenant à notre propre institution, nécessite un effort d'objectivation que nous avons trouvé délicat à réaliser. Dans cet article, nous avons considéré le didacticien et le système didactique

dans lequel l'ingénierie didactique était expérimentée comme un système global, sujet de notre étude. Cette prise de distance nous a aidées à nous détacher de notre position de didacticiennes pour pouvoir appréhender le didacticien observé comme un simple actant de notre nouveau système. Il conviendra de regarder dans des recherches ultérieures si cette modélisation s'avère effectivement pertinente pour étudier les interactions entre le didacticien et le système didactique observé.

RÉFÉRENCES

ARAYA-CHACON, A.-M. (2008). *La gestion de la mémoire didactique par le professeur dans l'enseignement secondaire des mathématiques : Étude du micro-cadre institutionnel en France et au Costa Rica* (Thèse de doctorat). Université Paul Sabatier, Toulouse.

ARSAC, G. (1989). La transposition didactique en mathématiques. In Arsac. G, Develay M., Tiberghien A. *La transposition didactique en mathématiques, en physique, en biologie.* Université Lyon I, 3-36.

ARTIGUE, M. (1996). Chapitre 4 : Ingénierie didactique. *In Didactique des mathématiques* sous la direction de J.Brun. Lausanne, Paris, 243-274.

ARTIGUE, M. (2011). L'ingénierie didactique comme thème d'étude. In Margolinas C. et al. (Ed.). *En amont et en aval des ingénieries didactiques. Actes de la XVe école d'été de didactique des mathématiques*. Grenoble, 15- 26.

BROUSSEAU, G. & BROUSSEAU, N. (1987). *Rationnels et décimaux dans la scolarité obligatoire*. IREM de Bordeaux.

BROUSSEAU, G. (1997). *Théorie des situations didactiques,* La Pensée Sauvage.

BROUSSEAU, G. (2008). Notes sur l'observation des pratiques de classe. Actes d'ICME 11. Monterrey, 2008.

BUTLEN, D., PELTIER-BARBIER, M.-L., & PEZARD M. (2002). Nommés en REP, comment font-ils ? Pratiques de professeurs d'école enseignant les mathématiques en REP : contradiction et cohérence. *Revue Française de Pédagogie*, 140, 41-52.

CHEVALLARD, Y. (2002). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. In S. Maury & M. Caillot (Ed.), *Rapport au savoir et didactiques*, Éditions Fabert, Paris. 81-104.

CHEVALLARD, Y. (2009). La notion d'ingénierie didactique, un concept à refonder. *15ème école d'été de Didactique des mathématiques.*

GARFINKEL, H. (2007). *Studies in Ethnomethodology*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1967. Traduit en français en 2007 : Paris, PUF.

GINZBURG, C. (1989). *Mythes, emblèmes, traces. Morphologie et histoire.* Paris : Flammarion.

GRENIER, D. (1988). C*onstruction et étude du fonctionnement d'un processus d'enseignement sur la symétrie orthogonale en sixième* (Thèse). Université Joseph Fournier, Grenoble I, Grenoble.

LEUTENEGGER, F. (2000). Construction d'une "clinique" pour le didactique. Une étude des phénomènes temporels de l'enseignement. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 20(2), 209-250.

MATHERON, Y. & QUILIO, S. (2014). L'accès au milieu scolaire pour l'élaboration et l'expérimentation d'ingénieries didactiques de recherche : conditions et contraintes. Le dispositif des LéA (Lieux d'éducation associés à l'IFE). *Actes du Séminaire National de Didactique des Mathématiques du 24 janvier 2014*. ARDM.

AUTEUR (2011). *Étude exploratoire de la mise en place non experte d'un PER dans une classe ordinaire au Liban.* Mémoire de Master. Université d'Aix - Marseille I.

PELTIER-BARBIER, M.-L. (2004). *Dur d'enseigner en ZEP*. Éditions La pensée sauvage, Grenoble.

PERRIN-GLORIAN, M.-J. (1992). *Aires de surfaces planes et nombres décimaux. Questions didactiques liées aux élèves en difficulté aux niveaux CM-6e* (Thèse). Université de Paris 7, Paris.

PERRIN-GLORIAN, M.-J. (2011). L'ingénierie didactique à l'interface de la recherche avec l'enseignement. Développement de ressources et formation des enseignants. In Margolinas C. et al. (Ed.). *En amont et en aval des ingénieries didactiques. Actes de la XVe école d'été de didactique des mathématiques.* Grenoble, 57-78.

ROBERT, A. (2010). Formation professionnelle des enseignants de mathématiques du second degré. *Repères-IREM*, 80, 87-103.

SCHUBAUER-LEONI M.-L. & LEUTENEGGER F. (2002). Expliquer et comprendre dans une approche clinique/expérimentale du didactique ordinaire. In F. Leutenegger et M. Saada-Robert (Ed.). *Expliquer et comprendre en sciences de l'éducation.* (pp.227-251). Bruxelles : De Boeck.

SENSEVY, G., & QUILIO, S. (2002). Les discours du professeur. Vers une pragmatique didactique. *Revue Française de Pédagogie*, 141, 47-56.

SENSEVY, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In Sensevy G. et Mercier A. (Ed.). *Agir Ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves dans la classe*. Rennes : Presses universitaires de Rennes, 13-49.

ANNEXE

<u>Séance 1</u> : caractériser l'épaisseur d'une feuille de papier
Objectif : associer à chaque type de feuille de papier un message du type « 2 mm pour 30 feuilles ».
Sur une table, dans un coin de la salle, l'enseignant a disposé cinq tas de feuilles blanches de même format ; chaque tas d'épaisseur différente est désigné par la lettre A, B, C, D ou E. L'enseignant demande aux élèves de déterminer un moyen de distinguer entre elles les différentes sortes de feuilles qu'il leur présente. Des feuilles circulent au sein de la classe qui se met d'accord pour les distinguer par leur épaisseur.
Les élèves sont répartis en groupe de quatre ou cinq. Le travail à effectuer est alors de rechercher pendant quinze minutes un code pour désigner l'épaisseur de chaque type de feuilles, code que tous les membres de l'équipe doivent avoir compris. Les élèves peuvent librement aller chercher des feuilles de chaque type au fond de la salle. Ils élaborent des codes plus ou moins complexes, proposant soit un message correspond à une gradation dans l'épaisseur (plus ou moins fin, plus ou moins épais) soit à des codes avec des lettres et des chiffres choisis arbitrairement qui ne sont interprétables que par leurs coéquipiers. D'autres encore, ne pouvant mesurer l'épaisseur, s'intéressent à d'autres grandeurs (souplesse, poids, capacité de pliage…).
L'enseignant intervient en plénière pour faire le point sur les idées trouvées, pour inciter les élèves à chercher une technique de codage pertinente même pour un nombre bien plus important de types de feuilles. Il insiste également sur le concept d'épaisseur par analogie avec l'épaisseur de la table.
Une fois l'idée de « mesure de l'épaisseur » installée chez les élèves, le travail de groupe reprend. Beaucoup se découragent rapidement parce que c'est « trop petit », certains mesurent la longueur ou la largeur…D'autres encore se contentent d'approximations assez grossières, du type « 1 mm » ou « moins de 1 mm ». Cependant, certains élèves ont pensé à diviser l'épaisseur d'un tas de feuilles par le nombre total de feuilles. Un élève a même essayé de poser la division puis s'est découragé.
S'en suit une phase de communication durant laquelle une moitié de chaque équipe (les récepteurs) attend plus ou moins patiemment le message rédigé par l'autre moitié de l'équipe (les émetteurs) pour caractériser un des types de feuilles. Les récepteurs indiquent alors le type de feuilles correspondant au message reçu après avoir effectué les manipulations nécessaires sur les feuilles de chaque type qui sont toujours à leur disposition. Les équipes se reforment alors pour juger de la pertinence du message proposé, puis la discussion se poursuit en classe entière.

<u>Séance 2 :</u> caractériser l'épaisseur d'une feuille de papier (suite).
Objectif : même objectif que pour la séance 1
Le professeur débute la séance en rappelant les problèmes rencontrés pour établir un code efficace, valable même pour un nombre beaucoup plus important de types de feuille. L'intérêt de la mesure de l'épaisseur est à nouveau relevé mais les élèves soulignent leurs difficultés pour mesurer l'épaisseur d'une feuille. Après les avoir invité à poursuivre sur cette piste, l'enseignant lance un nouveau temps de recherche en groupes dont l'objectif est de s'accorder sur un codage pertinent pour chaque type de feuilles. Les élèves ont toujours les tas de feuilles à leur disposition. Si au départ, presque tous les élèves essaient de mesurer l'épaisseur d'une feuille, certains pensent rapidement à en prendre plusieurs du même type dont ils font un tas, technique qui se diffuse peu à peu dans la classe.
La dernière phase de cette séance, est consacrée à la collecte des codes, collecte que l'enseignant réalise dans un tableau à double entrée (Type de feuilles /

Numéro d'équipe). La plupart des codages comportent les informations attendues (mais tous les groupes n'ont pas terminé leurs mesures) et différents types de messages sont proposés : 'C = 14 et 3mm' ; '8 mm pour 50 feuilles' (2 groupes) ou encore :'6mm pour 15 feuilles' (ce groupe a décidé de prendre 15 feuilles pour tous les types de feuilles) ; '15f pour 6mm'; 'elle est épaisse, elle mesure 5 cm et elle est presque cartonnée' ; 'la boite D : 1 m'. L'enseignant insiste sur la nécessité d'avoir les deux types d'informations : la mesure de l'épaisseur et le nombre de feuilles. Des commentaires viendront émailler la réalisation de ce tableau : des tas de feuilles de types différents devront avoir des épaisseurs différentes pour un même nombre de feuilles, ou bien des remises en cause du modèle additif (ajouter une feuille ne correspond pas à ajouter 1 mm) ... Certains parlent également d'éventuelles erreurs de mesure.
Le tableau ainsi rempli constitue la base de travail pour la séance suivante.

<u>Séance 3</u> : recherche de messages équivalents.
Objectif : repérer deux messages équivalents en vérifiant que les grandeurs (épaisseur et nombre de feuille) en jeu sont proportionnelles
Le tableau collectif de la deuxième séance a été reproduit au tableau par l'enseignant avec les différents messages correspondant à chaque type de feuilles : par exemple on pourra trouver 2 mm pour 32 feuilles mais aussi, pour les mêmes feuilles, 5 mm pour 70 feuilles. La question qui est posée est à présent de déterminer pour chaque type de feuilles, les messages corrects. Le professeur demande alors à un élève de venir l'aider à mesurer un tas de feuilles d'un type choisi et le message ainsi obtenu devient le message de référence pour ce tas. La question générique est plus précise : les messages trouvés précédemment sont-ils équivalents à ce message de référence (la notion de « messages équivalents » ayant été discutée en classe) ?
Les élèves sont à nouveau placés en groupe comme pour la séance précédente. Ils essaient différentes stratégies (se ramener au même nombre de feuilles, se ramener à la même épaisseur, des raisonnements moins valides comme d'ajouter un nombre de feuilles et d'estimer une épaisseur associée fantaisiste). Notons que certains élèves proposent de reprendre les manipulations sur les tas de feuilles et qu'une élève effectue même les mesures à partir des feuilles de son propre cahier.
La phase suivante est une phase de confrontation des raisonnements produits au sein des groupes : le professeur demande à la classe quels sont les messages équivalents à celui sur lequel la classe s'est accordée en début de séance. Chaque groupe propose de valider ou d'invalider un message en expliquant son raisonnement. Si le raisonnement est accepté collectivement, la proposition est retenue. Pour certains messages, il est difficile de s'assurer de leur validité. Seuls les messages dont la validité a été clairement prouvée seront conservés.
L'objet de la dernière phase de cette séance prévue pour dix minutes est d'éprouver la technique expérimentée précédemment en demandant aux élèves de chercher eux-mêmes des messages équivalents, ce qu'ils effectuent au sein des groupes précédents.
À la fin de l'heure, une phase d'institutionnalisation permet à toute la classe de noter qu'il y a plusieurs messages valides pour un même type de feuilles, et qu'il existe une technique opératoire pour passer d'un message à l'autre (multiplier / diviser par un même nombre, le nombre de feuilles et l'épaisseur associée).

<u>Séance 4</u> : comparaison de messages.
Objectif : mettre en œuvre les techniques vues à la séance précédente de manière à pouvoir comparer des épaisseurs caractérisées par des messages du type « 2 mm pour 30 feuilles ».
La séance débute par une reprise du travail, à partir du tableau précédent qui regroupe pour chaque type de feuilles tous les messages équivalents trouvés. Ce sont les élèves, qui, sous la direction de l'enseignant, rappellent les objectifs visés dans les cours antérieurs : déterminer une méthode pour désigner

l'épaisseur d'une feuille, puis vérifier si des messages différents concernant le même tas de feuilles sont équivalents à l'aide d'une technique opératoire. L'enjeu de la séance est cette fois de classer les types de feuilles des moins épaisses au plus épaisses en utilisant les messages qui les caractérisent.
Les élèves, en binôme essaient alors d'ordonner les types de feuilles en fonction de leur épaisseur. Pour chaque comparaison, ils choisissent un des messages du tableau ou créent eux-mêmes de nouveaux messages équivalents aux premiers en transformant les messages proposés par des opérations (multiplier ou diviser épaisseur et nombre de feuilles par le même nombre ; ramener les messages à 1 mm d'épaisseur…).
Lors de la phase de mise en commun, l'enseignant leur demande d'exposer leurs techniques qui sont discutées collectivement. Durant la phase d'institutionnalisation qui clôt cette séance, il est explicité que tout message peut être choisi à condition qu'il corresponde au même type de feuilles. La méthode à mettre en exergue pour la comparaison est la nécessité de se ramener à des messages équivalents pour obtenir soit le même nombre de feuilles, soit la même épaisseur.

<u>Séance 5 :</u> épaisseur d'une feuille/ fractions.
Objectif : déterminer l'épaisseur d'une feuille à partir d'un message du type « 2 mm pour 30 feuilles ». Définition d'une fraction par commensuration et lien avec la fraction-partage.
L'enseignant demande à la classe s'il est possible de désigner l'épaisseur de la feuille par un nombre. Par exemple quelle est l'épaisseur des feuilles de type A ? Les élèves annoncent que c'est un tout petit nombre, « 0,000… », qu'on ne peut pas le mesurer. L'enseignant insiste 'que sait-on sur ce nombre ?', le but étant d'aboutir au fait que l'épaisseur d'une feuille est (par exemple) un nombre qui multiplié par 8 donne 1mm. Les élèves écrivent cette remarque sur leur cahier. Ceci conduit finalement la classe à se dire qu'il faudrait partager 1 mm en 8 parts égales ce qui amène à la notion de fraction-partage travaillée à l'école primaire. Les élèves effectuent la division à la calculatrice et constatent que lorsqu'ils multiplient le nombre obtenu par 8, ils retrouvent bien 1.
Les élèves, par binôme, reprennent les messages précédemment trouvés et, pour chacun, déterminent la multiplication à trous mettant en jeu l'épaisseur de la feuille puis cherchent la solution correspondante. Beaucoup de groupes tentent de trouver des encadrements de la réponse par tâtonnement, en s'aidant de la calculatrice. Ceci amène certains d'entre eux à revenir sur la construction des nombres décimaux (« comment écrire un nombre qui se situe entre 0,1 et 0,2 ? ») et surtout à prendre conscience que la valeur exacte de certaines épaisseurs ne peut s'écrire que sous forme de fractions. Des erreurs apparaissent : lors de la recherche de la fraction solution d'une multiplication à trous donnée, certains élèves intervertissent le numérateur et le dénominateur.

<u>Séance 6 :</u> comparaison de fractions.
Objectif : comparer 2 fractions en travaillant sur les messages associés.
L'activité proposée consiste à trouver, quelles sont les épaisseurs égales parmi une liste d'épaisseurs de différents types de feuilles qui cette fois sont données sous forme de fractions. Certains binômes pensent à chercher le message associé puis à comparer les messages obtenus (comme ils l'ont fait précédemment) mais d'autres tentent de travailler directement sur les fractions. Des erreurs surgissent (ajouter ou enlever un même nombre au numérateur et au dénominateur). Certains essaient, avec plus ou moins de succès, de transposer aux fractions les techniques utilisées pour trouver des messages équivalents.
Lors de la mise en commun, la méthode consistant à multiplier ou diviser le numérateur et le dénominateur par un même nombre est institutionnalisée et les termes "numérateur" et "dénominateur" sont réexpliqués à cette occasion.
Un deuxième temps de travail en binôme est alors lancé pour classer toutes ces

épaisseurs (autrement dit comparer les fractions associées). Certains élèves tentent d'utiliser les messages correspondants. D'autres essaient de chercher, des fractions égales pour pouvoir ensuite les comparer en s'appuyant sur les techniques mises en place lors de la mise en commun. Plusieurs groupes tentent de comparer directement les fractions en effectuant des raisonnements plus ou moins rigoureux sur les numérateurs et les dénominateurs des deux fractions.
L'institutionnalisation correspondante ne pourra pas être faite dans cette séance.