

INTEGRER DES EVALUATIONS ENTRE PAIRS DANS LES SEANCES DE MATHÉMATIQUES : UN EXEMPLE EN ALGÈBRE AU COLLEGE

COPPE* Sylvie- ROUBIN** Sophie

Résumé – Nous avons élaboré un dispositif d'évaluation formative entre pairs dans le cadre d'une séance d'algèbre au collège en classe de 4^e et 3^e (élèves de 13-15 ans). A partir de tâches simples utilisant des programmes de calcul, chaque élève devait se prononcer sur la validité des réponses d'un autre élève puis de toute la classe en justifiant. Un débat était ensuite organisé pour discuter ces réponses. Nous analysons la tâche et notamment les connaissances mobilisées pour la réaliser, puis les réponses des élèves et enfin nous compléterons par des éléments sur le débat afin de déterminer en quoi ce dispositif a pu avoir une fonction formative.

Mots-clefs : évaluation entre pairs, algèbre, programme de calcul, débat argumentatif

Abstract – We developed a peer formative assessment device as part of a middle school algebra session in grades 8 and 9 (13-15 year old students). From simple tasks using computational programmes, each student had to decide on the validity of the answers of another student and then of the whole class by justifying them. A debate was then held to discuss these responses. We analyse the task and in particular the knowledge that is mobilized to carry it out, then the answers of the students and finally we will complete with elements on the debate in order to determine in what way this tool could have a formative function.

Keywords : peer assessment, algebra, computational programme, argumentative debate

Notre contribution porte sur les rapports entre les pratiques enseignantes et les apprentissages des élèves en nous centrant davantage sur cette dernière entrée. Ce travail fait suite à une recherche réalisée dans le cadre du projet européen de recherche ASSIST ME (Assess Inquiry in Science, Technology and Mathematics Education) dont l'objectif était, d'une part, d'analyser l'influence sur les apprentissages des élèves et les pratiques enseignantes de nouveaux dispositifs d'évaluations formatives en lien avec les évaluations sommatives dans le cadre de démarches d'investigations en sciences, mathématiques et technologie et, d'autre part, de concevoir et de diffuser des méthodes d'évaluations formatives. Jusqu'à une période récente, les recherches en didactique des mathématiques se sont peu intéressées aux questions portant sur l'évaluation pour des raisons que nous ne reprendrons pas ici (Coppé, à paraître) mais nous pensons que cette entrée peut amener de nouveaux questionnements pour la didactique et/ou peut éclairer ou compléter certaines recherches venant du champ de l'évaluation.

Nous ne développons pas ici les nombreux travaux sur l'évaluation formative, nous citons seulement la définition de Black et Wiliam (1998) dans laquelle ces auteurs introduisent la notion de feedback et indiquent que l'évaluation devient formative quand elle sert à adapter l'enseignement aux besoins repérés des élèves.

We use the general term assessment to refer to all those activities undertaken by teachers – and by their students in assessing themselves – that provide information to be used as feedback to modify teaching and learning activities. Such assessment becomes formative assessment when the evidence is actually used to adapt the teaching to meet student needs. (Black et Wiliam, 1998, p. 140)

De plus, nous soulignons, à la suite de Allal (1999) l'importance pour les apprentissages de l'implication de l'élève dans des démarches d'autoévaluation. Mais celles-ci ne vont pas de soi, donc pour nous, l'évaluation entre pairs est un moyen pour faire entrer les élèves dans l'autoévaluation. Par ce biais, on favorise une participation active des élèves et un

* Université de Genève, FPSE. Suisse. sylvie.coppe@unige.ch

** Collège Ampère Lyon France. sophie.roubin@ac-lyon.fr

changement de responsabilités dans la classe (ce n'est plus l'enseignant qui est responsable de la validation des réponses).

En s'autoévaluant, l'élève est amené à expliciter ses représentations, à réfléchir sur ses stratégies, à confronter ses démarches avec celles d'autres élèves, à intégrer des critères externes dans ses cadres de référence, à gérer activement les relations entre les différentes tâches à accomplir. (Allal, 1999, pp. 43-44)

Nous nous proposons ici d'analyser un dispositif expérimenté dans des classes de collèges en France au niveau 4^e et 3^e (élèves de 13 à 15 ans) dans lequel il s'agit pour les élèves de pratiquer l'évaluation entre pairs et pour l'enseignant, d'intégrer à son enseignement, lors de résolution de problèmes en algèbre, des phases d'évaluation formative basées sur ces évaluations entre pairs. Ainsi les élèves peuvent avoir des retours sur leurs résultats ou démarches de la part des autres élèves. Quant au professeur, il peut agir sur des savoirs ou savoir-faire anciens dont il a constaté auparavant qu'ils n'étaient pas acquis. En ce sens, nous considérons que ces phases d'évaluation entre pairs et de débat relèvent de l'évaluation formative.

I. UNE PREMIERE EXPERIMENTATION

En 2015, nous avons réalisé une expérimentation dans quatre classes de 6^e (élèves de 11-12 ans) de collèges de Lyon, sur une séquence de classe de mathématiques portant sur la résolution d'un problème complexe mettant en jeu les fractions et les aires dans laquelle deux outils d'évaluation formative étaient proposés, évaluation entre pairs et débat argumentatif sur les réponses de la classe. Après la résolution du problème, les réponses des élèves étaient collectées et chacun devait se positionner sur la validité de celles-ci en argumentant. Puis un débat était organisé par le professeur sur ces mêmes réponses et, à la fin, les élèves devaient se positionner à nouveau. Nous avons tiré les conclusions suivantes. Nous avons constaté une évolution importante des types d'arguments utilisés par les élèves pour justifier leur positionnement. Ainsi, avant le débat, un grand nombre d'élèves n'avait pas d'arguments (« c'est vrai parce que c'est vrai ») ou bien se positionnait par rapport à leur propre réponse (« c'est vrai/faux parce que j'ai trouvé/je n'ai pas trouvé la même chose ») alors qu'après ils donnaient des arguments plus décontextualisés. Le débat a donc eu un effet sur l'utilisation de l'argumentation pour justifier ses réponses, ce qui ne semblait pas être une pratique habituelle des élèves de ces classes. En revanche, il n'en était pas de même pour le positionnement en vrai/faux sur les réponses. Celui-ci a peu évolué (y compris pour des réponses simples) ou pas toujours dans le bon sens malgré des débats qui pouvaient le laisser penser (Coppé & Moulin, 2017). On peut expliquer ces résultats contrastés par le fait que le problème proposé comportait trop de difficultés, qu'il y avait trop de réponses possibles rendant le débat trop long, que deux stratégies étaient envisageables avec des difficultés pour passer de l'une à l'autre et qu'il était difficile pour le professeur et pour les élèves de seulement discuter des réponses sans entrer dans le détail des stratégies (Coppé, Moulin & Roubin, 2017)

Même si cette expérimentation n'a pas eu tous les effets escomptés, nous avons pu constater l'intérêt de ces outils d'évaluation formative car, suivant la définition de Black et Wiliam (1998 ; 2009) ils permettent de montrer au professeur et aux élèves des écarts entre les réponses données et celles attendues (certes, sans vraiment les combler) et d'engager ainsi des régulations (Mottier Lopez, 2012). Lepareur, Grangeat, & Gandit (2017) sur cette même séquence, montrent également des effets sur les pratiques des professeurs.

Si l'on se place dans le cadre des théories didactiques, nous pouvons interpréter ces résultats en termes de contrat et milieu (Brousseau, 1990 ; Perrin Glorian, 1999 ; Perrin Gloriant & Hersant, 2003). On peut dire alors qu'il y a bien eu une évolution du contrat

didactique grâce au travail sur la validation des réponses et au débat favorisant l'argumentation et qu'il sera ensuite plus facile de développer l'autoévaluation dont on sait qu'elle favorise les apprentissages (Allal, 1999). En revanche l'enrichissement du milieu par les réponses de tous les élèves (voire d'élèves fictifs) n'a pas donné suffisamment de rétroactions pour avoir des effets sur les apprentissages (ici des fractions). Enfin cette étude a également été l'occasion de nous interroger sur le rôle et les fonctions des débats, modalités de gestion de classe fortement utilisées dans les classes notamment lors de résolution de problèmes.

Nous avons donc repris cette étude pour tenter d'améliorer ce dernier point dans le cadre de pratiques plus ordinaires (les activités ne sont pas proposées par le chercheur) portant sur une séquence d'algèbre élémentaire incluant des phases de dévolution et d'institutionnalisation, en classes de 4^e ou 3^e en France (élèves de 13 à 15 ans).

II. UNE SECONDE EXPERIMENTATION EN CLASSE ORDINAIRE

Nous avons tenté une nouvelle expérimentation en choisissant des problèmes beaucoup plus simples (on peut se demander si ce sont vraiment des problèmes) dans le cadre de l'algèbre au collège, avec une visée diagnostique et formative importante sur les règles de calcul littéral et notamment sur la distributivité alors que les apprentissages ont déjà été réalisés (ou devraient l'être). Nous avons proposé deux activités utilisant les programmes de calcul dans lesquelles sont introduits les mêmes outils d'évaluation formative que précédemment (évaluation entre pairs et débat argumentatif sur les réponses). Nous nous centrons ici sur la première, proposée au début de la séquence d'enseignement sur l'algèbre, elle porte sur la traduction d'un programme de calcul en écriture algébrique (voir ci-dessous, fig. 1). Elle devait, d'une part, permettre d'initier le changement de contrat sur la responsabilité de la validation et, d'autre part de réintroduire dans le milieu des éléments technologiques au sens de Chevallard (1999) sur le calcul algébrique.

1. Description et analyse du problème

Voici la première activité que nous avons proposée en classe de 4^e et 3^e en France (élèves de 14-16 ans). A ces niveaux de classe, on pourrait penser que ce n'est plus une tâche problématique puisque les expressions littérales et les règles de calcul ont été introduites. Le programme de calcul a été choisi pour que se pose la question des priorités de calcul et de la distributivité comme élément technologique.

Voici un programme de calcul

Choisir un nombre

Ajouter 4

Multiplier la somme par 5

Soustraire 8 au résultat

Quelle expression littérale décrit ce programme de calcul ?

Figure 1 - Le texte du problème proposé

L'analyse a priori des réponses montre qu'il y a deux réponses correctes possibles : la réponse développée $5(x+4)$ et la réponse réduite $5x+12$. De nombreuses réponses fausses ou incorrectes sont envisageables :

- un ou plusieurs calcul (s) numérique (s) comme exemple (s) pour montrer comment fonctionne le programme de calcul
- un schéma du programme de calcul en ligne ou colonne avec des flèches pour montrer la succession des calculs (portant sur des nombres ou une variable)
- la non prise en compte des parenthèses qui amène à une expression développée incorrecte $5x+4 -8$ ou réduite incorrecte $5x +/-4$ avec éventuellement des erreurs dans la réduction
- l'introduction de plusieurs variables pour décrire le programme.

2. *La mise en œuvre*

Nous avons testé cette activité dans 7 classes de la région lyonnaise de 4^e ou 3^e avec 4 professeurs notés P1 à P4 (voir le tableau en annexe 1 qui récapitule). Nous avons choisi à la fois des classes en REP¹ et des classes non REP. Les enseignants font tous partie d'un groupe de recherche collaborative sur l'enseignement de l'algèbre au collège, certains avaient participé à la première expérimentation. Nous avons filmé la séance dans 4 classes.

Les élèves ont résolu le problème individuellement, puis 2 protocoles ont ensuite été utilisés :

- Protocole 1 : les enseignants ont fait voter les élèves en utilisant l'application Plickers² sur la validité de 4 réponses collectées dans la classe (on ne peut pas voter sur davantage de réponses avec cette application), puis un débat argumentatif a eu lieu sans se prononcer sur la validité des réponses et enfin un nouveau vote.
- Protocole 2 : les élèves ont échangé leur copie entre voisins et se sont prononcé par écrit sur la réponse de l'autre élève, puis le débat et de nouveau le positionnement (voir la feuille de réponse annexe 1).

3. *Analyse a priori des validations*

En plus de l'analyse a priori des réponses, nous avons fait une analyse a priori des validations possibles de chacune des réponses. Pour cela nous avons utilisé nos travaux sur les vérifications (Coppé, 1993) dans lesquels nous distinguons entre les vérifications de type interne (liées au savoir mathématique) et externes (liées au contrat didactique).

Nous appellerons processus de vérification interne tout processus de vérification mettant en jeu des savoirs ou des savoir-faire typiquement mathématiques, ne dépendant pas nécessairement de la situation dans laquelle on les utilise. (...) Les autres processus, qui utilisent des connaissances portant sur d'autres savoirs ou savoir-faire moins mathématiques (notamment ceux qui n'utilisent pas seulement la logique du problème mais qui dépendent davantage du contrat) seront appelés des vérifications de type externe. Ces processus ont la propriété d'être généralisables à tous les problèmes ou à des classes de problèmes très étendues (...). Certains peuvent être très courts et/ou se limiter à des arguments simples. (Coppé, 1993)

Dans le tableau ci-dessous, nous faisons la liste des réponses possibles ainsi que des arguments qui peuvent servir à la validation ou non validation. De nombreux arguments (externes ou internes) peuvent être utilisés pour valider ou invalider, certains pouvant servir dans les deux cas. Au-delà de cette analyse, il nous semble intéressant de bien mettre en avant ce qui peut se passer suivant la réponse initiale de l'élève. Envisageons quelques cas.

¹ REP : Réseau d'Education Prioritaire

² <https://www.plickers.com/>

Si l'élève a trouvé la bonne réponse (cas 1 ou 2), on peut penser qu'il pourra utiliser des arguments internes pour invalider les réponses incorrectes des autres et même dans certains cas, pointer ou qualifier ces erreurs. Enfin un élève qui s'est arrêté à la réponse développée, s'il est confronté à une réponse réduite (cas 2 ou 6), pourra peut-être mobiliser des connaissances sur la distributivité pour la validation et donc revenir ensuite à sa réponse.

Cas	Réponses	Validation	Invalidation
1	Correcte développée $5(x+4) - 8$	<i>Externe</i> Même réponse ³ Il y a une lettre <i>Interne</i> Retrouver l'expression à partir du programme Il y a bien les parenthèses	<i>Externe</i> Pas même réponse ⁴ <i>Interne</i> Pas terminé (car pas réduite)
2	Correcte réduite $5x+12$	<i>Externe</i> Même réponse Il y a une lettre <i>Interne</i> Retrouver l'expression à partir du programme et la réduire Vérifier la réduction	<i>Externe</i> Pas la même réponse (car réduite) <i>Interne</i> Montrer erreur de calcul dans le développement
3	Un calcul / plusieurs calculs comme exemple(s)	<i>Externe</i> Même technique <i>Interne</i> Refaire le/les calcul(s)	<i>Externe</i> Pas le même exemple <i>Interne</i> C'est une formule qui est demandée
4	Un schéma de programme en ligne ou colonne	<i>Externe</i> Même technique <i>Interne</i> Refaire le/les calcul (s) Vérifier pas à pas les calculs	<i>Externe</i> Pas même réponse <i>Interne</i> Pas forme demandée Refaire le/les calculs
5	Réponse erronée $5x+4 - 8$ ou $5x +/-4$ car pas de prise en compte des parenthèses	<i>Externe</i> Même réponse Il y a des lettres <i>Interne</i>	<i>Externe</i> Pas même réponse <i>Interne</i> Retrouver l'expression à partir

³ Quand nous disons « même réponse/technique » cela signifie que l'élève qui évalue considère que la réponse de l'autre élève est juste car il a trouvé la même.

⁴ Quand nous disons « pas même réponse » cela signifie que l'élève qui évalue considère que la réponse de l'autre élève est fautive car il n'a pas trouvé la même.

		Retrouver l'expression à partir du programme en se trompant	du programme Pointer erreur de parenthèses Pointer erreur de calcul
6	Réponse erronée 5x +/-12 car erreur dans la réduction	<i>Externe</i> Même réponse Il y a des lettres <i>Interne</i> Refaire en se trompant	<i>Externe</i> Pas même réponse <i>Interne</i> Refaire et comparer Pointer erreur de calcul
7	Des formules avec plusieurs variables ou la variable ne désigne pas toujours le même nombre	<i>Externe</i> Même réponse Il y a des lettres <i>Interne</i> Refaire en se trompant	<i>Externe</i> Pas même réponse Il ne peut avoir qu'une lettre <i>Interne</i> Indiquer que la variable n'est pas correctement utilisée

Tableau 1 - Liste des réponses et validations/invalidations a priori

Si l'élève a produit une formule erronée (cas 5 ou 6) il est probable que la confrontation avec une réponse correcte, notamment avec la forme développée, pourra lui permettre a minima de se questionner sur les deux formes de réponses et là encore, de modifier sa réponse en mobilisant des connaissances pour expliquer ces deux formes de la réponse.

Le cas de l'élève qui ayant produit une réponse erronée sans formule (cas 3 ou 4) doit évaluer une réponse avec formule est plus problématique. Soit ses connaissances sont réactivées par la comparaison des deux réponses et il pourra alors valider/invalidier la réponse de l'autre puis modifier la sienne, soit ses connaissances ne sont pas disponibles et il risque alors de se rabattre sur des arguments externes « pas la même réponse ».

Nous n'envisageons pas tous les cas possibles pour ne pas ennuyer le lecteur mais nous mettons en avant comment ce jeu sur le milieu (introduire des réponses d'autres élèves) et le contrat (changer la tâche qui ne consiste plus à seulement résoudre le problème mais également à se prononcer sur la validité de la réponse d'une autre élève) peut agir sur les connaissances des élèves pour les amener à revoir leur propre réponse.

III. RESULTATS

Voyons maintenant ce qui s'est passé dans les classes. Actuellement, nous n'avons analysé que les données portant sur les 4 classes qui ont suivi le protocole 1 et qui ont été filmées. Nous aurons une analyse plus complète dans quelques temps. En annexe 2 se trouve la liste des réponses par classe et des votes avant et après le débat.

1. Les positionnements sur les réponses

Comme nous l'avons envisagé dans notre analyse a priori, on trouve la variété des réponses produites par les élèves et proposées au vote. Dans la classe P1 4° A, les 4 réponses sont correctes, avec des écritures différentes mais les votes des élèves montrent qu'ils ne considèrent pas tous les réponses comme équivalentes et donc justes, cela dépend de la forme

de l'expression. Ainsi les élèves n'ont pas mobilisé leurs connaissances sur les règles de calcul littéral pour les valider toutes. On peut penser que la règle du contrat (donner la réponse la plus réduite) explique la majorité de votes.

Dans les classes P4 3^e A et B, 5 réponses différentes ont été proposées par les élèves. Avant le premier vote, lors d'un rapide débat, les élèves ont décidé collectivement d'éliminer une réponse, celle dont la forme ne correspondait pas à une expression littérale. Il y a des évolutions positives sur la validité des réponses mais peu importantes puisqu'une réponse correcte était déjà validée.

Enfin dans la classe P3 3^e, à l'issue du travail individuel, aucune réponse correcte parmi les 4 n'est proposée. Dans le débat qui suit le premier vote, les élèves pensent qu'il peut y avoir une autre réponse qu'ils soumettent au vote à la place d'une autre qui, encore une fois, ne correspondait pas à une expression littérale. C'est dans cette classe que l'évolution est la plus importante car d'une part, les premières réponses étaient toutes fausses et d'autre part, que le débat a été riche (voir le paragraphe 2 ci-dessous).

On peut donc noter des résultats un peu différents d'une classe à l'autre. Dans la classe où les élèves semblent le plus en difficulté, l'évolution est nette après le débat, ce qui nous conforte dans l'idée de l'intérêt de ce type d'activité qui est encore certainement à améliorer.

2. *Objets de discussion pendant le débat*

Même si cette analyse n'est pas complète, nous avons également des informations sur le débat. Nous avons analysé finement celui de P3 3^e. Voici les éléments qui ont été abordés. Tout d'abord nous avons noté des éléments de reprise sur des objets de savoirs anciens explicitement enseignés comme la multiplication des relatifs, les priorités opératoires et les parenthèses. Ceci est conforme aux objectifs de cette activité et donc, au programme de calcul choisi. Puis nous avons remarqué des discussions sur des objets paramathématiques (Chevallard & Joshua, 1991) comme le signe égal (« il doit avoir la même chose de chaque côté du signe = ») ou la lettre (« on n'est pas obligé de mettre x, on peut mettre une autre lettre » ou « x ça représente tous les nombres »). Ceci montre que ces usages des signes sont encore en construction chez les élèves. On retrouve notamment la conception naïve du signe égal comme « résultat de ». Enfin deux remarques ont particulièrement retenu notre attention, nous les relierons aux besoins d'apprentissages implicites (Pilet, 2012) : « est ce que les priorités opératoires existent en calcul littéral ? », « n nombre choisi ne peut pas être égal à $n+4$, rester sur le nombre de départ » ou encore « $5x$ c'est 5 fois x ou 5 plus x ».

Enfin, comme la forme de ce débat impose que l'enseignant reste en retrait et ne donne pas la réponse puisque les élèves votent à nouveau après, cela permet aux élèves de poser des questions à la classe. Ceci a été le cas pour « est ce que les priorités opératoires existent en calcul littéral ? ».

IV. CONCLUSION

Les conclusions seront affinées lorsque nous aurons fini les analyses. Nous notons tout de même que dans le cas de cette activité beaucoup plus simple et plus courte, qui pourrait même être considérée comme trop simple à ces niveaux, nous obtenons des résultats qui semblent prometteurs. Nous avons montré que l'introduction d'une lettre, y compris dans un exercice qui le demande explicitement, n'allait pas de soi pour certains élèves et que le statut du signe égal est encore en construction. Nous n'avons pas analysé les types d'arguments employés à l'écrit, mais ceux entendus lors des débats montrent que les élèves sont capables d'argumenter sur leurs réponses. De plus, comme prévu dans notre analyse, pour certains élèves, l'exigence

d'argumentation fait travailler d'autres connaissances que celles mobilisées pour résoudre le problème. Cependant il nous semble qu'une étude plus fine, élève par élève, suivant leur niveau, est nécessaire pour comprendre comment des évolutions peuvent avoir lieu.

Enfin, du point de vue des pratiques des enseignants, même si nous ne sommes qu'à un stade expérimental, nous pensons qu'un outil d'évaluation formative tel que celui décrit peut être assez facilement proposé dans les classes même s'il nécessite un changement dans les responsabilités des élèves et des enseignants.

REFERENCES

- Allal, L. (1999). Impliquer l'apprenant dans le processus d'évaluation : promesses et pièges de l'autoévaluation. In C. Depover & B. Noël (Éd.), *L'évaluation des compétences et des processus cognitifs, modèles, pratiques et contextes* (p. 35- 56). Bruxelles: De Boeck.
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education*, 5(1), 7-74.
- Black, P. & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(5), 5- 31.
- Brousseau, G. (1990). Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique et le concept de milieu: Dévolution. *Recherches en didactique des Mathématiques*, 9/3, 309-336. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 309- 336.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19(2), 221- 265.
- Chevallard, Y., & Joshua, M. A. (1991). *Yves Chevallard, Joshua Mary-Alberte La transposition didactique Du savoir savant au savoir enseigné*. La pensée sauvage.
- Coppé, S. (1993). *Processus de vérification en mathématiques chez les élèves de première scientifique en situation de devoir surveillé*. Thèse de l'Université Claude Bernard. Lyon I.
- Coppé, S. (à paraître). Evaluation et didactique des mathématiques : vers de nouvelles questions, de nouveaux travaux. *Mesure et évaluation en éducation*.
- Coppé, S., & Moulin, M. (2017). Évaluation entre pairs et débat argumenté dans le cadre d'un problème complexe en mathématiques. *Canadian journal of sciences, mathematics and technology education*, 17:4, 308-327.
- Coppé, S., Moulin, M., & Roubin, S. (2017). Analyses de l'évolution de réponses d'élèves lors d'évaluations formatives dans le cadre de la résolution d'un problème complexe. In *L'évaluation : levier pour la formation et l'enseignement* (pp. 32- 34). Dijon.
- Lepareur, C., Grangeat, M., & Gandit, M. (2017). Evaluation formative et démarche d'investigation en mathématiques : une étude de cas. *Education & Didactique* vol 11/3, 101-120.
- Mottier Lopez, L. (2012). *La régulation des apprentissages en classe*. Bruxelles: De Boeck.
- Perrin Glorian, M. J. (1999). Problèmes d'articulation de cadres théoriques ; l'exemple du concept de milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19(3), 279- 321.
- Perrin Gloriant, M.-J., & Hersant, M. (2003). Milieu et contrat didactique, outils pour l'analyse de séquences ordinaires. *Recherches en didactique des mathématiques*, 23(2), 217- 276.
- Pilet, J. (2012). *Parcours d'enseignement différencié en algèbre élémentaire*. Thèse de l'université Paris Diderot-Paris 7.

ANNEXE 1- RÉCAPITULATIF DES CLASSES SELON LE PROTOCOLE ET FEUILLE DE RÉPONSE POUR PROTOCOLE 2

Protocole 1	Protocole 2	Film
	P1 3 ^e REP+	
	P2 3 ^e REP	
P1 4 ^e A REP+		x
P1 4 ^e B REP+		
P3 3 ^e REP+		x
P4 3 ^e A		x
P4 3 ^e B		x

	Mon prénom	Le prénom de mon correcteur :		Mon Prénom
	Réponses	Vrai ou Faux	Argumentation:	D'accord ou pas d'accord
<p>Voici le programme de calcul P1 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Choisir un nombre • Multipliez-le par 7 • Ajoutez 10 au résultat • Ajouter 3 fois le nombre de départ <p>Trouver un autre programme qui donne toujours le même résultat que le programme P1 quel que soit le nombre choisi</p>				

ANNEXE 2 - LES RÉPONSES ET LES VOTES DES ÉLÈVES DANS LES CLASSES FILMÉES SELON LE PROTOCOLE 1

P1 4^e A : 17 élèves (pas de vote après le débat)

Réponses	Votes avant le débat
$(x+4)x5 - 8$	6
$12 + 5x$	10
$20 + 5x - 8$	0
$(x+4)5-8$	1

P3 3^e : 19 élèves

Réponses	Votes avant le débat	Votes après le débat
$22+4 = 26$ $26 \times 5 = 130$ $130 - 8 = 122$	5	0
$n+4 = n$ $n \times 5 - 8 = n$	2	0
$n+4 \times 5 - 8$	10	2
$4+5 = 9 \times 5 = 45 - 8 = 37$ remplacée ensuite par $(n+4)x5 - 8$	2	16

P4 3^e A : 26 élèves

Réponses	Votes avant le débat	Votes après le débat
$x+4 \times 5 - 8$	0	1
$x+4 = x \times 5 - 8$	4	0
$7 + 4 = 11$ $11 \times 5 = 55$ $55 - 8 = 47$	Enlevée car pas de lettres	
$(x+4)x5 - 8$	19	25
$(x+4)x5 - 8x$	3	0

P4 3^e B : 25 élèves

Réponses	Votes avant le débat	Votes après le débat
$x \rightarrow 4x \rightarrow 20x \rightarrow 12x$	Enlevée car pas conforme	
$(15+4)x5 - 8$	1	1
$(x+4)x5 - 8$	18	20
$x+4 \times 5 - 8$	2	1
$x+4 = x \times 5 = x - 8$	4	3