



HAL
open science

**Un enseignement de mathématiques fondé sur
l'investigation intégrant des modalités d'évaluation
formative : une étude de cas**

Michèle Marie Renée Gandit

► **To cite this version:**

Michèle Marie Renée Gandit. Un enseignement de mathématiques fondé sur l'investigation intégrant des modalités d'évaluation formative : une étude de cas. 2019. halshs-02021858

HAL Id: halshs-02021858

<https://shs.hal.science/halshs-02021858v1>

Submitted on 16 Feb 2019

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.

Un enseignement de mathématiques fondé sur l'investigation intégrant des modalités d'évaluation formative : une étude de cas

Michèle Gandit

Université Grenoble Alpes, michele.gandit@univ-grenoble-alpes.fr

Résumé

Notre recherche vise à comprendre les effets d'une formation de type collaboratif sur la transformation des pratiques d'un enseignant. Plus spécifiquement, nous analysons les effets de cette formation sur la mise en œuvre d'une évaluation formative dispensée dans le cadre d'un enseignement de mathématiques fondé sur l'investigation (EMI).

Nous étudions plus particulièrement comment l'enseignant introduit en classe deux outils d'évaluation formative : un tableau de progression et des phases de débat scientifique.

Nous montrons l'importance d'intégrer ces éléments dans l'analyse a priori des situations proposées.

Mots-clés : Evaluation formative, travail collaboratif, Enseignement de Mathématiques fondé sur l'Investigation (EMI)

Abstract

Our research aims to understand the effects of a collaborative training on the transformation of practices of a teacher.. More specifically, we analyse the effects of the implementation of formative assessment provided as part of inquiry-based teaching of mathematics (EMI) and learning. We study how the teacher uses two formative assessment's tools: a progress grid and scientific debate phase. We show that it is important to integrate these tools into a priori analysis.

Keywords: Formative assessment, collaborative work, inquiry-based teaching of mathematics.

1. Le contexte de la recherche

Notre étude s'inscrit dans le projet¹ de recherche européen ASSIST-ME (Assess Inquiry in Science, Technology & Mathematics Education) qui porte sur les méthodes d'évaluation qui permettent de soutenir les approches fondées sur l'investigation dans l'enseignement des sciences. En France (académie de Grenoble), ce projet est adossé à un lieu d'éducation associé² – le LéA EvaCoDICE³ (Evaluation par compétences dans les démarches d'investigation au collège et à l'école) – qui regroupe des enseignants de quatre écoles primaires et deux collèges, ainsi qu'une équipe de recherche pluridisciplinaire, constituée de chercheurs (et formateurs) de l'Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education, en sciences de l'éducation et en didactique. Les disciplines concernées sont les mathématiques, les sciences physiques et chimiques, les sciences de la vie et de la Terre, l'éducation physique et sportive et la technologie. La coopération entre chercheurs et enseignants des collèges et écoles fonctionne à deux niveaux, autour de questions professionnelles suivant les principes d'une DI-formation (Gueudet, Lebaud 2013). Le 1^{er}, pluridisciplinaire, s'appuie sur trois réunions annuelles de l'équipe complète, le 2nd est disciplinaire. La suite du texte se centre sur la recherche au sein de l'équipe de mathématiques. Outre l'auteure de cet article, celle-ci comporte deux enseignants en CM1-CM2 (élèves de 9-10 ans) et quatre professeurs de classes de 6^{ème} (élèves de 11 ans). C'est dans ce contexte que nous procédons à l'étude de l'*activité* d'un enseignant au cours de séquences spécifiques d'un enseignement de mathématiques fondé sur l'investigation (EMI dans la suite), intégrant des modalités d'évaluation formative.

2. Ancrage théorique

En référence à Robert (2008), le terme de *pratique* qualifie le penser, le dire, le faire, d'un enseignant, dans le cadre de son métier, sur une période longue. L'étude rapportée ne concernant que des moments précis de sa pratique, nous utilisons le terme d'*activité* du professeur, dans des séquences d'EMI, intégrant des outils d'évaluation formative. Nous appelons ainsi *activité* tout ce qu'une personne – professeur ou élève – pense, dit ou ne dit pas, fait ou ne fait pas, face à une tâche donnée.

L'évaluation formative s'entend au sens d'évaluation *pour* les apprentissages, les informations qu'elle produit étant effectivement utilisées par les enseignants et les élèves pour modifier leur activité (Black et Wiliam 2009).

¹ 2012-2016

² mis en place par l'Institut Français de l'Education entre 2012 et 2015.

³ LéA EvaCoDICE - Académie de Grenoble <http://webcom.upmf-grenoble.fr/sciedu/evacodice>

Un EMI est décrit par Gandit (2015), au niveau macro, sous la forme d'un modèle en deux parties. La partie élève (figure 1) distingue quatre catégories d'actions potentielles de ce dernier.

Figure 1

Catégorie d'actions	Description
Expérimenter	Choisir des cas particuliers, ni trop simples, ni trop complexes pour comprendre le problème, observer ces exemples au regard du problème, formuler des conjectures concernant ces cas particuliers, valider ou invalider ces conjectures, reconnaître les résultats établis concernant ces cas particuliers.
Généraliser	Dégager le généralisable du particulier en formulant une conjecture de portée générale, la prouver ou l'invalider par un contre-exemple, définir des objets nouveaux utiles à l'étude.
Questionner	Dégager un questionnement dans une situation donnée, proposer de nouveaux problèmes ou questions, induits par les actions précédentes.
Communiquer	Débattre scientifiquement de ses résultats, de ses conjectures, donner (par écrit ou oralement) une preuve acceptable par la communauté à laquelle elle s'adresse, expliciter sa démarche de recherche et sa démarche de preuve, présenter un problème et les résultats obtenus sur celui-ci.

La partie élève d'un EMI (Gandit 2015)

La partie professeur, concernant la conception et la mise en œuvre d'un EMI, repose sur quatre variables – qui ne sont cependant pas indépendantes – précisées ci-dessous.

La 1^{re} variable est la *problématisation des savoirs*. Elle renvoie à deux types de savoirs, en référence aux ordres de connaissances introduits par Sackur *et al* (2005). Nous distinguons les savoirs d'ordre 1 que sont les définitions, les théorèmes, les propriétés des objets mathématiques, des savoirs d'ordre 2 constitués par les méthodes de travail sur ces objets, leurs représentations, les raisonnements. Nous étudions ainsi dans quelle mesure, donnée par des indicateurs relatifs au type de tâche et au contrat didactique, le questionnement proposé est épistémologiquement pertinent par rapport aux savoirs visés et place les élèves dans une posture d'incertitude.

Concernant la 2^e variable, la *richesse du milieu de l'élève*, nous distinguons deux sortes de milieux (Sensevy 2007 : 23) : d'une part, le milieu comme « système antagoniste » au sens d'un « ensemble, propre à la situation [considérée], de possibles et de nécessaires, qui oriente l'action », d'autre part, le milieu comme « contexte cognitif de l'action » : dans quelle mesure le milieu de l'élève contient-il des connaissances d'ordre 2, qui peuvent lui permettre d'accomplir les actions de la figure 1 ? Dans quelle mesure ce milieu s'enrichit-il ?

La 3^e variable se nomme la *responsabilité scientifique de la classe sur le plan de la démarche et de la communication des résultats* : dans quelle mesure, donnée par des

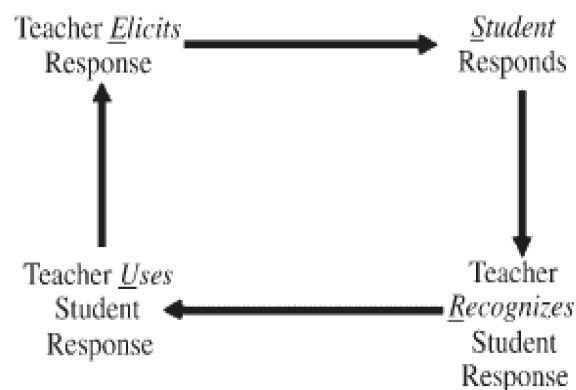
indicateurs relatifs au contrat didactique, le professeur permet-il à l'élève d'exprimer librement ses idées scientifiques, fait-il la dévolution à la classe d'une responsabilité scientifique, nécessaire au débat scientifique ? Le professeur favorise-t-il la communication scientifique ?

Enfin la 4^e variable est l'*explicitation des apprentissages* : dans quelle mesure le professeur explicite-t-il des indicateurs relatifs aux savoirs d'ordre 1, mais surtout d'ordre 2, et forme-t-il les élèves à l'autoévaluation de leurs apprentissages ?

Nous rejoignons ainsi une des stratégies d'évaluation formative proposée par Harlen (2013 : 44) qui consiste à « encourager les élèves à participer à l'évaluation de la qualité de leur propre travail ». Dans ce but, nous présentons différentes modalités d'évaluation formatives. Shavelson et al (2008 : 300) en présentent un continuum, partant d'une évaluation formative, formelle et planifiée comme l'utilisation à des moments prévus du tableau de progression, passant par une évaluation moins formelle et prenant place dans les interactions dans la classe, par exemple, un débat scientifique (Legrand 1990), allant jusqu'à une évaluation, *spontanée*, au cours des transactions didactiques (Sensevy 2007 : 15).

Pour analyser ces dernières (au niveau micro), au cours de séances d'un EMI, nous adaptons aux mathématiques le modèle ESRU, de Ruiz-Primo et Furtak (2007 : 61) (figure 2).

Figure 2



Le modèle ESRU

Il s'agit d'un cycle de questionnement en quatre étapes, dans le cadre de ce que les auteurs appellent des « Assessment conversations » (nous dirons *phases de débat*) : 1) E (elicit) traduit que « the teacher elicits a response », ce que nous exprimons par *l'enseignant sollicite la classe pour en faire sortir un questionnement, ce que pensent les élèves* ; 2) S (student) exprime que « a student responds » ; 3) R (recognize) signifie que « the teacher recognizes the student's response », ce que nous interprétons comme *l'enseignant prend en*

compte cette réponse, rebondit sur celle-ci pour faire avancer le questionnement dans la classe ; U (use) exprime que « the teacher uses the student's response », que nous utilisons comme *l'enseignant utilise cet échange pour relancer la classe dans l'investigation ou expliciter les apprentissages réalisés*. Ces auteurs émettent l'hypothèse que la présence de cycles complets ESRU dans les phases d'évaluation spontanée indiquent une pratique enseignante plus favorable à l'apprentissage.

3. Problématique

Dans le contexte de DI-formation, mis en œuvre dans le LéA (Lepareur, Gandit et Grangeat, à paraître – coopération entre chercheuse et enseignants – favorisant l'intégration de l'évaluation formative dans un EMI, nous étudions l'activité d'un enseignant (Tom), à différents moments du projet. Dans quelle mesure celle-ci intègre-t-elle les modalités d'évaluation formative élaborées dans l'équipe et peut-elle permettre un enrichissement du milieu de l'élève, favorisant ainsi son action (fig. 1) ? Nous faisons en effet l'hypothèse que l'activité de l'enseignant peut évoluer de manière à favoriser les actions scientifiques des élèves, dans le cadre d'un EMI, intégrant des modalités d'évaluation formative. Nous présentons ici seulement deux modalités d'évaluation formative: 1) un outil formel, qui, partant d'une grille d'évaluation au début du projet, évolue vers ce qui se nomme ensuite un *tableau de progression* ; 2) des phases de débat scientifique, évoquées dans l'analyse a priori de la séance, au début du projet, puis largement anticipées dans la suite du projet.

4. Méthodologie

Dans ce contexte de DI-formation, Tom expérimente, en 6^e, deux ingénieries didactiques (Artigue 1988) de type EMI, intégrant des modalités d'évaluation formative. La 1^{re}, nommée *Les diagonales*, se compose de deux séances (environ deux heures) et se situe au cours de la 1^{re} année du projet, la 2^{de}, intitulée *Le parc*, dure environ sept heures. Elle est élaborée, expérimentée, modifiée, réexpérimentée lors de deux années consécutives. Les classes concernées sont des niveaux CM2 ou 6^e (élèves de 10-11 ans). La comparaison entre analyses a priori et a posteriori, à chaque expérimentation (environ 12), contribue à améliorer le déroulement prévu.

Les séances sont filmées, une caméra sur la classe entière et le professeur, une autre sur un groupe d'élèves. Outre les vidéos, nous disposons de différentes productions d'élèves. Les transcriptions des temps de débat sont codées au moyen du modèle ESRU. Nous analysons plus particulièrement les transactions didactiques et le contrat au cours de ces phases de débat, ainsi que l'utilisation en classe des outils formels d'évaluation, élaborés collectivement. Notre méthodologie d'ingénierie didactique, « dont la validation, essentiellement interne, est fondée sur la confrontation entre les analyses a priori et a

posteriori » (Artigue) justifie que nous situions cette évaluation formative, entre une évaluation spontanée et une évaluation planifiée, la plupart des réponses des élèves étant anticipées par l'analyse didactique.

Nous ne donnons que quelques éléments des analyses a priori des deux ingénieries.

Concernant *Les diagonales*, nous renvoyons à Gandit (2015). L'énoncé proposé aux élèves est le suivant :

Quel est le nombre de diagonales d'un polygone ? Autrement dit, donner un moyen qui permette, dès que l'on connaît le nombre des sommets d'un polygone, de déterminer le nombre de ses diagonales.

Le principal objectif est l'acquisition d'une connaissance d'ordre 2⁴ en lien avec les catégories *Expérimenter* et *Généraliser* (figure 1), à savoir comment choisir des cas particuliers, ni trop simples, ni trop complexes, et les étudier de manière à dégager le généralisable du particulier. Une courte analyse a priori (2 pages) a été étudiée par l'équipe de mathématiques, laissant une certaine latitude aux enseignants expérimentateurs, pour éviter de contraindre trop leurs pratiques, en 1^{re} année du projet. La séance 1 prévoit, outre un travail sur la compréhension de l'énoncé du problème, la présentation aux élèves d'une grille d'évaluation formative (figure 3), chaque item étant évalué suivant quatre niveaux.

Figure 3

Je suis capable de comprendre le problème, de commencer les recherches et de formuler des questions, de modéliser.				
Je suis capable d'émettre des hypothèses, des conjectures.				
Je suis capable de proposer un protocole et de mettre en œuvre une expérience.				
Je suis capable de mener un raisonnement cohérent, de faire une preuve ou de valider une hypothèse.				
Je sais communiquer ma démarche par écrit ou par oral.				
Je fais preuve d'initiative, d'originalité, d'autonomie.				
Je suis capable de rester concentré, de travailler dans le calme (savoir-être valable pour l'ensemble).				

Grille élaborée au début du projet

Concernant *Le parc*, nous renvoyons à Gandit (2014), ainsi qu'à http://webcom.upmf-grenoble.fr/sciedu/evacodice/page7_Maths.html. Nous précisons seulement que les objectifs d'apprentissage sont relatifs aux ordres 1 et 2 : comprendre qu'un nombre peut avoir différentes écritures ; comparer des fractions ; débattre et argumenter. Chaque séance est décomposée en phases, au cours desquelles les élèves doivent faire des recherches,

⁴ Les enseignants ne les identifient pas sous cette forme.

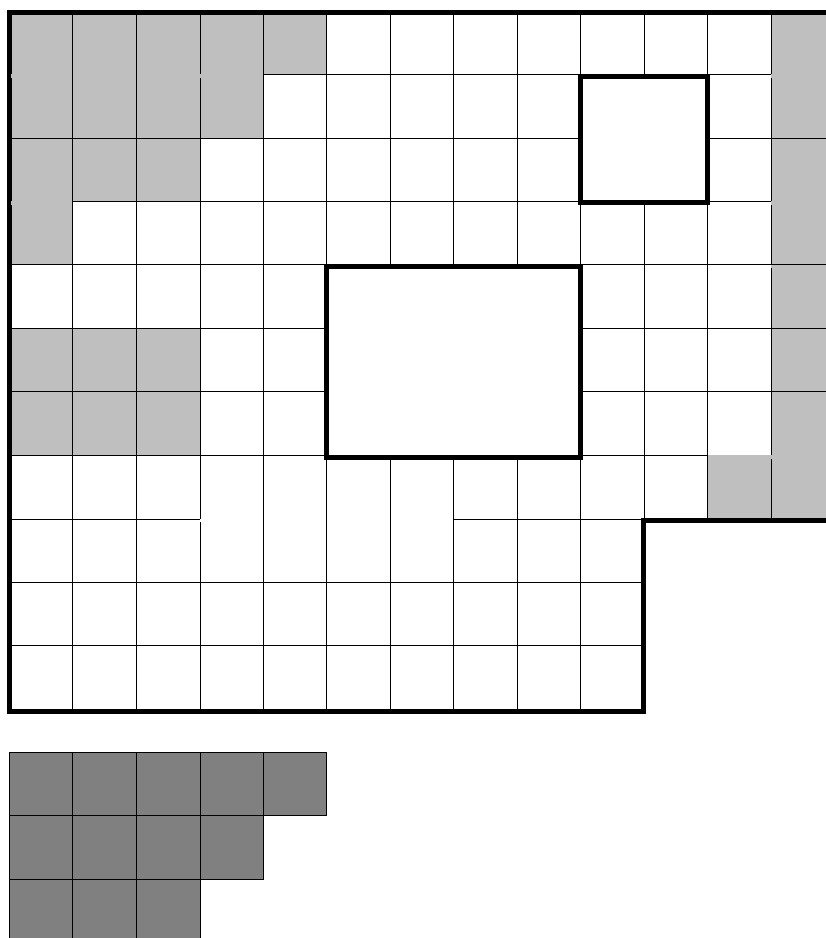
individuellement ou en groupe, comprendre d'autres réponses que les leurs, se questionner, s'engager sur des réponses (dire s'ils sont d'accord ou pas), débattre avec des arguments scientifiques, éventuellement changer d'avis, communiquer oralement ou par écrit. La question de départ renvoie à la mesure de l'aire d'une surface quadrillée, avec une unité d'aire « inhabituelle » (figure 4). La confrontation des réponses des élèves amène à la comparaison de différentes écritures d'un même nombre : fractionnaires, sommes, différences, « à virgule » etc.

Figure 4

La grille représente un parc, avec des massifs de fleurs, dans lequel se trouvent des bâtiments.

Les massifs de fleurs sont représentés en gris clair. Les trous dans la grille représentent les bâtiments.

On veut mesurer l'aire du parc (sans les bâtiments) avec une certaine unité d'aire. Cette unité d'aire est l'aire de la surface gris foncé qui se trouve en dessous de la grille.



L'énoncé donné aux élèves au début de la séquence du parc

L'analyse a priori, outre qu'elle montre en quoi cet énoncé permet de problématiser les savoirs visés relatifs à la multiplicité d'écritures des nombres, prévoit également l'utilisation d'un autre outil formel d'évaluation que celui qui est proposé à la figure 3, le *tableau de*

progression. Il repose sur quatre compétences en jeu dans l'action scientifique de l'élève, chacune d'elles étant décrite par des indicateurs correspondant à la tâche proposée. La figure 5 en donne la version qu'il est prévu d'introduire à la 1^{re} séance. Ce tableau permet d'explicitier les connaissances d'ordre 2. Son utilisation en classe peut ainsi contribuer à l'enrichissement du contexte cognitif de l'action scientifique de chaque élève.

Figure 5

	1	2	3	4
	J'ai bien compris ce qu'on cherchait, j'ai fait des essais, j'ai eu des idées.	J'ai compris ce qu'on cherchait, mais j'ai fait des erreurs dans mes recherches, j'ai eu des idées.	J'ai compris ce qu'on cherchait, mais je n'ai pas su comment démarrer. Je n'avais pas d'idée.	Je n'ai pas compris ce qu'on cherchait, je n'ai pas su démarrer.
Comprendre le problème, faire des recherches, faire preuve d'initiative, être original.				
	J'ai donné des réponses ou voté pour des réponses (vraies ou fausses), j'ai proposé des méthodes.	J'ai voté pour des réponses, mais, pour certaines d'entre elles, je ne savais pas pourquoi.	J'ai voté pour des réponses, un peu au hasard.	Je n'ai pas voté.
Donner des réponses, émettre des hypothèses ou conjectures, formuler des questions.				
	J'ai trouvé, plusieurs fois, des raisonnements corrects pour prouver qu'une réponse était vraie ou bien était fausse.	J'ai trouvé, une seule fois, un raisonnement correct pour prouver qu'une réponse était vraie ou bien fausse.	Je n'ai trouvé aucun raisonnement correct pour prouver qu'une réponse était vraie ou bien fausse.	Je n'ai pas cherché de raisonnement.
Prouver que c'est vrai, prouver que c'est faux.				
	J'ai rédigé mes raisonnements, ils étaient corrects, je suis intervenu(e) dans le débat pour répondre aux autres.	J'ai rédigé mes raisonnements, il y avait des erreurs, je suis intervenu(e) dans le débat pour répondre aux autres.	J'ai écrit des réponses, mais c'était faux, je ne suis pas intervenu(e) dans le débat pour répondre aux autres.	Je n'ai pas écrit de réponse, je ne suis pas intervenu(e) dans le débat.
Communiquer par écrit ou par oral.				

Le tableau de progression : l'élève coche où il se situe.

Chaque compétence est décrite suivant quatre paliers, les indicateurs changeant au cours de la séquence, pour s'adapter au moment de l'utilisation de celui-ci. La 1^{re} utilisation a lieu lors du 1^{er} temps de débat, la 2^{de} plus tard.

Quelques résultats

Nous n'en donnons que deux.

Un 1^{er} résultat porte sur l'utilisation des outils formels d'évaluation : la *grille* (figure 3), au cours de l'ingénierie *des diagonales* et le *tableau de progression* (figure 5), au cours de celle *du parc*.

En fin d'année 1 du projet, Tom n'introduit pas du tout la grille, malgré sa participation active aux séances de DI-formation. Il dit qu'il « la prend en compte dans son enseignement, mais ne la fournit pas aux élèves » (Gandit 2015 : 73). A titre indicatif, les quatre autres enseignants la fournissent à leurs élèves. On fait l'hypothèse que Tom ne voit pas cette grille comme un moyen de régulation permettant le développement des compétences des élèves. Certes son utilisation n'était pas explicitement prévue dans l'analyse a priori. Elle pouvait toutefois constituer un moyen de présenter l'activité de recherche. C'est en ce sens qu'elle a été utilisée par deux autres enseignants.

Au milieu de l'année 3, par contre, Tom distribue le tableau de progression au cours de la séance 2, sans toutefois l'annoncer, au début du débat sur les réponses des élèves concernant la mesure de l'aire du parc (figure 4). Ce n'est que plusieurs jours plus tard, après le débat et la synthèse sur les réponses (figure 6), en fin de 4^e séance, que Tom y consacre du temps.

Figure 6

Grille n°1 : pour chaque compétence, mets une croix dans une des cases	1	2	3	4
Comprendre le problème, faire des recherches, faire preuve d'initiative, être original.	I'ai bien compris ce qu'on cherchait, j'ai fait des essais, j'ai pu des idées.	J'ai compris ce qu'on cherchait, mais j'ai fait des erreurs dans mes recherches, j'ai pu des idées.	J'ai voté pour des réponses, un peu au hasard.	Je n'ai pas voté.
Donner des réponses, émettre des hypothèses ou conjectures, formuler des questions.	J'ai donné des réponses ou votes pour des réponses vraies ou fausses, j'ai proposé des méthodes.	J'ai voté pour des réponses, mais, pour certaines d'entre elles, je ne savais pas pourquoi.	Je n'ai trouvé aucun raisonnement correct pour prouver qu'une réponse était vraie ou bien fausse.	Je n'ai pas cherché de raisonnement.
Prouver que c'est vrai, prouver que c'est faux. Prendre une décision.	J'ai trouvé plusieurs fois des raisonnements corrects pour prouver qu'une réponse était vraie ou bien fausse.	J'ai trouvé une seule fois, un raisonnement correct pour prouver qu'une réponse était vraie ou bien fausse.	J'ai écrit des réponses, j'y avais des erreurs, j'ai pas intervenu(e) dans le débat pour répondre aux autres.	Je n'ai pas écrit de réponse, je ne suis pas intervenu(e) dans le débat.
Communiquer par écrit ou par oral.	J'ai rédigé mes raisonnements, ils étaient corrects, je suis intervenu(e) dans le débat pour répondre aux autres.	J'ai rédigé mes raisonnements, il y avait des erreurs, je suis intervenu(e) dans le débat pour répondre aux autres.		

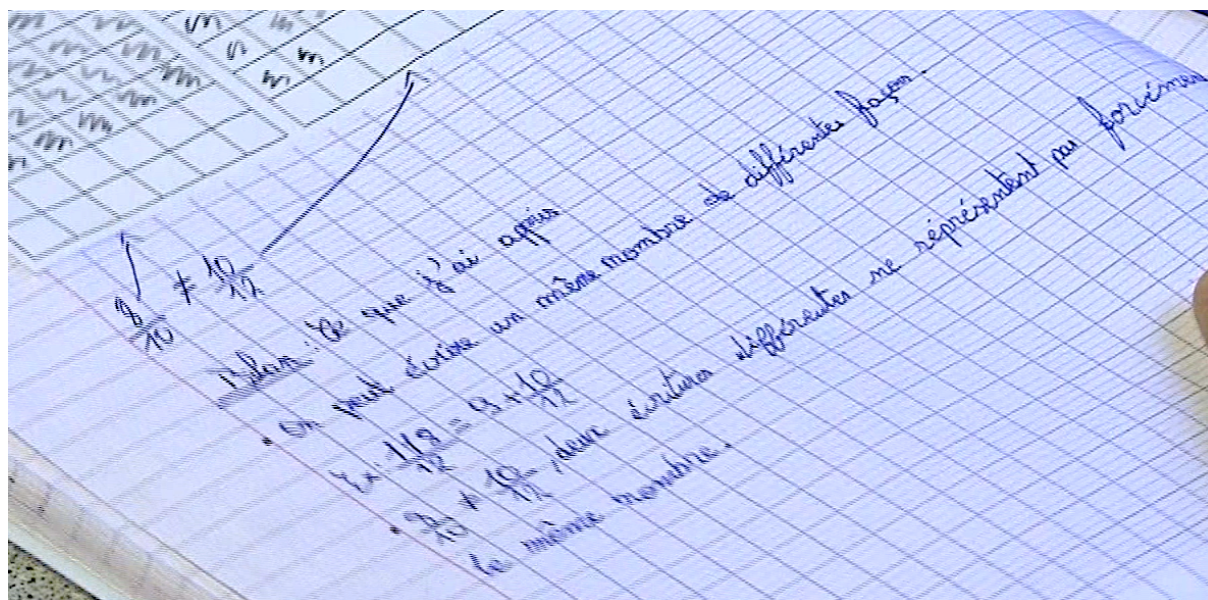
Le tableau de progression rempli par un élève

Tom passe environ trois minutes à expliciter comment utiliser ce tableau :

Donc vous voyez, là, on a travaillé des choses mathématiques, mais on a travaillé d'autres compétences..., on a travaillé d'autres compétences qui sont importantes, d'accord ? Donc, en mathématiques, ce qu'il faut faire, quand on a un problème, c'est de comprendre le problème, faire des recherches, faire preuve d'initiative. Etre original, c'est parfois un peu plus délicat. Alors là, je vous demande de vous situer correctement. Si vous avez bien compris ce qu'on cherchait, si vous avez eu des idées, vous vous positionnez dans cet espace-là. [Il montre la case, située sous la case 1 du premier sous-tableau de la figure 3]. Si vous avez compris ce qu'on cherchait, mais que vous avez fait des erreurs dans les recherches, vous vous mettez ici. Si vous avez compris ce qu'on vous demandait, pour l'aire du parc notamment, mais que vous n'avez pas su démarrer, vous vous mettez ici. Si vous n'avez pas compris, vous mettez une croix ici. OK ?... C'est bon ? Ensuite, donner des réponses, émettre des hypothèses ou conjectures, formulez des questions [...]

La fonction de ce tableau de progression, qui est mise en avant par Tom, à ce moment-là, est de compléter le bilan sur les connaissances d'ordre 1 (figure 7) par un bilan de compétences, relativement à l'action scientifique.

Figure 7



Bilan de connaissances d'ordre 1 sur un cahier d'élève

En début de 5^e séance, au moment où les élèves démarrent le calcul de l'aire de chaque massif de fleurs (parties gris clair sur la figure 4), Tom propose :

Et pour vous aider, pour vous aider à bien voir ce qu'on attend de vous, et pour vous aider à vous situer tout seuls... Est-ce que ce qu'on fait là, c'est correct ou pas ? ... Je vous donne ... euh... une grille d'évaluation, hein... et donc, si vous avez des doutes...[...]

Puis, s'adressant à un élève en particulier, mais suffisamment fort pour être entendu de tous, il ajoute :

Le but de cette grille, c'est d'essayer de te montrer ce que, ce que tu dois réussir à faire, d'accord ?
Donc là, je vous laisse ça [il parle du tableau de progression], et ça peut vous aider.

Tom met ainsi en avant une 2^e fonction de ce tableau, celle de permettre aux élèves de se situer par rapport à la tâche, de comprendre les attentes. Celui-ci sera rempli par les élèves plus tard, le professeur y reviendra donc.

Un 2nd résultat porte sur les *transactions didactiques* dont l'étude au cours des phases de débat permet de préciser « le *contrat* [didactique] qui les régit et auquel elles donnent sa forme » (Sensevy 2007 : 19). Comme précisé plus haut, nous les étudions à l'aide du modèle ESRU.

Nous renvoyons à Gandit (2015 : 74) pour des éléments d'analyse a posteriori de la séance mise en œuvre en fin d'année 1. Nous proposons seulement l'étude d'une *conversation* (nous ne pouvons pas parler de débat) entre le professeur et un élève, assez représentative, des routines visibles dans cette séance où Tom passe d'un élève à l'autre et lui commente l'avancée de son travail, lui donne des pistes, un contre-exemple pour invalider sa conjecture... Peu de responsabilité scientifique est laissée à la classe, même si Tom encourage les élèves à faire des recherches. Il leur répète un grand nombre de fois qu'ils doivent écrire ce qu'ils ne comprennent pas, ce qui, de façon prévisible, ne les engage pas davantage dans des actions scientifiques. Tom s'approche d'un élève et lui prend le crayon. S'engage alors le dialogue suivant, que nous rapportons avec son codage à la figure 8.

Figure⁵ 8

R2	Donc finalement, si tu regardes, si on fait le point, tu en es où ?
R2	Alors le nombre de sommets... Pour le triangle, tu avais trouvé 3 sommets, 0 diagonales, d'accord ?
R5	Ceux qui ont 4 sommets, tu avais trouvé combien de diagonales ?
S1	Euh, 2.
E1	2. Et après, tu fais quoi maintenant ? Tu vois un lien ou un... ?
S1	Ah oui, divisé par 2, je crois.
E3	Tu regardes ce qui se passe.
R8	Est-ce que ça marche "divisé par 2" ?
R5	J'aurais combien si c'était divisé par 2 ici ?
E1	Hein... fais des dessins.

Echange entre le professeur et un élève

Lors de cette conversation, Tom reprend une idée de l'élève, l'explore, lui demande de faire une conjecture, mais invalide rapidement celle-ci par une question dont la réponse est téléguidée (effet Topaze, Brousseau 1998 : 52), puis l'encourage à poursuivre son

⁵ Les deux lignes grisées correspondent aux réponses de l'élève.

expérimentation. Cette conversation ne montre pas de cycle ESRU. Des éléments sont cependant présents, dans cet échange, qui pourraient permettre à Tom de lancer un débat scientifique à propos de la conjecture, suivant laquelle le nombre de diagonales est égal à la moitié du nombre de sommets. Des exemples auraient pu être trouvés facilement par les élèves. Tom n'a cependant pas su saisir ces éléments.

Par contre, au cours de l'année 2 du projet, on note de véritables phases de débat scientifique (figure 9). Cet extrait se situe au moment du débat sur la réponse 118 /12 pour exprimer l'aire du parc. Il s'agit d'une réponse exacte, mais difficile à comprendre pour la majorité des élèves, comme le prévoit l'analyse a priori.

Figure 9

E	Quelqu'un avait... Qui avait répondu qu'il était pas d'accord la dernière fois ?
S1	Que...il y a... il y a plusieurs écritures différentes. Alors il y a plusieurs solutions, plusieurs écritures différentes et...
S2	Moi, j'avais mis « je ne me prononce pas », mais maintenant...
S3	Moi, je suis pas d'accord.
R	T'es pas d'accord ? ... [inaudible] Pourquoi t'es pas d'accord ? Fanny... Et alors pourquoi c'était faux pour toi ?
S4	Ben... parce que il y avait pas u...
R	Comment ?
S4	il y avait pas u
R	Il y avait pas d'unité. C'était pour ça que t'étais pas d'accord. Maintenant si on corrige...
S4	Et il y en a plus de 9.
R	Et il y en a plus de 9.
S4	Mais là, ça nous aide pas parce que...en fait... on a envie de savoir combien il y a d'unités déjà. Parce que là...
S5	Tu peux réexpliquer, je comprends pas.
S4	Ben pour moi, On veut des unités, on veut pas 118

Un extrait d'une phase de débat sur la réponse 118 /12

La figure 9 fait apparaître des interactions entre professeur et élèves, ainsi qu'entre les élèves eux-mêmes. On remarque des cycles ESR, qui montrent que le professeur exploite les réponses des élèves. On note également que les élèves se questionnent spontanément, sans que l'enseignant ait besoin d'intervenir, ils expriment leur accord ou leur désaccord avec les arguments qui sont avancés. Ceci montre que les élèves entrent dans l'action scientifique, même s'ils peinent encore à comprendre cette réponse de 118/12.

5. Discussion et conclusion

L'intégration dans les pratiques enseignantes d'outils d'évaluation formative s'avère difficile. Malgré le travail de type DI-formation mis en place dans l'équipe, Tom résiste en effet à

l'utilisation d'une grille, et surtout à la faire utiliser par les élèves. Par contre, une fois convaincu de l'intérêt de la mettre à disposition de ceux-ci, il en montre deux fonctions importantes pour aider l'élève : se situer par rapport aux compétences mises en œuvre dans la tâche et comprendre ce qui est attendu. Une 3^e fonction n'est pas visible ici, celle de permettre à l'élève de se voir progresser (Gandit et Lepareur à paraître).

On avance une hypothèse explicative à cette réticence : l'analyse a priori de la séquence des *diagonales* n'intègre pas explicitement l'utilisation de la grille d'évaluation, contrairement à celle du *parc*, qui développe précisément son utilisation. On peut donc penser qu'il est essentiel de montrer l'intérêt didactique de cet outil de grille, avantageusement renommée tableau de progression au cours du projet, en l'incorporant à toute analyse a priori.

L'utilisation en classe d'un tel tableau permet en effet de favoriser tout à la fois les processus de dévolution et d'institutionnalisation (Perrin-Glorian 1997). Il s'agirait donc de penser davantage les outils d'évaluation comme des leviers didactiques. Ceci n'a pas été mis en avant au cours des premières séances de DI-formation. De plus, le changement de nom de cet outil le fait davantage apparaître comme un moyen permettant à l'élève de se sentir progresser. Ce point de vue n'est apparu que vers la deuxième année du projet. Une autre hypothèse est que le travail collectif, lors des séances de DI-formation, ne porte pas ses fruits de manière immédiate, la composante personnelle de l'enseignant (Robert) tenant une place prépondérante.

Le contrat didactique relatif aux phases de débat évolue aussi très nettement, laissant davantage de place à la responsabilité scientifique des élèves. Nous n'avons montré que deux extraits de telles phases, mais ils sont représentatifs de l'activité de l'enseignant. La 1^{re} n'est pas un débat scientifique, la 2nde favorise l'action scientifique des élèves. L'hypothèse explicative fournie ci-dessus peut être reprise. En effet, l'analyse a priori de la séquence du *parc* explicite précisément ces phases de débat, anticipe les réponses des élèves, donne un ordre dans lequel les aborder, alors que ce n'est pas le cas, de façon aussi détaillée, pour *les diagonales*. Comme nous l'avons dit, il s'agit bien d'une modalité d'évaluation formative, qui n'est pas seulement spontanée. Par ailleurs, l'utilisation d'un outil d'aide à la mise en place du débat, non étudié ici faute de place, est intégré également à l'analyse a priori du *parc*, pour aider l'enseignant au démarrage de ce débat. Celui-ci est en effet difficile lorsque les élèves n'ont pas l'habitude d'être sollicités sur ce qu'ils pensent vraiment et ne comprennent pas ce qu'est un argument mathématique.

6. Références bibliographiques

Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 9/3, 281-308.

- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Black, P. J. et William, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment. Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31.
- Gandit, M. (2015). L'évaluation au cours de séances d'investigation en mathématiques. *Recherches en éducation*, 21, 67-80.
- Gandit, M. (2014). Evaluation formative et démarche d'investigation en mathématiques, dans le cadre du LéA EvaCoDICE. <http://ife.ens-lyon.fr/lea/le-reseau/manifestations/rencontre-nationale-des-lea-2014/depot-actes-lea/evaluation-formative-et-demarches-d2019investigation-en-mathematiques-dans-le-cadre-du-lea-evacodice> (cons. 30/11/2016).
- Gandit, M. et Lepareur, C. (2018). Effets de différentes modalités d'évaluation formative sur l'évolution du milieu de l'élève. Dans S. Coppé (dir.), *Symposium Des dispositifs d'évaluation formative en mathématiques aux apprentissages des élèves, Actes du 27^e colloque de l'ADMEE-Europe, 13-15 janvier 2016*.
- Gueudet, G. et Lebaud, M-P. (2013). Démarches d'investigation en sciences, collectifs dans la formation des enseignants, enquête sur un lien complexe. Dans M. Grangeat (dir.). *Des enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (p. 95-114). Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Harlen, W. (2013). *Evaluation et pédagogie d'investigation dans l'enseignement scientifique : de la politique à la pratique*. (Zheng Ma, trad.). Trieste, Italie : IAP le réseau mondial des académies des sciences (Ouvrage original publié en 2013 sous le titre *Assessment & Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice*. Trieste, Italy : Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP)).
- Legrand, M. (1990). Rationalité et démonstration mathématiques, le rapport de la classe à une communauté scientifique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 9/3, 365-406.
- Lepareur, C., Gandit, M. et Grangeat, M. (sous presse). Evaluation formative et démarche d'investigation en mathématiques : une étude de cas. *Education et Didactique*.
- Perrin-Glorian, M.-J. (1997). Que nous apprennent les élèves en difficulté en mathématiques ? *Repères-IREM*, 29, 43-66.
- Robert, A. (2008). La double approche didactique et ergonomique pour l'analyse des pratiques d'enseignants de mathématiques. Dans F. Vandebrouck (dir.), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (p. 59-68). Toulouse : Octarès Editions.

Ruiz-Primo, M. & Furtak, E. (2007). Exploring Teachers' Informal Formative Assessment Practices and Students' Understanding in the Contexte of Scientific Inquiry. *Journal of research in science teaching*, 44, 1, 57-84.

Sackur, C., Assude, T., Maurel, M., Drouhard, J-P. et Paquelier, Y. (2005). L'expérience de la nécessité épistémique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 25 (1), 57-90.

Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. Dans Sensevy, G. et Mercier, A. (dir.) (2007). *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : Presses universitaires.

Shavelson, R., Young, D., Ayala, C., Brandon, P., Furtak, E., Ruiz-Primo, M., Tomita, M. et Yin, Y. (2008). On the Impact of Curriculum-Embedded Formative Assessment on Learning: A Collaboration between Curriculum and Assessment Developers, *Applied measurement in education*, 21 : 295-314.