

Activite d'enseignants de mathematiques integrant des bases d'exercices en ligne

M. Abboud-Blanchard

C. Cazes

F. Vandebrouck

Laboratoire André Revuz, Université Paris Diderot

Introduction

La recherche que nous présentons dans cet article porte sur les genèses d'usage de «Bases d'Exercices en Ligne» (que nous appellerons désormais BELs) chez les enseignants de mathématiques de l'enseignement secondaire en France. Les BELs sont des logiciels de mathématiques proposant des exercices dans un environnement numérique d'apprentissage (Cazes, Gueudet, Hersant, & Vandebrouck, 2006). Nombre de ces produits se sont développés ces dernières années dans un but de soutien et d'accompagnement scolaire et de nombreux enseignants les utilisent dans leur classe, soit de leur propre initiative, soit encouragés par un contexte institutionnel favorable. Nous pensons que l'utilisation des BELs introduit des perturbations dans l'enseignement. Nous nous proposons d'étudier l'intégration de ces outils en prenant comme dimension privilégiée celle des pratiques enseignantes. Ces dernières intéressent de plus en plus les chercheurs en didactique des mathématiques de par leur importance pour une meilleure compréhension des potentialités et limites des environnements technologiques dans les apprentissages des élèves (Abboud-Blanchard & Lagrange, 2006; Monaghan, 2004; Ruthven & Hennessy, 2002).

Les données sur lesquelles porte l'étude sont issues d'un projet régional initié en France en 2003. Ce projet concernait une expérimentation de l'usage de BELs afin d'évaluer l'impact et l'efficacité en tant que soutien à l'action pédagogique en mathématiques (Artigue *et al.*, 2006). Nous avons fait partie du groupe des chercheurs chargé du suivi de ce projet. Ce suivi a concerné à la fois l'étude des produits, l'observation des élèves et l'analyse de leurs apprentissages ainsi que l'observation des enseignants et l'analyse de leurs pratiques (Abboud-Blanchard, Cazes, & Vandebrouck, 2008). Cette dernière entrée fait l'objet du présent article.

Dans une première partie, nous présentons le cadre théorique systémique adopté. Ensuite, nous explicitons les données recueillies ainsi que notre méthodologie de travail. Enfin, nous présentons nos résultats et terminons par quelques perspectives.

Cadre théorique

Nous pensons que l'intégration des outils, ici les BELs, dans l'activité de l'enseignant, ne peut s'étudier qu'en prenant en compte le contexte institutionnel mais aussi social dans lequel l'enseignant exerce sa fonction. C'est pourquoi nous nous plaçons dans le cadre de la théorie de l'activité. Cette théorie a été développée d'abord dans les travaux de psychologues russes, Vygotsky et Leontiev, comme cadre théorique permettant «d'étudier les différentes formes de praxis en tant que processus de développement individuels et sociaux» (Jonassen, 2000). Ces travaux ont été repris par Y. Engeström qui soutient que l'activité humaine s'exprime par l'interrelation dynamique et réciproque de différentes entités d'un système (Engeström, Miettinen, & Punamäki, 1999). Il organise les entités nécessaires à la représentation de l'activité humaine dans un modèle systémique (figure 1) qui inclut en plus du sujet, des outils utilisés et de l'objet: la communauté, les règles appliquées et la division du travail. Ainsi, l'activité ne peut pas être comprise par l'analyse statique d'une seule entité (par exemple, le sujet) mais à travers l'analyse des interrelations entre les sous-systèmes présents dans le modèle et également à l'intérieur de chacun de ses sous-systèmes.

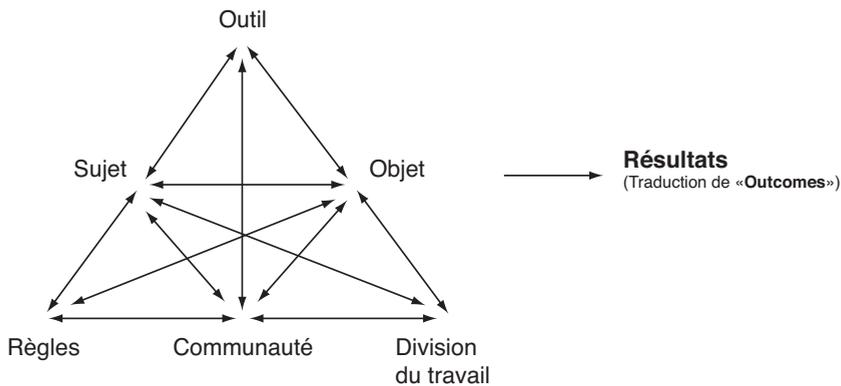


Figure 1. Modèle de la théorie de l'activité d'Engeström.

L'intérêt premier que nous trouvons, dans l'étude de l'activité de l'enseignant par ce type de modélisation, est de considérer plusieurs entrées qui prennent en compte l'ensemble du contexte de l'activité, et non seulement les entrées classiques en didactique, à savoir, l'élève, l'enseignant, le savoir mathématique, auxquelles s'ajouterait la BEL.

En outre, Léontiev distingue trois niveaux d'activité: les activités proprement dites, les actions et les opérations (Léontiev, 1984). Les activités sont en relation étroite avec un but conscient, une motivation et peuvent donner lieu à une multiplicité d'actions. Les actions s'effectuent par des opérations qui sont des procédures compilées, conscientes ou inconscientes. Pour notre travail, nous retenons de cette distinction deux points précis. D'abord, ce sont les actions de l'enseignant qui sont observables et vont donc nous ren-

seigner sur son activité. Ensuite, l'activité mène à un apprentissage, conscient mais parfois aussi incident, du sujet ; apprentissage que nous situons au niveau des *résultats* (*outcomes*) de l'activité. Cet apprentissage procure au sujet une connaissance qui le conduit à changer/adapter son activité s'il est amené à la reproduire. Il existe ainsi une évolution indéniable du système, en fonction de ses différentes composantes, et c'est en étudiant ce processus dynamique que nous relevons des indices de genèses relatives à l'utilisation de la technologie BEL par les professeurs.

Nous présentons ici brièvement les pôles du système, sur lesquels nous revenons de façon plus détaillée dans la troisième partie de l'article:

- *Le sujet* est l'individu ou le groupe d'individus dont l'activité est analysée. Dans notre étude ce sera l'enseignant.
- *L'objet de l'activité*, dans la théorie d'Engeström (Engeström, 2003), réfère à la «matière première» ou le «lieu où se situe la difficulté» sur lequel porte l'activité et qui est modelé et transformé sous forme de *résultats*. Dans notre cas, l'objet de l'activité est constitué par les élèves et leur travail mathématique.
- *L'outil* permet au sujet d'exercer son activité, en fait il s'agit d'un ensemble d'outils ou d'instruments. Il peut s'agir d'instrument matériel externe ou interne comme le langage par exemple. L'instrument essentiel qui nous intéresse est la BEL.
- *La communauté* concerne, dans le modèle d'Engeström, l'ensemble des sujets qui partagent le même objet. Un même sujet, pour un objet fixé, peut appartenir à plusieurs communautés. Dans notre cas, ce peut être la communauté des professeurs de mathématiques d'un même établissement ou celle des professeurs de mathématiques utilisant la même BEL.
- *La division du travail* fait référence à l'organisation hiérarchique comme au partage horizontal des tâches entre individus d'une communauté.
- *Les règles* sont toutes les régulations, contraintes, normes implicites ou explicites qui organisent le système d'activité. Elles peuvent être par exemple dans notre cas, des règles institutionnelles concernant les programmes. Elles peuvent également concerner les conventions explicites ou implicites qui régissent la communauté.

La modélisation de l'activité enseignante par le système d'Engeström permet d'interpréter d'une part les observations comme des conséquences d'influences ou de tensions entre les différents pôles et d'autre part les résultats (*outcomes*) ainsi que l'évolution du système en termes de genèses d'usage des BELs par les enseignants.

Données et méthodologie d'analyse de ces données

Les bases d'exercices en ligne sont des logiciels proposant des exercices dans un environnement numérique d'apprentissage comprenant tout ou partie des fonctionnalités sui-

vantes: cours, indications pour la résolution, aides fournies par des calculateurs, aides graphiques, analyse de réponse, solution rédigée et commentée, évaluation notée, mémorisation du parcours de l'apprenant. De tels produits, libres ou non, sont de plus en plus nombreux pour tous les niveaux d'apprenants, ils peuvent être utilisés dans des situations de classe ou parascolaire, avec un tuteur ou non. Dans le projet que nous avons suivi, il y a essentiellement quatre BELs différentes utilisées, nous les citerons à l'occasion d'exemples donnés dans le reste du texte.

Les données recueillies sont qualitatives et proviennent d'observations de classe, de réponses à des questionnaires et à des entretiens. Un échantillon large, constitué d'une trentaine de professeurs, a participé au projet durant trois ans. Ils ont été observés en classe, par des chercheurs étudiant l'activité de l'enseignant ou de certains élèves. En outre, ces professeurs ont répondu, à la fin de chaque année d'expérimentation, à des questionnaires sur leur utilisation des BELs, ce qui nous a permis, entre autre, d'obtenir des informations personnelles, au-delà des observations en classe. A l'issue de la première année d'expérimentation, nous avons cherché à faire une étude plus clinique. C'est pourquoi nous avons spécifié un second échantillon, plus fin, qui regroupe six enseignants. Ces enseignants n'utilisaient pas davantage les BELs que ceux de l'échantillon large mais ont accepté de nous recevoir plus souvent. Il s'agit de Claude en lycée d'enseignement professionnel, Cathy, Gilles, Olivia, Beatrix et Diane en lycée d'enseignement général. De plus, les trois dernières enseignantes ont été intégrées, à leur demande, au groupe responsable du suivi du projet ; ce qui nous a permis, à travers des entretiens d'explicitation, de recueillir des données supplémentaires. Nos analyses ont porté dans un premier temps sur l'activité des enseignants de l'échantillon fin. Dans un second temps, la confrontation avec les analyses portant sur l'échantillon large a permis d'obtenir des résultats quant aux régularités et disparités entre enseignants utilisant des BELs.

L'activité des enseignants est tout d'abord analysée du point de vue des choix des outils BELs. Ensuite, les scénarios et les tâches choisies dans les BELs par les professeurs sont analysés. Nous retenons essentiellement les types de connaissances mathématiques proposées aux élèves et la nature des mises en fonctionnement de ces connaissances (Robert, 1998) (Robert & Rogalski, 2002). Puis, les déroulements en classe sont analysés. Les transcriptions des enregistrements ainsi que les notes des observateurs fournissent des éléments relatifs à la gestion de la classe et aux interactions enseignant-élèves (Robert & Rogalski, 2005). Elles nous permettent de relever les types d'utilisation des différents outils (autre que la BEL): documents distribués, tableau, cahier de cours, cahier de recherche... Ceci afin de repérer certaines associations entre ces outils et de comprendre les complémentarités qu'elles engendrent. Elles nous permettent en particulier d'étudier avec précision les interventions auprès des élèves. Cette dernière étude est bien évidemment la plus consistante. Elle permet de décrire la façon dont les enseignants aident les élèves à résoudre les tâches qu'ils leur proposent à travers les BELs. Nous retenons particulièrement pour l'étude des interventions enseignantes leur caractère collectif ou individuel et le type de leur contenu:

- les interventions purement relatives au contenu mathématique,

- les interventions liées à la BEL,
- les interventions relatives à l'utilisation du papier/crayon,
- les autres interventions relatives au contrôle, à l'enrôlement et à la structuration du temps.

Une quantité de données variées a ainsi été rassemblée, leur étude a fait ressortir plusieurs régularités et disparités dans l'activité des enseignants, dont nous essayons de rendre compte ici en les interprétant d'un point de vue systémique et dynamique.

Résultats

Les résultats s'organisent en trois parties. La première concerne les résultats relatifs au sous système Sujet Outils Objet, appelé sous système «production» et où se joue l'essentiel de l'activité enseignante en situation de classe. La deuxième éclaire ces résultats par l'influence des pôles complémentaires: règles, communauté et division du travail. Enfin, la troisième partie concerne les résultats (outcomes) de l'activité des enseignants et leur impact sur l'évolution du système.

Le sous système production

Le sous-système constitué par les trois pôles Sujet, Outil, Objet de l'activité est le lieu de tensions révélatrices des contraintes sous lesquelles l'enseignant exerce son activité en classe. Les exemples que nous développons en sont caractéristiques.

Beatrix, enseignante en lycée général, commence ainsi une séance utilisant la BEL Euler¹ pour faire réviser les fonctions linéaires à ses élèves:

Installez-vous, de préférence un par table (...) Quand vous arrivez à la séance de travail, vous faites bien attention aux commentaires que je vous ai donnés, que j'ai écrits en début de la séance de travail (...). Vous m'appellez pour me montrer que c'est bon. Je veux voir du bon travail (...). Et vous n'oubliez pas pour les fiches 1 et 2, d'écrire sur votre feuille comment vous avez trouvé la bonne réponse. (...)

Nous retenons de cet extrait deux injonctions particulières. La première, que nous interprétons en terme de tension entre le sujet et l'instrument, est de lire les commentaires en début de la feuille de travail. En effet Béatrix pourrait insister sur la lecture des énoncés davantage que sur ses propres commentaires mais elle a passé du temps (le questionnaire nous l'indique) à préparer une feuille de travail et elle souhaite que les élèves en tiennent compte en lisant avec attention ses commentaires. Elle pourrait aussi déléguer la tâche de validation à la BEL, ce qu'elle ne fait pas. La deuxième injonction concerne le rapport entre le travail BEL et le papier/crayon. Cet extrait nous renseigne en effet sur l'existence de plusieurs outils dans le système, en particulier la BEL et le papier /crayon. L'articu-

lation de leur utilisation par les élèves ne va pas de soi et nécessite en général une intervention explicite des enseignants. Elle peut donc s'interpréter en termes de tension entre outils et objet de l'activité.

Il existe aussi des tensions entre l'outil et l'objet de l'activité. Nous relevons par exemple le choix du type de connaissances travaillées chez l'ensemble des enseignants. Ce sont toujours des connaissances en cours d'acquisitions ou des connaissances anciennes qui sont travaillées. Il ne semble pas que l'on puisse faire aborder aux élèves des connaissances totalement nouvelles avec ces outils BEL car elles sont actuellement prévues pour un usage d'entraînement uniquement. En outre, les objectifs des enseignants pour les séances sont toujours limités: il s'agit de travailler un thème précis ou de réviser des notions précises. Il ne semble pas y avoir de mélange entre notions mathématiques, sauf parfois sur quelques exercices, en fin de travail, destinés aux bons élèves.

Quant à des tensions entre le sujet et l'objet de son activité, nous relevons chez tous les enseignants observés le besoin de concevoir des plans de travail (la succession d'exercices à effectuer par les élèves). Les plans de travail sont assez précis et généralement trop longs pour un travail des élèves sur une seule séance. Interrogés sur ce sujet, les enseignants précisent qu'ils craignent que leurs élèves ne manquent de travail. Tout semble se passer comme si l'enseignant, prenant le risque, en quelque sorte, d'introduire un nouvel outil dans son dispositif, verrouille autant que possible d'autres variables. C'est ainsi qu'il ne veut pas risquer de voir certains élèves terminer trop tôt, ou encore qu'il ne fait pas travailler ses élèves en binôme.

L'analyse du sous-système production nous a également permis de mettre en lumière son économie générale, qui concerne particulièrement les déroulements des séances. Ces déroulements sont globalement stables et comportent généralement trois phases qui peuvent être justifiées par les rythmes individuels des élèves qu'impose l'utilisation d'une BEL. La première phase de «démarrage» est très brève ; le professeur dit aux élèves de s'installer, de se connecter et d'aller sur le plan de travail qu'il a préparé. Il peut y avoir durant cette phase des problèmes techniques à gérer et qui ralentissent la mise au travail des élèves. Durant la deuxième phase, très longue, les élèves travaillent individuellement et le professeur passe auprès de chacun pour les aider, ce qui explique la majorité des interventions individuelles. Les interventions collectives, plutôt rares, ont généralement pour but:

- dans les phases de démarrage, d'expliquer aux élèves les «gestes» minimaux pour démarrer les machines et se connecter à la ressource ainsi que le plan de travail à suivre,
- au cours des séances, de réguler l'avancée dans le temps ou de gérer une difficulté liée au maniement de la BEL.

Enfin, la phase trois, de clôture, est toujours extrêmement brève. Le professeur déclare la fin de la séance et demande d'éteindre les machines. Il cherche éventuellement à savoir l'état d'avancement des élèves car chacun d'entre eux est à un stade différent du plan de travail et il donne éventuellement une suite. Par exemple, Diane travaillant avec Ma-

thenpoche² veut que ses élèves effectuent un travail papier en liaison avec les travaux de la séance et qu'elle ramassera ultérieurement:

Normalement il vous reste moins de 5 minutes, vous devriez passer au travail papier, alors si vous êtes assez avancés ça serait bien que vous passiez à la feuille que j'avais distribué en début d'année, vous commencerez à la faire si non continuez à travailler sur ordinateur et vous le faites pour vendredi.

Les interventions des enseignants pendant les séances sont majoritairement individuelles. Ce sont soit des aides mathématiques aux élèves, soit des aides liées à l'utilisation de l'outil. L'enseignant Claude travaillant avec la BEL Paraschool³ dans un lycée professionnel, vient à la demande de l'élève ; il a développé un format générique de ses interventions. Il doit d'abord repérer où en est l'élève («elle est où la question d'abord?») puisque les élèves avancent tous à des vitesses différentes. Ce repère ne suffit pas, l'enseignant a aussi besoin de connaître le parcours de l'élève («je n'ai pas tout vu ce que tu as donné comme réponse»). En effet, il y a souvent plusieurs démarches pour résoudre un exercice, l'enseignant, pour être efficace, doit apporter une aide adéquate:

P: Oui! Qu'est ce que tu n'as pas compris. Elle est où la question d'abord ... Je n'ai pas vu tout ce que tu as donné comme réponse tout à l'heure... que représente cette valeur?

E: Ce truc... dans le tableau ... (inaudible)

P: Donc, que représente 8?

E: Le coefficient...

P: Très bien! Donc le coefficient de proportionnalité, euh de la ... et là qu'est ce qu'on pose comme question. Parmi les notations proposées, c'est à dire ces notations, quelle est celle qui correspond au tableau. Est ce que ça peut être ça?

Nous notons l'absence de bilan collectif au cours ou à la fin des séances ainsi que le faible nombre d'interventions liées à l'enrôlement des élèves. Ces régularités nous semblent liées au type d'outil qui permet une progression individuelle de l'élève rendant les interventions collectives inefficaces.

Les pôles complémentaires

Le sous-système production ne suffit pas à expliquer toute la complexité de l'activité des sujets. Trois pôles y sont donc rajoutés: la communauté, les règles et la division du travail.

Olivia, par exemple, se lance dans une séance Wims⁴ car elle est en contact avec un membre de la *communauté* des utilisateurs de cette BEL. L'élaboration de la séance observée en est fortement influencée. Pour commencer, Olivia doit créer une classe virtuelle, ce qui lui semble difficile mais elle est aidée dans cette conception au sein de la commu-

nauté. Une fois sa classe virtuelle créée, elle choisit, tout comme son collègue pour ses classes virtuelles, de créer elle-même le login et le mot de passe pour ses élèves afin d'accélérer la mise au travail lors de la première séance et de minimiser les problèmes que les élèves pourraient rencontrer au moment de leur inscription. De plus, en construisant sa feuille d'exercices, elle sait déjà qu'elle posera à l'issue de la séance Wims un contrôle écrit qui reprendra l'un des exercices de la feuille Wims, l'idée ayant été fréquemment discutée au sein de la communauté.

Remarquons que l'enseignant prend généralement en charge l'ensemble des tâches à réaliser pour sa classe, si bien qu'il est rare d'observer des traces de *division du travail*. En voici pourtant un exemple, à la suite de l'expérimentation, Béatrix convainc deux de ses collègues de travailler en équipe pour les séances d'Aide Individualisée. Pour chaque séance, chaque enseignant de leur groupe choisi un thème et les élèves se répartissent suivant le thème qu'ils ont à travailler.

Enfin, le choix de la BEL, bien que relevant du libre choix des professeurs, se révèle le même pour tous les enseignants de lycée professionnels ou encore pour la plupart des enseignants d'une même académie. Il semble donc y avoir une influence forte des *règles* d'appartenance à certaines communautés sur le choix de l'outil.

Le choix du type de séance résulte quant à lui de tensions entre les règles et le sujet. Une majorité des séances observées sont des séances en demi-classe d'aide individualisée avec les élèves seuls sur leur machine. Tout semble se passer comme si l'enseignant, soumis à une double injonction institutionnelle, (utiliser les technologies en classe et proposer de l'aide individualisée aux élèves faibles de classes de seconde) trouve, grâce aux BELs, une issue à cette double règle. Ce choix du type de séances explique aussi que ce sont toujours des connaissances en cours d'acquisitions ou des connaissances anciennes qui sont travaillées. Il ne semble pas que l'on puisse faire aborder aux élèves des connaissances totalement nouvelles en demi classe avec ces outils BEL. Ce résultat peut s'interpréter en termes de tensions supplémentaires entre outil, règles et objet de l'activité.

Les résultats (*outcomes*) de l'activité, leur impact sur l'évolution du système

Les *résultats* du système d'activité (*outcomes*) sont des transformations du réel par l'activité du sujet. Pour nous, ces transformations peuvent concerner «l'état» des élèves comme «l'état» du sujet enseignant. Des résultats peuvent être des comportements observés d'élèves (réussite, questions ou difficultés face à un exercice, apprentissage...) aussi bien que des projets de modifications de séances exprimés par les enseignants dans des entretiens postérieurs aux séances (Vandebrouck, 2008). D'autres effets, souhaités ou non par les sujets enseignants, apparaissent et correspondent à des modifications des pôles du système d'activité. Nous avons accès à une partie de ces modifications par les réponses aux questions ouvertes des questionnaires, les comparaisons de plusieurs séances d'un même enseignant sur le long terme, des entretiens post observations et aussi par l'étude des BELs elles-mêmes menée dans le cadre du projet. Ainsi les résultats peuvent concerner des évolutions des sujets enseignants, ce qui nous renseigne sur les genèses d'usage des BELs.

Nous insistons d'abord sur un point essentiel observé dans tous les cas: il apparaît chez tous les enseignants la nécessité d'une articulation du travail machine et du travail écrit, d'abord par une trace écrite devant accompagner le travail machine et plus généralement par la nécessité d'intégrer le travail avec la BEL dans le dispositif global d'enseignement. Cela va se traduire par la construction d'outils supplémentaires intermédiaires entre l'élève et la BEL, ils ont déjà été mentionnés pour Beatrix et sont également présents chez Diane. C'est essentiellement sur la construction de ces outils intermédiaires que les enseignants vont exercer leur créativité et vont donc se transformer eux-mêmes. Par exemple, les enseignants nouvellement utilisateurs de BELs insistent pour que les élèves prennent un papier de brouillon ou distribuent eux mêmes une feuille de brouillon. Plus tard, ils construisent une feuille pour «garder une trace». Cette préoccupation va structurer plusieurs modifications et nous en montrons des exemples ci dessous.

Nous étudions maintenant comment les pôles sont modifiés, après quelques utilisations de la BEL.

Modification des outils

Plusieurs outils interviennent dans l'activité d'enseignement, la BEL, les plans de travail, qui peuvent être considérés comme des instruments, et ce que nous avons appelé les outils intermédiaires. L'expérimentation a duré trois ans. Pendant ces trois années les BELs ont évolué. C'est un avantage des BELs puisque leurs concepteurs essaient sans cesse d'améliorer leurs produits, notamment par les remarques provenant des membres de la communauté des utilisateurs. C'est aussi un inconvénient car cela oblige sans cesse les enseignants à réviser leurs connaissances des instruments et à retravailler leur matériel pédagogique. L'utilisation d'une BEL ne peut donc pas, pour le moment s'observer en régime de croisière de ce point de vue puisque l'outil n'est pas stabilisé. A l'issue d'une séance, les enseignants déclarent en général envisager d'ajuster la séance en modifiant par exemple le plan de travail. Cette attitude, classique chez un enseignant, est donc rendue difficile par le fait que la BEL n'est pas stable. Enfin, ce que nous avons appelés les outils intermédiaires sont plus ou moins élaborés selon l'ancienneté de l'enseignant dans l'usage de la BEL ou bien sa proximité avec le groupe des chercheurs qui suivaient le projet, qui a très tôt insisté sur cette articulation entre le travail machine et le travail écrit. Par exemple Olivia, comme de nombreux collègues, instaure un cahier d'informatique mais, à leur différence, dès sa première séance avec Wims. De plus, comme plusieurs collègues, elle insère dans ses contrôles un exercice du même type qu'un de ceux travaillés par la BEL.

Modification du sujet

C'est le propre de toute activité de modifier le sujet qui agit. Par ailleurs, l'évolution de l'enseignant est au cœur de notre interrogation. Les enseignants ont déclaré que les séances BEL leur avaient permis de prendre conscience d'erreurs d'élèves qu'ils n'avaient pas soupçonnées ; ce qui les engage à ajuster l'ensemble de leur dispositif d'enseignement, du moins sur des points précis. Par exemple, Beatrix a remarqué, grâce à un tirage aléatoire de paramètres dans un exercice Euler, que ses élèves n'ont pas compris qu'une fonction linéaire était un cas particulier de fonction affine. Elle en a déduit une modification fu-

ture de son cours en séance classique. Cette modification est consciente et déclarée, mais d'autres modifications peuvent être incidentes. Ainsi, Diane est une enseignante qui travaille avec notre équipe de chercheurs depuis plusieurs années. Avant même le début de l'expérimentation, elle avait déjà expérimenté l'usage d'autres ressources numériques. A l'issue de ses premières séances, des décalages sont apparus entre ses attentes et le niveau réel d'engagement des élèves dans les tâches mathématiques proposées. Ces décalages l'ont amenée, comme elle le déclare dans des entretiens suite à ces observations, à envisager pour les séances à venir d'optimiser sa gestion de la classe et de réfléchir à l'avance sur la façon dont elle va aider les élèves à s'approprier les contenus mathématiques des tâches proposées. Elle va donc dans la préparation de sa séance BEL tester, l'ensemble des sous-tâches que les élèves auront à réaliser avec le logiciel pour être disponible pendant la séance, répondre rapidement aux questions des élèves et ne pas être surprise par des rétroactions non prévues. L'observation permet de constater qu'effectivement elle a été très efficace dans ses aides. Cependant, elle passe énormément de temps dans cet apprentissage approfondi de l'outil et il est peu probable que beaucoup d'enseignants fassent cet investissement.

Modification de l'objet

L'objet de l'activité de l'enseignant est les élèves et les activités mathématiques dans lesquelles ils sont engagés. Nous avons vu que le type de connaissances travaillées était toujours des connaissances anciennes ou en cours d'acquisition. De ce point de vue, il y a une grande stabilité. En revanche, les enseignants ont toujours déclaré qu'après chaque utilisation de la BEL, les élèves ont une meilleure appréhension de l'outil, ce qui leur permet de mieux l'utiliser. Il y a donc en ce sens évolution de l'objet. Une utilisation trop ponctuelle des BELs n'est pas efficace ; au contraire une utilisation trop fréquente se fait au détriment des autres tâches, il y a donc un équilibre à trouver pour les professeurs.

Modification des communautés, des règles et de la division de travail

Un sujet enseignant, nous l'avons vu, appartient à plusieurs communautés. L'usage d'une BEL peut, suivant que l'enseignant y est actif ou non, faire appartenir l'enseignant à une communauté des usagers de la BEL. Ainsi Beatrix a contribué à la création dans son établissement d'une communauté d'utilisateurs de la base Euler.

Les règles, par exemple l'injonction de faire des séances d'Aide Individualisée, peuvent changer. Ces changements ne sont en général pas le résultat de l'activité du sujet. Cependant, ils peuvent l'être dans quelques cas, comme par exemple si le sujet convainc plusieurs collègues de son établissement de travailler avec des BELs. Il y trouvera un avantage par exemple l'entre aide pour construire des séances réalisées ensuite par chacun, en revanche il peut aussi y voir un inconvénient par exemple la salle d'informatique sera moins disponible. Cet exemple est à relier aussi à la modification de la division de travail

Globalement, un seul exemple de division du travail a été observé. A la suite de l'expérimentation, comme cela a été mentionné, une enseignante a convaincu deux de ses collègues de travailler en équipe pour les séances d'Aide Individualisée. Ces enseignants

réfléchissent ensemble à un dispositif permettant d'articuler les traces écrites et l'usage des BELs. C'est ainsi qu'ils demandent aux élèves d'abord de recopier intégralement un énoncé et sa solution sur le cahier d'exercices. Puis, trouvant ce système trop long, ils demandent aux élèves de remplir une feuille qu'ils conçoivent ensemble. Mais ils ne sont pas encore totalement satisfaits de cet outil car ils voudraient y intégrer un moyen pour l'élève de «prendre conscience de ce qu'il a appris». Ils s'interrogent également sur la manière de relier les séances BEL d'Aide Individualisée où seuls quelques élèves, les plus faibles, viennent, aux séances collectives, par exemple en envoyant un élève au tableau en séance collective expliquer ce qui a été fait en Aide Individualisée.

Synthèse et discussion

L'objectif annoncé était de déceler des genèses d'usage. Nous pensons avoir avancé sur ce point en repérant des caractéristiques communes à toute utilisation des BELs ; ces caractéristiques étant décelables dès les premières utilisations. Le modèle d'Engeström a permis un découpage de la réalité permettant de comprendre les différents éléments du système dans lequel l'enseignant exerce son activité, présenter les observations en termes d'interactions entre les pôles de ce système et rendre compte ainsi de genèses d'usages de BELs.

Les *régularités* décrites ont pu s'expliquer qualitativement par un certain nombre de tensions liées à l'utilisation des BELs. Ainsi, la parole reste majoritairement individuelle, les séances sont toujours structurées en trois phases et les phases de bilan collectif à la fin des séances ne s'installent jamais, chez aucun des enseignants. Ce dernier phénomène est du au fait que les enseignants voient d'abord le travail sur des BELs comme permettant la différenciation entre élèves, par un plan de travail qui généralement est assez long mais qui permet dans l'instant de différencier le travail des élèves en les aiguillant vers tels ou tels exercices. Dans ce cas de rythmes variés d'avancement du travail, un bilan même partiel est difficile et peut sembler en outre inopportun. Ces tensions peuvent expliquer aussi le fait que quantitativement l'usage des BELs est encore peu répandu même s'il semble plus fréquent peut-être que celui d'autres outils de technologies pour l'enseignement.

Nous pensons avoir également montré comment, après quelques usages des BELs, certains phénomènes vont inexorablement se mettre en place. Ces genèses concernent essentiellement les scénarios: mise en place rapide de plans de travail, articulation plus ou moins rapide avec le travail papier/crayon et avec la conception des contrôles. Ces genèses résultent essentiellement des tensions entre les pôles du système et donc de la situation spécifique d'enseignement avec une BEL. Elles sont plus ou moins rapides selon l'appartenance de l'enseignant à une communauté dynamique comme par exemple la communauté initiée par Beatrix dans son établissement. Elles ont cependant leurs limites puisque nous n'avons jamais trouvé dans les plans de travail d'exercices mélangeant des connaissances de plusieurs domaines mathématiques. De la même façon, les tâches proposées par les enseignants avec les BELs sont similaires à celles que les élèves pourraient traiter en environnement papier/crayon. Ces résultats sont à relier vraisemblablement aux méthodes de contrôle des connaissances des élèves qui d'une part se déroulent uni-

quement en environnement papier/crayon, et d'autre part mélangent rarement plusieurs connaissances au sein d'un même exercice.

Du côté des déroulements des séances BEL, nous n'avons pas observé d'évolution des systèmes d'activité à l'échelle de nos observations: pas beaucoup d'aides mathématiques collectives ou publiques, pas d'utilisation en général du tableau, pas de phases de bilan, pas ou peu de modification de la portée des aides mathématiques apportée aux élèves. Nos résultats confirment ceux d'autres recherches sur les pratiques enseignantes (Abboud-(Abboud-Blanchard & Chappet-Paries, 2008) quant à la stabilité de la composante médiative des pratiques (Robert & Rogalski, 2002), c'est-à-dire justement la composante des pratiques qui pilote les déroulements en classe. Le mode d'aide des enseignants pendant les séances ne semble pas évoluer non plus, entre les enseignants qui visitent régulièrement tous les élèves et ceux qui profitent de ces séances machines pour aider de façon plus grande les élèves en difficulté.

Ces premiers résultats portent essentiellement sur l'analyse des régularités observées sur l'ensemble du panel d'enseignants. Cependant, des *spécificités* sont aussi apparues chez certains d'entre eux et elles semblent persistantes d'une séance à l'autre. Ainsi, l'utilisation du tableau pour expliquer des mathématiques pendant les séances machines est très rare. Cela n'a été observé que chez Claude qui accepte de ne parler collectivement qu'à quelques élèves pendant que les autres travaillent sur leurs exercices personnels. De même, le travail sur machine, où l'élève est plus en activité autonome et où l'enseignant apporte plus souvent qu'en séance traditionnelle des aides adaptées à cette activité autonome, peut favoriser chez certains enseignants, comme dans le cas de Diane, l'émergence plus ou moins forte d'aides «constructives» pour l'apprentissage mathématique des élèves. La visée de ce type d'aides n'est pas seulement la réalisation à court terme de la tâche proposée à l'élève, comme c'est le cas pour la majorité des enseignants, mais aussi la structuration des mathématiques en jeu. Nous avons également pointé l'attitude réflexive d'enseignants, comme Beatrix, modifiant leur enseignement en papier/crayon en fonction de ce qu'ils ont appris pendant les séances avec les BELs. Il s'agirait là de spécificités propres à quelques enseignants. De telles spécificités restent donc à interroger en se demandant en particulier si l'usage des BELs y joue un rôle particulier.

Enfin, nous avons vu comment le système est actuellement en constante mouvance, avec des BELs non stabilisés et des communautés qui se forment. D'un point de vue plus prospectif, que peut-on donc présager de l'utilisation future des BELs? D'une façon générale, les entretiens ont montré que les enseignants trouvaient longues et difficiles les préparations et les déroulements de ces nouvelles séances BEL. Dans ces conditions, on peut donc augurer que, soit les enseignants arrêteront de faire ces séances, soit on observera de nouvelles organisations du travail visant à réduire la surcharge de travail encourue. Nous avons d'ailleurs observé, dans le cas de Béatrix, des exemples de divisions du travail ou dans le cas de Claude une sorte de «formatage» des interventions individuelles. Ainsi, le raisonnement conduit à penser qu'une utilisation longue d'une BEL, c'est-à-dire au-delà de la simple expérimentation, passe par un accompagnement des enseignants dans une réflexion sur les aides individuelles et par la création de communautés permettant des échanges et une division du travail. A ce titre, les récentes associations

créées autour des BELs Wims et MathEnPoche sont prometteuses ainsi qu'à une échelle plus modeste les stages de formation pour enseignants proposés à la suite du projet.

Notas

- 1 <http://euler.ac-versailles.fr/>
- 2 <http://mathenpoche.sesamath.net>
- 3 <http://www.paraschool.com>
- 4 <http://wims.auto.u-psud.fr/wims>

Références

- Abboud-Blanchard, M., Cazes, C., & Vandebrouck, F. (2008). Une base d'exercices en ligne dans la classe: L'analyse de l'activité des enseignants. In F. Vandebrouck (Ed.), *La classe de mathématiques: Activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 319–344). Toulouse: Octarès Edition.
- Abboud-Blanchard, M., & Chappet-Paries, M. (2008). L'enseignant dans une séance de géométrie dynamique — comparaison avec une séance papier crayon. In F. Vandebrouck (Ed.), *La classe de mathématiques: Activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 261–291). Toulouse: Octarès éditions.
- Abboud-Blanchard, M., & Lagrange, J.-B. (2006). Uses of ict by pre-service teachers: Towards a professional instrumentation? *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 13(4), 183–190.
- Artigue, M., Abboud-Blanchard, M., Carranza, P., Cazes, C., Eckert, M., Haspekian, M., et al. (2006). *Suivi de l'expérimentation de ressources en ligne pour l'enseignement des mathématiques en classe de seconde*. Paris: IREM de Paris 7.
- Cazes, C., Gueudet, G., Hersant, M., & Vandebrouck, F. (2006). Using e exercises bases in mathematics: Case studies at university. *International Journal of Computer in Mathematics Learning*, 11(3), 327–350.
- Engeström, Y. (2003). Developmental studies of work as a tesbench of activity theory: The case of primary care medical practices. In Chaiklin & Lave (Eds.), *Understanding practice. Perspectives on activity and context* (pp. 64–103): Cambridge University Press.
- Engeström, Y., Miettinen, R., & Punamäki, R. L. (Eds.). (1999). *Perspective on activity theory*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Jonassen, D. (2000). Revisiting activity theory as a framework for designing student-centered learning environments. In D. Jonassen & Land (Eds.), *Theoretical foundation of learning environments* (pp. 89–131). London.
- Léontiev, A. (1984). *Activité, conscience, personnalité*. Moscou: Editions du Progrès (1ère édition, 1975, en russe).
- Monaghan, J. (2004). Teacher's activities in technology-based mathematics lessons. *International Journal of Computers for Mathematics Learning*, 9, 327–357.
- Robert, A. (1998). Outil d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 18(2), 139–190.
- Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: Une double approche. *Revue Canadienne de l'Enseignement des Sciences, des Mathématiques et des Technologies*, 2(4), 505–528.

- Robert, A., & Rogalski, J. (2005). A cross-analysis of the mathematics teacher's activity. An example in a french 10th-grade class. *Educational Studies in Mathematics*, 59, 269–298.
- Robert, A., & Rogalski, M. (2002). Comment peuvent varier les activités mathématiques des élèves sur des exercices? Le double travail de l'enseignant sur les énoncés et sur la gestion en classe. *Petit x*, 60, 6–25.
- Ruthven, K., & Hennessy, S. (2002). A practitioner model of the use of computer-based tools and resources to support mathematics teaching and learning. *Educational Studies in Mathematics*, 49(2–3), 47–86.
- Vandebrouck, F. (Ed.). (2008). *La classe de mathématiques: Activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse: Octarès.

Resumo. Este artigo apresenta uma investigação baseada em dados obtidos num projecto regional em França. O objectivo do projecto é avaliar o impacto do uso de bases-de-e-exercícios (EEB) de Matemática em escolas secundárias. A nossa conjectura é que a integração de EEB perturba a prática habitual de ensino. Examinamos esta integração focando-nos em particular sobre as práticas de ensino do professor. Adoptamos o modelo da actividade desenvolvido por Y. Engeström para estudar a génese dos usos dos EEB pelos professores envolvidos no projecto regional. Este modelo permite dividir a situação em vários pólos e obter informações sobre estes pólos e suas interconexões. Os resultados mostram que o trabalho autónomo dos alunos é difícil de desenvolver e que os professores têm que lidar com novas atitudes que não são tão simples.

Palavras-chave: Novas tecnologias, bases de e-exercícios, prática dos professores, génese dos usos, teoria da actividade.

Abstract. This paper presents a research based on data resulting from a regional project in France. The aim of the project is to evaluate the impact of the use of mathematics E-Exercises-bases (EEB) in secondary schools. Our hypothesis is that the integration of EEB disturbs the usual habits of teaching. We thus examine this integration by taking as privileged dimension the teachers' practices. Using the model of the activity developed by Y. Engeström we study the genesis of uses of EEB among the teachers involved in the regional project. The model permits to split the situation in several poles and to inquire on these poles and their interconnections. Results show that a student autonomous work is difficult to establish and teachers have to cope with new attitudes that are not so plain.

Keywords: ICT, E-Exercises-bases, teachers' practices, genesis of uses, activity theory.

■■■

M. ABBOUD-BLANCHARD

Laboratoire André Revuz, Université Paris Diderot
maha.blanchard@math.jussieu.fr

C. CAZES

Laboratoire André Revuz, Université Paris Diderot
claire.cazes@upmc.fr

F. VANDEBROUCK

Laboratoire André Revuz, Université Paris Diderot
vandebro@math.jussieu.fr