

Recherches sur l'utilisation et l'intégration des bases d'exercices en ligne dans les classes de mathématiques

Fabrice Vandebrouck

Université Paris 7, équipe Didirem

Y a-t-il une place en didactique des mathématiques pour des recherches donnant toute leur importance, non seulement aux situations scolaires et aux contenus mathématiques en jeu, mais aussi aux sujets singuliers ? Nous essayons de répondre positivement en présentant les résultats de travaux portant sur l'intégration des bases d'exercices en ligne (BEL) dans les classes. Notre enjeu n'est pas théorique même si la spécificité de notre démarche tient à des emprunts aux théories de l'activité et du développement. L'analyse des activités des élèves en classe, telles que les enseignants les organisent, nous fournit les données pour aborder d'une part les pratiques des enseignants, et approcher d'autre part les apprentissages des élèves.

Les théories de l'activité et du développement s'articulent avec tous les outils déjà développés en didactique des mathématiques pour faire des analyses a priori de situations mathématiques proposées à des élèves. Cependant les analyses a priori ne permettent que d'inférer une activité possible des élèves, même lorsque les situations sont analysées compte tenu de déroulement en classe. Les théories purement didactiques prennent peu en compte les sujets particuliers mais traitent des élèves et des enseignants génériques. Elles permettent peu de rendre compte des dynamiques entre les sujets, des situations qui évoluent différemment pour chacun des sujets individuels et l'activité de ces sujets. Du côté des élèves, elles ne permettent pas de rendre compte de l'activité réelle proprement dite et d'avancer en terme d'effets sur les apprentissages. Du côté des professeurs, elles ne prennent pas suffisamment en compte la spécificité des situations professionnelles dans lesquelles évoluent les enseignants, notamment toutes les contraintes liées à l'exercice du métier d'enseignant.

Après une présentation rapide du cadre de notre recherche (paragraphe 1), nous établissons un panorama sur les BEL et sur les résultats de recherche déjà établis (paragraphe 2). Puis nous détaillons les éléments théoriques issus et complétant la théorie de l'activité (paragraphe 3). Ils nous permettent d'une part d'avancer par rapport à ces vieux résultats en terme d'apprentissage des élèves singuliers (paragraphe 4) et d'autre part de mieux

comprendre les pratiques d'enseignants intégrant ces outils dans leurs classes (paragraphe 5). Les travaux de recherches ne sont pas présentés ici dans leur exhaustivité. Seules quelques situations emblématiques sont analysées afin d'illustrer les résultats, tant du point de vue de l'apprentissage des élèves que des pratiques enseignantes. Les détails sont publiés dans l'ouvrage Vandebrouck (2007).

I. Panorama sur les bases d'exercices en ligne et sur les résultats de recherche

Nous appelons base d'exercices en ligne (BEL) pour les mathématiques une ressource Internet qui a les caractéristiques suivantes :

- il s'agit d'une ressource élaborée à des fins d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques ;
- elle est disponible en ligne et seul un navigateur Internet est nécessaire ;
- elle est constituée d'exercices de mathématiques organisés selon un certain classement ;
- à chaque exercice est associé un environnement qui peut comporter des aides de différents types, des outils (graphiques, calculatrices...), du cours, mais aussi des analyses de réponses ou la solution complète de l'exercice.

De tels produits, libres ou non, existent pour tous les niveaux scolaires, du CM1 à la maîtrise de mathématiques au moins. Ils peuvent différer grandement suivant leur structure didactique, le type de réponse acceptée ou le type d'interactivité élaborée. Pour plus de détails sur les différences entre BEL, on pourra revenir à notre précédente intervention au séminaire national (Cazes, Gueudet, Hersant, Vandebrouck, 2004).

Rappelons que les BEL sont de plus en plus nombreuses. Pourtant, alors que l'étude de l'usage des technologies dans l'apprentissage des mathématiques constitue un champ de recherche extrêmement fécond, il existe très peu de travaux spécifiés à l'usage des ressources en ligne. La plupart des articles consacrés aux mathématiques et aux TICE⁶¹ concernent les micromondes ou les CAS (Computer Algebra Systems). Souvent, il s'agit en outre de concevoir et d'expérimenter une situation didactique. Dans de telles situations, le milieu, au sens de Brousseau, inclut l'outil TICE et est en général résistant, produisant des contradictions, des difficultés qui vont permettre l'apprentissage de l'élève. Au contraire, les BEL constituent des milieux alliés qui cherchent à accompagner l'apprenant. Ainsi les ressources en ligne diffèrent des produits le plus souvent étudiés et l'activité mathématique

⁶¹ Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement.

développée par les élèves utilisateurs n'est pas la même. Si bien que les résultats de recherche ne sont pas transférables d'une technologie à l'autre. Enfin, la problématique du chercheur est également différente. Dans le premier cas, il s'agit souvent de proposer une situation didactique et d'étudier son fonctionnement avec l'outil, tandis que dans notre cas, il s'agit d'analyser qualitativement l'utilisation des BEL en classes ordinaires et d'en tirer des informations sur l'activité des élèves et des enseignants avec ces outils.

Des conséquences positives de l'emploi des ressources en ligne ont déjà été observées dans certaines recherches. Ruthven et Henessy (2002) ont par exemple effectué une vaste étude sur l'emploi des TICE dans l'enseignement des mathématiques en Angleterre. Ils notent que les produits de type « drill and practice » (exerciceurs), qui sont des bases d'exercices particulières, permettent un travail adapté au rythme de chaque élève, ainsi qu'un accroissement de la motivation de ces élèves. Dans nos recherches propres (Cazes, Gueudet, Hersant, Vandebrouck, 2005), nous avons pu confirmer, en partie grâce à l'utilisation de fichiers de trace d'activité des élèves sur les BEL⁶², un travail fourni par les élèves, a priori plus important que pendant les séances de classe traditionnelle. Les règles d'action⁶³ ne sont pas les mêmes. Les élèves, en autonomie sur leur machine, savent que s'ils ne font rien, rien ne se passera et en particulier il n'y aura pas nécessairement de moment de correction collective de leurs exercices. En outre, les élèves ont une plus grande responsabilité vis-à-vis de leurs apprentissages, ce qui peut aussi contribuer à cet enrôlement. Ils peuvent choisir leurs parcours parmi les exercices qu'ils doivent exécuter, décider quand changer d'exercice, décider d'utiliser ou non les aides disponibles, savoir où, quand consulter et que faire des éléments de solutions ou de la correction détaillée. Les données individuelles fournies par les fichiers de traces illustrent d'ailleurs de nombreuses disparités entre étudiants dans la rapidité, la gestion et l'organisation de leur travail. Cependant, nul doute que cette surcharge d'activité par rapport à l'environnement traditionnel peut nuire aux apprentissages de certains élèves faibles, qui ne sauraient se prendre en charge face à une machine qui leur réclame finalement beaucoup d'autonomie.

II. Contexte de la recherche, questions premières

En 2003, la région Ile-de-France a pris l'initiative d'un projet visant à proposer aux trois académies de l'Ile-de-France une expérimentation de l'usage de BEL afin d'en évaluer

⁶² Par exemple, Wims, dont l'adresse internet est donnée plus loin, fournit de tels fichiers de traces et nous faisons l'hypothèse que les résultats quantitatifs ainsi obtenus sont transférables d'une BEL à l'autre.

⁶³ On peut aussi parler de contrats didactiques différents entre les séances ordinaires et les séances machines.

l'impact et l'efficacité en tant que soutien à l'action pédagogique en mathématiques. Le niveau visé était la classe de seconde et les établissements concernés devaient se situer dans des zones socialement défavorisées dont les élèves disposent a priori de moindres ressources que ceux de milieux plus aisés. Elle a souhaité que ce projet fasse l'objet d'un suivi et d'une évaluation universitaires, complémentaires de celle menée par les inspections régionales de mathématiques des trois académies. C'est le groupe TICE de l'IREM Paris 7⁶⁴ qui a été chargé de ce suivi. La recherche présentée ici s'appuie sur ce suivi, en particulier sur les observations menées lors des visites de classes.

Les ressources utilisées pour ce projet sont les suivantes : Wims <http://wims.auto.u-psud.fr/wims>, MathEnPoche <http://mathenpoche.sesamath.net/> (MEP), Euler <http://euler.ac-versailles.fr/default.jsp> et, Paraschool <http://www.paraschool.com/portail>.

Pour cette recherche, nous analysons l'activité effective (réelle) de certains élèves quand ils travaillent sur des BEL. Nous cherchons à terme à savoir s'ils apprennent vraiment et à comprendre ce qu'ils apprennent vraiment. Nous nous basons sur des observations effectuées aux cours des années scolaires 2004-2005 et 2005-2006 dans des lycées généraux et professionnels. Dans chaque cas, un observateur est placé derrière un élève et note toutes ses actions visibles. Sept observations d'élèves ont été retenues dans notre recherche mais nous n'en avons repris que deux dans ces actes : celles de Fanny et d'Alice sur MathEnPoche. Les observations sont toujours issues de séances de demi groupe ou d'aide individualisée encadrées par un enseignant responsable de la classe. Les élèves y travaillent chacun sur un poste informatique, sur une suite d'exercices choisis par leur professeur (feuille de travail). Les connaissances travaillées sont toujours des connaissances anciennes, voire en cours d'acquisition. L'objectif des enseignants est que les élèves consolident leurs connaissances et donc la question première qui se pose est celle de savoir si cet objectif peut être atteint avec ces outils BEL.

Nous analysons également l'activité des enseignants pendant certaines des séances observées. Les données utilisées proviennent de deux échantillons. Le premier, l'échantillon large, est constitué d'une trentaine de professeurs impliqués dans le projet Région Ile De France. Ils ont été observés soit directement soit indirectement à travers l'activité d'un de leurs élèves. La question première du côté des enseignants est de savoir comment ces derniers intègrent les BEL dans les classes et notamment comment ils

⁶⁴ En particulier en 2005-2006 Maha Abboud Blanchard, Michèle Artigue, Pablo Carranza, Claire Cazes, Mariam Haspekian, Françoise Hérault, Daniela Lucas, Fabrice Vandebrouck et Odile Viegas.

articulent le travail machine des élèves avec le travail en papier-crayon. Ces professeurs ont en outre répondu à des questionnaires sur leur utilisation des bases d'exercices en ligne, ce qui nous a permis d'obtenir des informations personnelles, au-delà des observations en classe. Le second échantillon, l'échantillon fin, regroupe six enseignants pour lesquels les données sont plus nombreuses. A ce niveau aussi, pour ces actes, nous n'avons détaillé nos analyses que pour deux d'entre eux : Maurice et Flore et nous étendrons en conclusion nos résultats compte tenu de l'ensemble des observations.

III. Cadre théorique : problématiques liées de l'analyse de l'activité des élèves et de celle des pratiques enseignantes

La théorie de l'activité a été développée par une lignée de chercheurs engagés à la suite de Léontiev et Vygotsky. Elle s'appuie sur deux notions clés : celle de sujet (ici un sujet élève ou un sujet enseignant) et celle de situation. Elle s'intéresse à un sujet individualisé et permet de rechercher, de manière dialectique et compte tenu des situations, des invariants et des spécificités dans les relations entre le sujet et son activité.

La théorie différencie par ailleurs tâche et activité, qui sont respectivement « du côté de la situation » et « du côté du sujet ». La tâche est ce qui est à faire, le but qu'il s'agit d'atteindre sous certaines conditions (Léontiev, 1984). L'activité est ce que développe le sujet lors de la réalisation de la tâche. Elle est finalisée et motivée : le sujet vise l'atteinte de buts d'action et les mobiles de son activité sont le moteur de ses actions.

L'activité est enfin à la fois productive et constructive (Samurçay et Rabardel, 2004). Par ses actions, le sujet modifie la situation (de façon matérielle ou symbolique) mais se transforme aussi lui-même, en ce sens qu'il se construit des connaissances. Bien que distinctes, activité productive et activité constructive sont indissociables ; selon cette théorie, il n'y a en particulier pas d'activité constructive sans activité productive.

La théorie de l'activité vise ainsi l'analyse des processus en jeu chez le sujet agissant, processus par lesquels son activité évolue et par lesquels le sujet se développe.

1. Le schéma de double régulation de l'activité

Nous rappelons maintenant le schéma de double régulation de l'activité qui recouvre et reprend plusieurs idées générales. Tout d'abord, la notion de régulation renvoie à la dynamique de l'activité et au fait que l'action modifie aussi bien l'état de la situation (résultats de l'activité productive, boucles externes) que l'état du sujet qui agit (effets de

l'activité constructive, boucles internes). L'action qui suivra portera donc sur des états différents. Il y a donc une double régulation de l'activité dans la mesure où l'activité est liée à un double système de déterminants, relevant d'une part de la situation (la tâche et son contexte) et d'autre part du sujet lui-même (ses compétences, son état physique et psychique...).

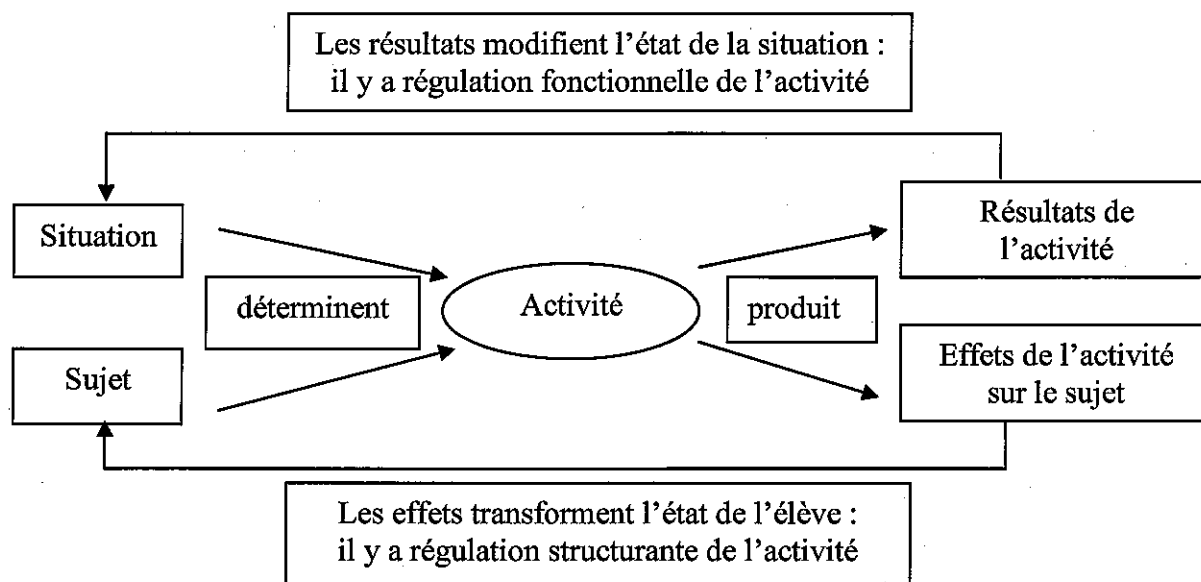


Figure 1 : schéma de la codétermination de l'activité et de la double régulation de l'activité (d'après Leplat, 1997)

2. La situation de l'élève et la situation du professeur

Dans le cas d'un élève travaillant en autonomie sur une BEL, la situation⁶⁵ est liée à un exercice proposé par le logiciel et en particulier à une tâche prescrite, avec son environnement logiciel (contexte). Le schéma de double régulation de l'activité nous paraît spécifiquement pertinent dans ce cas. En effet, les scénarios d'usage de ces ressources prévoient que les élèves refassent plusieurs fois les mêmes exercices avec des variantes numériques ou fassent parfois des séries d'exercices similaires. L'évolution des résultats de l'activité productive au fil des boucles peut ainsi s'observer et s'interpréter en terme d'activité constructive.

Pour analyser les tâches mathématiques et l'activité potentielle des élèves qu'elles sous-tendent, les outils d'analyse développés par Robert (1998) sont importés. Nous retenons

⁶⁵ Le mot situation est à entendre au sens du schéma de double régulation et n'a pas la connotation de la théorie des situations didactiques. Cependant, les situations didactiques au sens de Brousseau peuvent être vues comme des situations construites afin que l'élève développe de l'activité constructive.

essentiellement la nature des mises en fonctionnement de connaissances (Robert, 1998, Robert et Rogalski M., 2002) : les connaissances mathématiques à appliquer doivent-elles être disponibles ou bien sont-elles explicitement appelées par l'énoncé⁶⁶ ? Les tâches appellent-elles des applications immédiates de ces connaissances ou bien y a-t-il au contraire des adaptations à effectuer (reconnaissances des modalités d'application, introduction d'intermédiaires, d'étapes, mélanges, mises en relations...) ? Les recherches précédentes ont amené l'idée que les exercices d'applications immédiates des connaissances explicites, bien qu'insuffisants, apparaissent nécessaires à l'apprentissage et que de plus, celui-ci est visible sur un temps court. Les bases d'exercices peuvent ainsi contribuer à favoriser chez les étudiants les moments de routinisation⁶⁷ liée à l'apprentissage de nouvelles connaissances et pour lesquels une quantité critique d'exercices doit être exécutée. Idéalement, chaque étudiant peut ainsi atteindre sa quantité critique personnelle, à son propre rythme, par le travail sur des bases d'exercices. Il faut cependant enquêter davantage sur les étudiants qui, dans une logique d'action⁶⁸ uniquement, s'attardent trop sur ces exercices.

Nous prenons également en compte dans nos analyses des situations élèves l'environnement logiciel des tâches, c'est-à-dire tous les indices externes ou facteurs instrumentaux qui peuvent constituer des aides ou non à la réalisation des tâches. Les résultats de l'activité « productive »⁶⁹ des élèves sont observés à travers les réponses implémentées par les élèves sur les machines. En particulier, les rétroactions du logiciel, aussi bien que les aides du professeur quand il y en a, nous fournissent les données concernant les modifications des situations dans les boucles de régulations.

Dans le cas du professeur, nous étudions l'activité d'enseignants dans des situations spécifiques d'introduction de ressources en ligne dans leurs classes. L'activité du professeur est déterminée par la situation, dont fait partie l'outil informatique mais dans laquelle figure aussi l'institution, le contexte social, la communauté des enseignants et encore les élèves. L'activité du professeur est également déterminée par le sujet lui-même, par ses conceptions et ses représentations. Robert et Rogalski (2002) ont spécifiquement développé et étudié ce système de déterminants dans leur double approche didactique et

⁶⁶ On parle alors de niveau de mise en fonctionnement mobilisable (Robert, 1998).

⁶⁷ Ce moment rejoint certainement celui dit « du travail de la technique » en Théorie Anthropologique du Didactique.

⁶⁸ Nous revenons sur cette terminologie en fin du paragraphe consacré à l'activité des élèves.

⁶⁹ La terminologie d'activité productive provient du champ de la didactique professionnelle mais peut s'entendre pour l'élève de façon plus naïve, au sens où l'activité de l'élève produit des résultats : réponses numériques, implémentation...

ergonomique des pratiques enseignantes, en introduisant les composantes institutionnelles, sociales et personnelles des pratiques.

Conformément à cette double approche, l'analyse de l'activité de l'enseignant en séance BEL permet d'alimenter notre connaissance des composantes cognitive et méditative de sa pratique, sans pour autant permettre de les décrire entièrement. Il s'agit ici de situations d'innovation qui se différencient des situations de classe ordinaires où sont généralement mises en évidence la cohérence et la stabilité des pratiques enseignantes (Robert et Rogalski, 2002). Cohérence et stabilité de la pratique d'un enseignant se conjuguent à l'évolution de son activité au fil des situations de classe. Elles ne signifient pas invariance de l'activité enseignante. L'activité évolue avec le temps mais c'est toujours le même sujet qui enseigne, indépendamment des situations (type de séance, niveau d'enseignement...). C'est en cela que les pratiques enseignantes sont stables et qu'une nouvelle question de recherche émerge, qui est d'interroger la robustesse de cette stabilité dans une perspective de formation à des pratiques.

3. Les temporalités de la régulation

Activité productive et activité constructive n'ont pas le même empan temporel. L'activité productive s'arrête à la fin de la réalisation de la tâche alors que l'activité constructive peut continuer bien au-delà. Il existe ainsi des boucles de régulation à différentes échelles de temps.

- à court terme : c'est le temps d'un épisode dans une séance. Dans le cas de l'étude de l'activité d'un élève, un épisode est défini par une tâche prescrite à cet élève et correspond au temps de sa réalisation. Dans le cas du professeur, un épisode dans la séance est défini par une situation d'échange, de dialogue avec un élève, un groupe d'élèves ou la classe entière. Ce temps court de l'action ne sera pas analysé en profondeur pour notre problématique. D'une part, les effets de l'activité enseignante sur les élèves sont trop limités à cette échelle pour pouvoir être interprétés en terme d'apprentissage ou non⁷⁰. D'autre part, les régulations de l'activité enseignante se font en temps réel. Les effets de son activité constructive sur l'enseignant lui-même semblent trop réduits pour qu'il puisse en être conscient et les réinvestir (Rogalski, 2000).

⁷⁰ Les résultats significatifs sur le temps court de l'action concernent essentiellement les exercices d'applications immédiates de connaissances, dont nous savons que même s'ils semblent nécessaires, leur potentiel est limité en terme d'apprentissage mathématique sur le long terme.

- à moyen terme, le temps d'une séance ou d'une séquence (succession de plusieurs séances portant sur une même notion) : à ce niveau, les boucles de régulation commencent à intégrer des effets sur le sujet enseignant. Par exemple, l'enseignant peut se rendre compte au fil de la classe de difficultés récurrentes d'élèves dont il n'avait pas conscience et modifier le cours de sa séance en faisant des rappels ou des mises en relations non prévues initialement. Du point de vue des élèves, les régularités observées dans l'activité enseignante peuvent a priori permettre d'inférer aussi quelques effets sur leurs apprentissages.

- à long terme : c'est le niveau des projets, des préparations... Cette échelle est la plus pertinente du point de vue des effets sur les élèves et des effets de son activité constructive sur l'enseignant lui-même. En particulier des genèses d'usage des BEL peuvent être observées. A cette échelle, on peut aussi parler de genèses instrumentales (Rabardel, 1999). La question émergente évoquée plus haut, difficile, est alors de comprendre comment l'évolution à long terme de l'activité enseignante, liée aux effets de son activité constructive, peut entrer en cohérence avec la pratique globale, en terme des 5 composantes de la double approche notamment.

4. La question de l'apprentissage des élèves et du développement des pratiques enseignantes

Dans notre cadre, les tâches appelant à des adaptations de connaissances sont entendues comme favorisant l'activité constructive des élèves. En effet, si la situation ne nécessite pas d'adaptations des connaissances de l'élève, l'activité « productive » occupe presque tout le paysage, sans générer beaucoup d'activité constructive. Mais quand le sujet ne dispose pas d'une procédure directement accessible pour maîtriser la situation et qu'elle pose véritablement problème à l'élève, celui-ci doit développer une activité constructive, et en particulier se créer ou conceptualiser de nouvelles connaissances (Vergnaud, 2002). La question de l'apprentissage et des régulations structurantes sur le long terme est cependant encore plus complexe. Elle met en œuvre la répétition de l'action (l'exercice au sens premier du terme) dans des situations d'une même classe mais aussi des variables aux mains des enseignants telles que les dynamiques entre phases d'exercices et expositions de connaissances ou l'ordre et le types de situations proposées (scénario global).

Toutefois, outre le fait que l'apprentissage de l'élève soit lié à son activité constructive, on peut dire qu'il a deux sens selon qu'il s'agit d'un apprentissage incident, non voulu, ou d'un apprentissage intentionnel. Dans l'apprentissage incident, l'élève apprend du simple

fait qu'il agit. Le motif de son activité est le versant productif. L'apprentissage n'est qu'un effet, non voulu par l'élève, de son activité « productive ». Si l'élève, sur le temps moyen de l'action, développe toujours la même activité « productive » face aux mêmes situations, on peut penser qu'il y a au mieux un apprentissage incident. Le rôle du professeur est de favoriser l'activité constructive en enrôlant l'élève. Alors le motif de l'activité de l'élève devient son apprentissage.

L'activité constructive de l'enseignant est, quant à elle, celle qui modifie l'enseignant dans ses représentations personnelles et en particulier dans sa pratique d'enseignant. Dans le cas d'un professionnel en activité, on peut parler de développement, c'est-à-dire quand il n'y a pas « simplement accumulation de connaissances mais quand il y a une réorganisation des manières d'agir, de penser, de sentir » (Pastré, 2005, p34). Au-delà des résultats de l'activité des enseignants en termes d'activité-élèves (leur activité productive), nous cherchons dans notre recherche à rendre compte des effets sur les enseignants de leur propre activité (leur activité constructive).

5. Dissymétrie des problématiques et des types de résultats

Il y a une dissymétrie des problématiques puisque si l'activité des élèves ne nous intéresse *in fine* que dans son versant constructif, l'activité des enseignants est analysée sur les deux versants (effets sur les élèves et effets sur l'enseignant lui-même). Dans les deux cas (élèves et enseignants), on cherche cependant des niveaux de régularités et de variabilités dans l'organisation de l'activité des sujets, compte tenu (ou non) des situations et de la singularité.

Du côté des élèves, la question de la consolidation des connaissances se décline d'une part en une question de disponibilité des connaissances (comment certaines connaissances peuvent-elles devenir disponibles par un travail sur une BEL ?) et d'autre part en termes d'adaptations : quelles adaptations de connaissances les élèves peuvent-ils franchir, au-delà des applications immédiates de ces connaissances ? On interroge les propriétés des situations en tant que permettant l'activité constructive, les effets de cette activité constructive étant appréciés en terme de disponibilité ou d'adaptabilité de connaissances mathématiques. On étudie l'activité possible des élèves compte tenu des situations d'enseignement proposées (sur des épisodes, on étudie les tâches et leur environnement). On confronte cette activité possible avec les résultats de l'activité « productive » (traces de l'activité effective) d'un élève à la fois (sur lesquels on recueille des informations). On intègre le déroulement des séances par l'étude des boucles externes (résultats de l'activité

de l'élève observé, modification de la situation par les rétroactions logicielles, les aides éventuelles du professeur, des autres élèves...). Enfin, en fonction des modifications de situation, on étudie les régulations de l'activité et on les interprète en terme d'effets ou non sur le sujet lui-même (régulations fonctionnelles ou structurantes ? Quelle activité constructive ? Apprentissage incident / apprentissage intentionnel). Les limites sont dues à la temporalité puisqu'on ne met en évidence essentiellement que des phénomènes négatifs ou des phénomènes limités. Il faudrait intégrer le temps long (analyse de scénarios sur une séquence, en particulier l'articulation P/C car il y a plusieurs niveaux d'analyse). Les résultats positifs sur des épisodes ou des successions d'épisodes (séances) sont les mises en évidences, chez certains sujets élèves, de connaissances qui semblent devenir disponibles ou d'adaptations qui semblent devenir possibles, avec des régularités afférentes dans l'activité de ces sujets.

Du côté des enseignants, les questions se déclinent de la sorte : comment les professeurs choisissent-ils les exercices et construisent-ils les parcours pour les élèves ? Nous étudions pour répondre à cette question les feuilles de travail préparées pour les élèves, en recomposant les choix a priori de contenus, de tâches et de scénarios globaux. Cela alimente la composante cognitive de la pratique des professeurs étudiés. Comment les professeurs aident-ils les élèves en séances ? Nous recomposons ici les choix pendant les déroulements observés et cela alimente la composante médiative (toutes les aides pendant les déroulements). Y a-t-il des évolutions, notamment chez ces enseignants utilisant nouvellement les BEL, quelles sont les régularités et les variabilités compte tenu des contraintes et des marges de manœuvres permises par l'exercice du métier et compte tenu des personnalités (entretiens, réponses aux questionnaires) ? Enfin, comment s'articule l'activité d'enseignement en classe sur une BEL avec la pratique habituelle, y a-t-il inscription dans une cohérence ou bien recomposition ? On interroge donc d'une part l'activité productive en cherchant par exemple des « logiques d'interventions » (transversales aux composantes cognitives et médiatives dans la pratique) avec les questions afférentes des effets sur l'activité des élèves. On étudie les évolutions de l'activité productive sur les temps courts, moyens ou dans la mesure du possible long de l'action (épisodes, séances, séquences...) et on les interprète si possible en terme d'activité constructive liées au fait que l'enseignant fait face à une situation nouvelle pour lui : celle de l'intégration d'une BEL dans sa pratique. Les résultats sont la mise en évidence sur des

temps moyens et longs de régularités communes aux enseignants et de variabilités individuelles dans l'activité des professeurs et dans les évolutions.

IV. Activité des élèves sur les bases d'exercices en ligne

Les résultats globaux sur l'ensemble des élèves observés tout au long du projet région ont déjà donné lieu à des documents écrits et seront regroupées dans Vandebrouck (2007). Dans ces actes, nous souhaitons rendre compte, à partir de l'observation de deux élèves, Alice et Fanny, de la façon dont situation et élève peuvent co-déterminer l'activité. Chacune des deux élèves ne développe en effet pas la même activité dans la même situation mais, à contrario, la situation, telle qu'elle est, fait que l'activité des deux élèves est sur un certain plan la même. Nous montrons également, à partir de l'exemple de ces deux élèves, combien les phases de régulation de l'activité autonome des élèves peuvent être difficiles sur la machine. Enfin, nous rendons compte, toujours à partir de ces deux exemples, d'effets de leur activité⁷¹ en terme d'apprentissage incident et intentionnels des deux élèves.

1. Eléments sur les deux élèves observées

Fanny et Alice sont deux élèves de seconde générale observées successivement pendant deux séances consécutives en demi groupe. D'après les informations données par le professeur, ce sont des élèves appliquées. Alice comprend en général assez bien mais oublie parfois d'une séance sur l'autre tandis que Fanny est une bonne élève qui n'apprécie pas le travail en séance machine. Le cours sur les fonctions a déjà été fait dans l'année et les connaissances travaillées ici sont encore en cours d'acquisition, de sorte que toutes les mises en fonctionnement se font au niveau mobilisable. Les deux élèves travaillent sur le logiciel MathEnPoche (« généralité sur les fonctions » → « valeurs (lecture) » → exercices 3, 8, 9...).

2. Analyse des situations et déroulements observés

L'exercice 3 commence par 5 QCM successifs qui sont des applications immédiates des connaissances algébriques sur les images et les antécédents. L'environnement facilite en outre le travail puisque il n'y a que deux choix possibles (figure 1).

⁷¹ Par « opposition » aux seuls « résultats » de l'activité, qui sont de vrais observables.

Question N°1: Complète.

On sait que :

2 a pour image 1 par la fonction f

Donc :

Le point de coordonnées (,) appartient à la courbe représentative de f

Question N°5: Complète.

On sait que :

5 a pour image 2 par la fonction f

Donc :

f () =

a pour antécédent par la fonction f

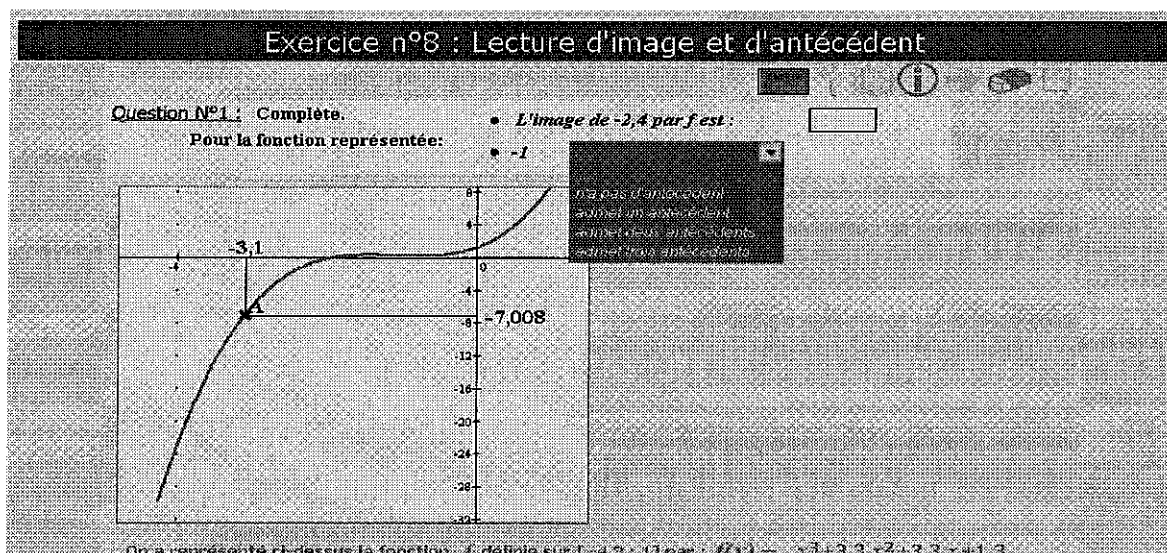
Le point de coordonnées (,) appartient à la courbe représentative de f

Alice répond correctement 3 fois. Les deux autres fois, elle confond « image » et « antécédent », reçoit un simple message d'erreur et rectifie au second essai : mais il suffit seulement d'inverser les réponses ! Le même exercice 3 se poursuit par 5 autres questions analogues à celle-ci (figure 2).

Ce sont les mêmes questions que précédemment mais il y a cette fois-ci six champs à renseigner. L'activité attendue n'est pas la même qu'à la question précédente puisqu'il y a un mélange de plus de deux registres d'écriture, ce qui constitue une adaptation supplémentaire. La stratégie qui consiste à répondre un peu au hasard et à rectifier éventuellement au second essai ne fonctionne plus car le logiciel ne signale pas l'emplacement des erreurs.

Alice comprend qu'elle ne peut pas se contenter de rectifier au deuxième essai si besoin est. Elle consulte donc son cahier de cours avant toute réponse et lit à mi-voix l'explication relative à « antécédent » et « image ». Elle répond alors correctement à la question. Elle refait cependant sa confusion à la septième et à la huitième question, consulte à nouveau son cahier et corrige. Elle refait encore l'erreur à la neuvième question et décide à ce moment d'appeler le professeur. Il lui explique immédiatement. Elle refait alors la dernière question sans erreur. Fanny, quant à elle, traite l'exercice 3 beaucoup plus vite ; il ne présente pas de difficultés pour elle et elle l'effectue sans erreur.

Les élèves poursuivent leur activité par l'exercice 8.



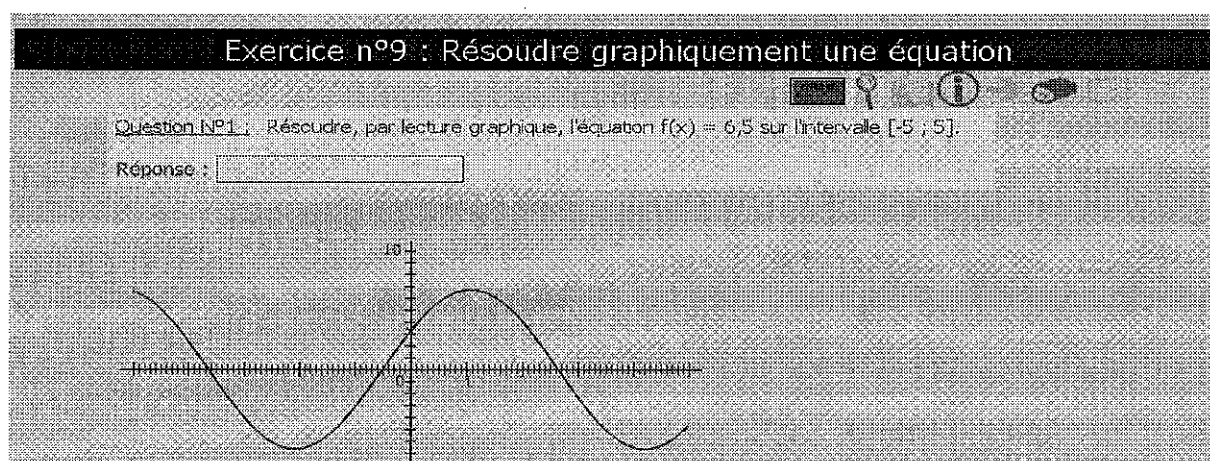
Dans cette nouvelle situation, une fonction étant donnée par son expression algébrique et une courbe représentative. Il s'agit pour les élèves de déterminer l'image d'un nombre et le ou les antécédents s'ils existent d'un autre nombre. Il y a une série de 5 questions successives du même type. Les fonctions considérées sont des fonctions aléatoires polynomiales du premier, second ou troisième degré, à coefficients décimaux avec au plus un chiffre après la virgule, définies sur un intervalle. La valeur de l'image est à taper dans un cadre. Pour le ou les antécédents, un menu déroulant (cadre bleu) permet de choisir la réponse. Suivant le choix effectué, un ou plusieurs cadres s'affichent pour rentrer la ou les valeurs. Un point A mobile sur la courbe permet de lire les valeurs demandées. On notera que lorsqu'il y a plusieurs antécédents, l'outil ne permet pas de les visualiser simultanément. Il faut donc penser à ne pas s'arrêter à la première valeur trouvée. L'activité attendue est de déplacer le curseur afin de lire graphiquement des images et des antécédents. Il s'agit donc de travailler uniquement dans le cadre graphique et d'appliquer de façon immédiate les connaissances du cours. Le choix du cadre de travail est donc forcé et ce cadre n'est pas dans le contrat didactique habituel de l'élève. En outre, l'environnement qui oblige à manipuler le curseur complexifie la tâche proposée.

La première courbe proposée à Alice est la courbe représentative de la fonction $f(x) = x^2 - 4$. Il faut déterminer l'image de 1,2 et le ou les antécédents de -7 s'ils existent. En accord avec le contrat habituel de travail, Alice calcule algébriquement l'image de 1,2. Cette démarche est renforcée par le fait que le polynôme de degré 2 est un polynôme qu'elle peut traiter algébriquement facilement. Pour la recherche de l'antécédent, Alice observe tout de suite sur le graphique qu'il n'y en a pas car la valeur -7 est relativement loin du minimum

de f . Alice valide sa réponse, reçoit un message de félicitation. Elle ne trouve pas l'exercice très intéressant et passe à l'exercice 9.

La première courbe proposée à Fanny est celle de la fonction $f(x) = x^2 - 5,19$. On lui demande l'image de 0,2 et le ou les antécédents de -4,7 s'ils existent. Fanny calcule également algébriquement l'image de 0,2 mais éprouve des difficultés à mener son calcul pour trouver les antécédents de -4,7. Il y a des adaptations liées à la présence du nombre décimal. L'enseignante passe à proximité de Fanny qui l'interpelle (« c'est pas clair pour trouver l'antécédent ! »). L'enseignante lui montre comment bouger le point A pour obtenir l'affichage des coordonnées de points sur la courbe. Fanny se saisit immédiatement de cette méthode instrumentée, répond correctement et enchaîne ensuite avec succès les 5 exercices de la série en procédant par la méthode graphique pour la recherche des antécédents comme pour celle des images.

Dans l'exercice 9, enfin, une représentation graphique de fonction est donnée sur un intervalle et il s'agit de résoudre graphiquement une équation de la forme $f(x) = \alpha$, α étant un nombre décimal avec au plus un chiffre après la virgule. Il y a suivant les cas 0, 1, 2 ou 3 solutions. Il s'agit donc toujours de mettre en fonctionnement de façon immédiate des connaissances de la classe de seconde mais cette tâche est à nouveau complexifiée par l'environnement. En effet, il faut dans chaque épisode déplacer le curseur rouge sur la courbe, ce curseur étant initialement placé au dessus de l'origine. Cependant, contrairement à l'exercice précédent, le curseur ne peut pas se piloter avec la souris, les coordonnées du curseur ne s'affichent pas et c'est à l'élève de faire les lectures de coordonnées. C'est à nouveau une série de 5 questions du même type de tâche puis 5 autres du type $f(x) = g(x)$.



Alice ne pense toujours pas à utiliser le curseur mobile car elle n'a pas eu l'occasion de le faire dans l'exercice 8. Mais cette fois ci, il n'est pas possible de travailler algébriquement. Elle essaie donc d'estimer la réponse et donne successivement deux valeurs insuffisamment

précises mais cohérentes. Fanny, qui avait été aidée par l'enseignant pour l'exercice 8, hésite un petit moment puis repère le curseur rouge et comment le faire bouger. Puis, elle trouve en général les bonnes réponses avec le curseur.

L'exercice 9 comporte une aide en ligne proposée après deux erreurs et sur laquelle est aiguillée Alice. Deux types d'aides sont disponibles. Elles sont toutes les deux sur le plan mathématique : sur la résolution d'équations du type « $f(x)=k$ » et sur la résolution d'équations du type « $f(x)=g(x)$ ». L'élève doit choisir l'aide qu'il veut recevoir. Alice hésite entre les deux propositions d'aides qui lui sont faites et finalement les lit toutes les deux. En fermant l'aide, elle revient sur l'écran qui lui propose les deux types d'aides et relance à partir de là l'exercice 9. Elle ne voit donc pas la correction à laquelle elle aurait eu accès en fermant l'écran aux deux propositions. Pas plus avancée pour cette deuxième question, elle appelle l'enseignante qui lui montre l'utilisation du curseur ainsi que le bouton « i » permettant d'obtenir des informations sur l'exercice. Alice s'engage alors correctement dans l'activité attendue. Cependant elle n'atteint jamais la fin de l'exercice car, comme la première fois, après deux erreurs successives sur certaines des questions, elle relance l'exercice au début à cause d'une erreur de manipulation du logiciel.

Fanny, quant à elle, s'est vue expliquer le maniement du curseur par l'enseignant à l'occasion de l'exercice 8. Elle n'a a priori pas de problèmes pour l'exercice 9. Pour sa question 3, elle tombe cependant sur une sinusoïde et l'équation « $f(x)=4,5$ » qui a trois solutions. Fanny oublie ici l'une des solutions et fournit successivement deux réponses fausses : -1,5 et 4,8 puis -0,5 et 4,8. Elle est orientée vers l'aide et se voit proposer, les deux aides associées à l'exercice. Elle dit : « *j'en veux pas de ces aides !* ». Comme l'enseignante passe, elle lui demande « *comment je fais pour supprimer ça ?* ». L'enseignante lui montre alors le bouton rouge de fermeture de l'aide. Fanny clique et se retrouve alors avec la correction (ce que n'avait pas réussi à faire Alice). Cependant, Fanny voit les valeurs affichées comme solutions à l'équation avec deux décimales et c'est ce qui attire son attention. Elle attribue de ce fait son erreur, non pas au fait qu'il lui manque une solution, mais au fait qu'elle n'a pas pu trouver toutes les décimales puisqu'elle n'a pas réussi à se servir de la « loupe » du logiciel.

3. Analyse des cycles d'activité (boucles de régulations)

Cette succession de situations à laquelle sont confrontées Alice et Fanny nous montre un certain nombre de phénomènes qui peuvent être analysés à partir du schéma de double régulation.

Il y a tout d'abord des décalages manifestes entre l'activité attendue des élèves compte tenu des situations et leur activité réelle. C'est particulièrement vrai dans l'exercice 8, où la tâche proposée est la même que dans l'environnement papier-crayon mais pas l'activité attendue. Les élèves ne développent pas l'activité attendue parce qu'elles ne comprennent pas qu'on attend d'elles la manipulation du curseur. En outre, les expressions algébriques sont données par le logiciel et cette donnée ne favorise pas le travail graphique. Enfin, les expressions aléatoires sur lesquelles tombent Alice et Fanny sont de degré 2, ce qui ne les décourage pas de chercher algébriquement. Ce ne serait sans doute pas le cas si les expressions étaient systématiquement plus compliquées ou du troisième degré.

Alice entre une réponse correcte et obtient une rétroaction validant sa réponse mais n'expliquant pas la procédure attendue. Elle n'a donc aucun indice lui permettant de déceler le décalage entre le travail qu'elle a fourni et celui qui était attendu. On peut se demander ce qui lui fait abandonner l'exercice. Elle a sans doute inconsciemment l'impression de « passer à côté » mais pas au point de demander de l'aide. Son activité à l'exercice 8 n'est ainsi pas régulée. Du coup, Alice ne peut pas entrer correctement en activité dans l'exercice 9 car elle ne sait pas qu'on peut manipuler le curseur. Fanny, en difficulté dès l'exercice 8 et peut-être aidée par son regard critique vis-à-vis du travail avec un logiciel, appelle quant à elle le professeur qui régule rapidement. D'elle-même Fanny sait ainsi s'adapter à la situation de l'exercice 9.

La difficulté des régulations de l'activité lorsqu'un élève se trouve en autonomie sur une BEL est également mise en avant avec ces deux exemples. Par exemple, Alice dans l'exercice 8, n'a aucun indice lui permettant de déceler le décalage entre le travail qu'elle a fourni et celui qui était attendu. De la même façon dans l'exercice 9, les aides lui rappellent la méthode mathématique de résolution alors que son problème est le maniement du curseur. On peut encore l'observer chez Fanny qui a très bien compris aussi la tâche mathématique de l'exercice 9 mais qui s'énervait contre l'aide (« *j'en veux pas de ces aides !* ») car il lui manque simplement l'une des solutions. Ceci étant, quand bien même les feedbacks de la machine sont bien adaptés à l'activité, la prise d'information peut ne pas être suffisante pour permettre de réguler correctement l'activité. Le travail qui consiste à interpréter les informations est en général difficile à faire. Il a été observé de manière visible dans le travail d'Alice sur l'exercice à trous (elle a besoin d'un dialogue avec le professeur pour pouvoir réussir les 5 dernières questions). Il a été observé aussi dans le cas de Fanny qui croit lire que sa solution est imprécise alors qu'elle est en fait incomplète.

Cette erreur d'interprétation de Fanny est peut-être du aussi à sa position critique vis-à-vis du logiciel, elle préfère avoir confirmation que la loupe est difficile à utiliser plutôt que de remettre en cause son travail.

4. A la recherche de traces d'apprentissages

Au-delà de cette analyse des cycles d'activités, ce qui nous intéresse aussi est de savoir si ces séances ont permis aux deux élèves d'apprendre quelque chose. C'est-à-dire, pour reprendre les termes du cadre théorique s'il y a eu de l'activité constructive et des régulations structurantes dans l'activité des élèves. Afin d'avancer sur ce point, en tenant compte des sujets singuliers dans les phénomènes d'apprentissage, nous introduisons deux types de « logiques élèves » : lorsque le but de l'élève semble être uniquement d'obtenir le bon résultat, nous parlons de *logique d'action* (ou logique de production). Lorsque au contraire l'élève semble chercher « un peu plus » que l'obtention du résultat, nous parlons de *logique d'apprentissage*⁷² (ou logique de construction).

Logique d'action et logique d'apprentissage sont bien des postures a priori des sujets mais ce sur quoi nous souhaitons insister est le fait que ces postures peuvent changer compte tenu des situations. En particulier, le cas d'Alice en activité sur les 5 premières questions de l'exercice 3, et la rupture dans son comportement à partir de la question 6, amène à penser que la situation peut renforcer la logique d'action, et donc l'activité à dominante productive. Au contraire, la situation peut faire que l'élève passe dans une logique d'apprentissage. Ainsi, nous avons vu comment Alice est passée d'une logique d'action à une logique d'apprentissage dès que l'exercice 3 n'était plus un questionnaire à deux champs mais à six champs, c'est-à-dire dès que sa technique à deux coups ne fonctionnait plus et que la tâche mélangeait plus de deux registres d'écriture. L'importance des adaptations de connaissances dans les tâches proposées aux élèves réapparaît donc ici comme pourvoyeur non seulement d'activité constructive mais d'activité constructive intentionnelle. On peut en outre penser que ce changement de logique porte ses fruits. En effet, si au début de l'exercice 3, les connaissances d'Alice à propos des images et des antécédents semblent fragiles (2 erreurs sur 5 QCM proposés), on la voit adapter correctement ces mêmes connaissances dans les différentes tâches qui lui sont proposées dans les exercices 8 et 9. Dans l'exercice 8, elle est capable de chercher des images et des antécédents algébriquement (ce n'est pas l'activité attendue mais ses calculs sont corrects)

⁷² Ces terminologies sont appuyées sur le schéma de double régulation de l'activité.

et dans l'exercice 9, elle est capable de résoudre graphiquement les équations proposées « $f(x)=k$ » et « $f(x)=g(x)$ » (elle ne sait pas se servir du curseur mais ses tentatives sont cohérentes). Il ne faut cependant pas négliger le rôle du professeur dans cet apprentissage puisqu'il s'est montré tout de suite disponible au moment où dans l'exercice 3, Alice a éprouvé le besoin de l'appeler pour qu'il lui explique.

Le cas de Fanny est différent car c'est en fait une très bonne élève. Elle n'est pas dans une logique d'apprentissage tout simplement parce qu'elle connaît les notions à utiliser et que les situations ne sont pas problématiques pour elle. La séance lui est cependant profitable⁷³ non pas parce qu'elle a appris mais parce qu'elle a entretenu ses connaissances et eut confirmation qu'elle savait faire les exercices. On constate, cependant, qu'elle a appris des connaissances liées au logiciel. Et pourtant Fanny n'est pas entrée dans cette séance avec le désir d'apprendre à manoeuvrer le logiciel, au contraire son motif était plutôt de démontrer les limites du logiciel. Il s'agit là d'apprentissage incident, du à son activité productive. Il est fort probable que lors d'une prochaine séance sur ce logiciel, Fanny sera plus à l'aise dans le maniement du logiciel, ce qui lui donnera sûrement plus de possibilités pour travailler efficacement du côté des mathématiques.

V. Activité des enseignants⁷⁴

Pour cette partie comme pour la précédente, l'ensemble des résultats sera regroupé dans Vandebrouck (2007). Nous ne pouvons ici qu'en esquisser une partie à partir des observations de Maurice et Flore. Nous articulons ces analyses avec l'ensemble des résultats en conclusion.

1. L'exemple de Maurice

A l'occasion des observations élèves, nous avons observé le travail de Maurice à deux reprises en avril 2006. Il s'agissait de deux séances consécutives avec deux demi classes de Seconde BEP. Nous avons également obtenu des données sur son activité à travers le compte rendu d'une observation d'élève qui a eu lieu en avril 2005 ainsi qu'une vidéo réalisée en mai 2006. Cela nous a permis de repérer des caractéristiques de l'activité de Maurice dans ses séances d'utilisation des BEL.

L'enseignant Maurice est un enseignant qui connaît bien les TICE et qui utilise déjà des logiciels type géométrie dynamique, tableur...dans ses classes de Seconde BEP. Il choisit

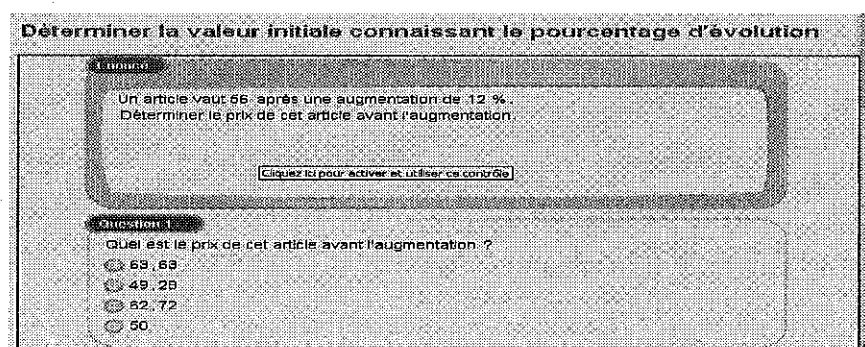
⁷³ Modulo le bémol sur les trois solutions données avec deux décimales.

⁷⁴ M. Abboud-Blanchard et C. Cazes ont participé plus ou moins directement à l'écriture de cette partie.

de travailler avec le logiciel Paraschool. Durant sa première année d'utilisation, Maurice propose à ses élèves des exercices provenant uniquement de la partie enseignement professionnel. Tandis que, la seconde année, il « pioche » parmi les exercices du niveau troisième, dans la partie « enseignement général ». Les connaissances mises en fonctionnement dans les séances observées sont à chaque fois des connaissances en cours d'acquisition. Maurice insère aussi chaque année des éléments de cours, possibilité que lui offre le logiciel Paraschool. Enfin, Maurice, dès l'année 2005, prévoit une feuille d'exercices papier pour les élèves, en lien avec leur travail sur Paraschool et qu'ils doivent rendre à la séance suivante.

Du côté des déroulements des séances observées, Maurice circule dans la classe, suivant l'avancée de chacun des élèves en répondant à leurs sollicitations. Il n'y a pas un balayage systématique mais un déplacement au gré des questions et des circonstances. L'enseignant est en fait sans cesse mobilisé. Ses interventions sont majoritairement individuelles. Maurice a développé une façon de prendre de l'information sur l'activité des élèves : il les fait systématiquement revenir en arrière sur le logiciel pour comprendre où ils en sont et quel est leur véritable problème. En outre, il accepte la dispersion mathématique des élèves dans les plans de travail et c'est le seul des enseignants observés qui passe au tableau en séance faire une longue explication mathématique pour quelques élèves particuliers. Il accepte donc de ne parler publiquement qu'à quelques élèves pendant que les autres continuent à travailler à leurs tâches respectives.

Donnons l'exemple de l'exercice suivant qui est le septième des exercices proposés par Maurice à ses élèves. Même s'il ne s'agit dans la catégorisation Paraschool que d'un « savoir faire », c'est un exercice relativement difficile pour ces élèves⁷⁵.



⁷⁵ L'analyse de tâche n'est pas effectuée ici, faute de place.

Dans la séance observée, l'enseignant intervient au tableau pour aider trois élèves simultanément bloqués sur cet exercice un élève. L'observateur a relevé l'état final du tableau à l'issue de cette explication.

+5%	<i>Initial + aug</i>	$20 \times 1,05 = 21$
20 €	$100\% + 5\%$	
$20 \times 5 / 100 = 1$	105 %	
20+1	$105/100 = 1,05$	
$PF_{\text{final}} = 21 \text{ €}$		

On comprend que Maurice prend soin de faire une explication propre, compréhensible pour les élèves qui seront en difficulté plus tard dans la séance. On peut penser qu'il espère ainsi ne pas avoir à expliquer à nouveau ce point et être plus disponible pour d'autres interventions. Il est aussi à noter que les pourcentages et la quantité finale dans l'exercice Paraschool sont 12% et 56 Euros. Et bien que Maurice fournisse des explications à propos de cet exercice particulier, il traite au tableau un autre exemple avec 5% et 20 Euros comme somme de départ. Maurice accepte donc qu'au moment de son explication, tous les élèves n'écoutent pas mais son aide écrite a une portée générique. Il espère que d'autres élèves vont se l'approprier et pouvoir substituer les pourcentages de 5% et la quantité 20 Euros à leurs données propres. En outre, dans l'aide qu'il apporte aux trois élèves en fournissant ses explications au tableau, il n'évade que le problème de conversion des 12% en 1,12. C'est-à-dire qu'il semble soucieux de ne pas tout dire à l'élève en difficulté pour qu'il reste à celui-ci une part d'activité autonome. L'aide se veut ainsi « constructive » car elle est propre, elle ne fournit pas intégralement la réponse aux problèmes des élèves et elle porte un caractère générique, c'est-à-dire qu'il est possible de la réinvestir au fil des exercices.

Dans d'autres cas plus particuliers, les aides de l'enseignant sont uniquement « procédurales »⁷⁶ et se veulent plus directement efficaces. Elles n'appellent pas de passage au tableau car elles ne concernent certainement que des élèves spécifiques. De nombreux exemples montrent que l'aide du professeur est souvent indispensable pour permettre aux élèves de commencer les exercices. Ainsi l'enseignant peut-il parfois repérer des erreurs ou des difficultés qu'il n'aurait peut-être pas soupçonnées.

⁷⁶ En référence au schéma de double régulation, les aides « procédurales » de l'enseignant aux élèves sont des aides qui permettent à l'élève de développer son activité « productive » tandis que les aides « constructives » se veulent plus tournées en direction de l'activité « constructive » des élèves.

D'autres interventions portent sur la gestion du travail et le travail autonome des élèves sur la BEL est l'occasion pour Maurice de pouvoir les féliciter souvent, leur parler de leur confiance en eux, ce qui est peut-être un facteur important pour motiver des élèves faibles.

2. L'exemple de Flore

Flore est une enseignante qui s'est associée au projet en 2005. Elle travaille dans un lycée classique et nous avons observé deux de ses séances de module (groupe de 15 élèves) en classe de seconde, l'une en décembre 2005 et l'autre en mai 2006. Dans cette classe, les élèves sont en relatives difficultés. Les deux séances sont des séances d'exercices avec le logiciel Euler. La première séance concerne des activités numériques (résolution d'inéquations et tableau de signes) et la seconde séance concerne des activités géométriques (équations de droite). Flore a choisi de travailler avec Euler. Elle explique qu'elle a été intéressée par la quantité et la qualité des exercices proposés ainsi que par leur génération aléatoire. Nous avons accès à la fois au déroulement des séances par les observations et aux évolutions éventuelles de Flore, par un entretien réflexif dans lequel elle décrit ses adaptations au cours de l'année et ses projets pour l'année suivante.

Flore a sélectionné des fiches Euler pour, à chaque fois, faire réviser ses élèves. Par exemple, dans la première séance, la feuille de travail commence par des fiches de niveau 6^{ème} du type « *déterminer le nombre a par lequel il faut multiplier 53 pour obtenir 2332* ». Lorsque la réponse est fausse, la rétroaction est la suivante « *vous avez commis une erreur $45 \times 53 = 2385$* ». L'élève peut éventuellement utiliser la rétroaction pour corriger sa réponse et trouver la réponse correcte par approximations successives. Après une réponse fausse, le logiciel attend une autre réponse jusqu'à obtenir la réponse correcte.

Pendant le début de la première séance, les interventions de Flore ont essentiellement deux buts : expliquer l'organisation du travail et faire accélérer les élèves. En effet, cette séance est l'une des premières avec ce logiciel et Flore insiste auprès des élèves sur les trois points suivants :

- avoir son cahier d'informatique sur lequel il faut noter un exercice de chaque type ;
- prendre l'habitude de se référer au plan de travail sur lequel toutes les consignes sont écrites, c'est-à-dire non seulement la liste des fiches à travailler mais aussi le nombre d'exercices de chaque type à faire ;
- comprendre que les exercices sont paramétrés et qu'en conséquence ils sont différents d'un poste à l'autre et que leur difficulté peut être variable.

Les élèves ont bien réussi ces premiers exercices. Cependant, Flore dit dans l'interview qu'elle a suivi la séance qu'ils ont mis beaucoup plus de temps qu'elle n'avait estimé d'où dit-elle, la nécessité de les faire accélérer. Elle ne déclare pas de modifications envisagées sur ce point dans une éventuelle autre séance. La suite de la séance concerne des fiches sur des activités numériques du niveau fin de collège. Ce travail de révision permet à Flore de se rendre compte de difficultés insoupçonnées chez les élèves. Par exemple, il n'est pas clair pour plusieurs de ses élèves que diviser par 3 c'est pareil que de multiplier par $1/3$. Pendant la séance elle explique plusieurs fois puis écrit au tableau : « *diviser par un nombre a , c'est multiplier par son inverse $1/a$* ». Dans l'interview, Flore précise qu'elle n'a pas anticipé cette difficulté car en séance d'exercices classique elle ne l'a jamais rencontrée. Elle affirme donc qu'elle sera davantage vigilante à cette difficulté lors des séances classiques.

La seconde séance concerne les fonctions linéaires et affines. Flore y rencontre encore des difficultés dont la suivante : les élèves sont surpris par le fait que parfois, des fonctions linéaires apparaissent dans des fiches d'exercices titrées « *fonctions affines* ». Pendant la séance, Flore doit leur expliquer que les fonctions linéaires sont des cas particuliers de fonctions affines. Elle pense avoir présenté en cours ces notions de manière trop cloisonnée et envisage de modifier en conséquence le cours de l'année d'après pour ne plus être confronté à ce problème.

Du côté des aides aux élèves, Flore semble adapter son aide à l'élève aidé, renforçant une méthode dans le cas d'un élève en difficulté, enrichissant son « capital » de méthodes dans le cas d'un élève plus à l'aise. Mais dans l'entretien Flore n'a pas fait allusion à cette particularité dans sa gestion.

Aussi, comme dans le cas de Maurice, Flore utilise le tableau comme « pense-bête collectif », mais, à la différence de celui-ci, elle essaie d'obtenir l'attention générale. En effet, elle envisage, pour l'année suivante d'inclure ses remarques en haut du plan de travail et non pas d'utiliser le tableau à la manière de Maurice. En revanche, le cas de Flore semble caractérisé par le souci d'intégration de la BEL dans le dispositif général, ce qui se traduit par une forte connexion entre séance classique et séance BEL. Par exemple, les deux séances observées ont fourni à Flore des éléments pour ajuster les séances classiques (plus grande vigilance sur « diviser par 3 c'est comme multiplier par $1/3$ » ; présentation des fonctions affines comme un cas plus général que les fonctions linéaires). Enfin, dans ses projets, Flore intègre l'outil BEL dans son arsenal d'outils d'enseignement. Pour l'année

suivante, elle envisage une utilisation harmonieuse de cet outil pour que ces séances ne soient pas marginalisées.

On peut faire l'hypothèse qu'il y a dans le cas de Flore des boucles de régulations structurantes à une échelle de temps long, celle de l'année scolaire. Ces régulations sont conscientes, recherchées par Flore et en accord avec son parcours personnel : participation au groupe IREM et à une formation professionnelle⁷⁷. Elles résultent certainement d'un élément fort de sa composante personnelle : la volonté d'enrichir sa pratique enseignante par un apprentissage intentionnel, éventuellement hors de son lieu de travail. Cependant cet enrichissement semble n'affecter principalement que l'organisation a priori de ses séances : modification du plan de travail par un rappel, modification de l'ordre de présentation des notions dans son cours. En outre, certains points relevés au niveau des déroulements ne sont pas encore pris en compte dans la réflexion de Flore. Ainsi, elle ne semble pas s'interroger sur le fait que les élèves, pendant la première séance ont mis beaucoup plus de temps qu'elle ne le pensait à résoudre les exercices de 6^{ème}. Bien au contraire, tout se passe comme si elle voulait le nier puisque sa seule réaction est de faire accélérer les élèves. De même, elle ne semble pas avoir conscience de la manière différenciée dont elle apporte de l'aide à ses élèves. On peut se demander ici s'il s'agit d'un apprentissage incident, facilité par l'usage des BEL, ou au contraire s'il s'agit d'une caractéristique de Flore visible dans toute séance d'exercices d'entraînement.

3. Régularités et variabilités

L'étude des choix des deux enseignants Maurice et Flore, renforcée par les observations des autres enseignants impliqués dans le projet Région nous permet d'avancer un certain nombre d'hypothèses en termes de régularités et de variabilités dans l'activité des professeurs avec des bases d'exercices.

Le choix de la ressource tout d'abord, bien que relevant exclusivement des professeurs, se révèle le même pour tous les enseignants de lycée professionnels. Ils ont tous choisi le logiciel Paraschool qui est le seul à contenir des exercices fléchés pour l'enseignement professionnel. Il semble donc y avoir une contrainte forte liée à l'appartenance de ces enseignants à des lycées professionnels. Dans les lycées d'enseignement général, les choix ont par contre été différents. Cependant, les enseignants de l'académie de Versailles, comme Flore, ont souvent choisi de travailler avec le logiciel Euler, logiciel institutionnel

⁷⁷ Master de didactique des mathématiques.

développé par le rectorat de l'académie et ses inspecteurs. Il y a donc sûrement là une contrainte d'un autre type qui agit également. Dans les autres académies, les choix sont plus divers.

Les séances retenues pour faire travailler les élèves sur machine sont toujours des séances en demi-classe avec les élèves en autonomie sur leurs machines. Cela semble dû à la contrainte de place quand les classes sont trop chargées et à la limitation du nombre des postes informatiques dans les salles (une quinzaine en général). Cependant les choix pourraient être différents. Les enseignants pourraient choisir de faire travailler leurs élèves en binômes, ce qui n'a jamais été observé. Notons que, de fait, les élèves travaillant sur bases d'exercices s'aident mutuellement, même s'ils ne sont pas sur le même poste et l'émulation liée au travail en binôme est supplantée par un travail à deux, trois, voire plus, des élèves qui s'aident entre eux mais doivent cependant toujours revenir traiter leur exercice particulier sur leur propre poste à un moment donné au moins.

Les connaissances travaillées dans les exercices des plans de travail sont toujours des connaissances en cours d'acquisitions ou des connaissances anciennes. Par exemple, il s'agit de travailler le chapitre en cours « fonctions affines » dans la classe de Maurice. Il ne semble pas que l'on puisse faire aborder aux élèves des connaissances totalement nouvelles avec ces outils bases d'exercices 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 mélanges, sauf parfois sur quelques exercices à la fin des plans de travail pour de bons élèves. Ces plans de travail sont d'ailleurs assez précis, afin que les élèves soit bien cadrés, comme le dit Maurice dans son entretien, et ils sont généralement trop longs pour un travail des élèves sur une seule séance.

Enfin, les enseignants articulent différemment le travail sur la machine et le travail de l'écrit. Par exemple Maurice distribue aux élèves une feuille à compléter tandis que Flore a instauré dans sa classe un « cahier d'informatique ».

Du côté des déroulements, les régularités les plus marquées concernent les interventions de l'enseignant pendant la séance. Tout d'abord, ces interventions sont rarement collectives et lorsqu'elles le sont, leur but est :

- dans une phase 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 (la succession d'exercices à effectuer) ;

- au cours de la séance, de réguler l'avancée dans le temps ou gérer une difficulté liée au maniement de la BEL.

Nous notons l'absence de phase de bilan collectif au cours ou à la fin de la séance et a fortiori l'absence de phases d'institutionnalisations. Nous pouvons interpréter ce phénomène par le fait que les enseignants voient d'abord le travail sur des bases d'exercices en ligne comme permettant la différenciation entre élèves. Dans ce cas de rythmes variés d'avancement du travail, un bilan même partiel est difficile mais il semble aussi inopportun. Les interventions individuelles sont donc majoritaires. Elles sont soit des aides mathématiques soit des aides instrumentales, et on note très peu d'interventions liées à l'enrôlement des élèves. La proportion d'aides instrumentales semble liée directement au logiciel lui-même⁷⁸ et au niveau de la familiarisation des élèves mais aussi des enseignants avec son utilisation.

L'importance des aides mathématiques et individuelles, est donc une régularité évidente dans les séances avec une BEL. Elles sont le plus souvent procédurales et couvrent une large palette d'effets souhaités par l'enseignant. Cependant, il semble ici que 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, favorise, dans certains cas et selon les enseignants, l'émergence plus ou moins forte d'aides « constructives » pour l'apprentissage mathématique des élèves.

Quant aux autres disparités, elles se situent essentiellement au niveau de la gestion. Nous avons montré que les modes de déplacement dans la classe diffèrent d'un enseignant à l'autre (entre zapping et balayage systématique). Certains enseignants semblent se consacrer plus aux élèves faibles, profitant du fait que chaque élève travaille à son rythme pour apporter des aides adaptées au moment approprié. D'autres enseignants passent régulièrement voir tous les élèves, mais ce balayage systématique n'apporte pas toujours une aide efficace à l'élève. C'est le cas par exemple quand l'enseignant apporte des réponses à des questions que l'élève ne se pose pas encore, même si cet élève traite le même exercice que l'élève vu juste avant par l'enseignant.

Nous avons enfin repéré d'une part, l'importance qu'accordent les enseignants à l'utilisation du papier-crayon et d'autre part l'utilisation marginale du tableau. Ces deux constats paraissent liés à une activité constructive des enseignants et nous y reviendrons plus loin.

⁷⁸ Par exemple dans une séance Wims observée, la proportion d'aides liées au maniement du logiciel était sensiblement égale à la proportion d'aides liées aux contenus mathématiques.

Régularités et disparités dans le déroulement peuvent être interprétées à la lumière de la composante personnelle de l'enseignant. Elles permettent de questionner le développement professionnel chez l'enseignant, ce que nous traitons dans le paragraphe qui suit.

4. Evolutions et développement professionnel

Se référant au schéma de la double régulation de l'activité⁷⁹, notre but est maintenant de rechercher des effets de l'activité constructive des enseignants, autrement dit des traces de régulations structurantes. Ces traces sont très difficiles à repérer, en particulier parce qu'elles concernent directement la composante personnelle, parce qu'elles s'observent sur un temps long et que les observations dont nous disposons sont au mieux sur deux séances espacées de quelques mois. Cependant, nous avons pu repérer des indices de régulations structurantes et pu émettre quelques hypothèses sur le développement professionnel des enseignants.

Les régularités qui sont apparues très tôt, telles que la nécessité de préparer un plan de travail assez contraignant pour les élèves, le fait de faire travailler les élèves en demi groupe sur des connaissances anciennes ou en cours d'acquisition, le quasi abandon de la parole collective ou encore l'absence d'institutionnalisation pendant ces séances, nous semblent relever de la situation de travail avec une BEL et résulter plutôt de régulations fonctionnelles à court ou moyen terme, liées aux contraintes fortes de l'enseignement avec une BEL. Nous avons vu également que le choix de la BEL était le résultat d'une négociation entre éléments provenant de la composante personnelle et de la composante institutionnelle. Peut-être cela pourrait-il également s'interpréter en terme de régulation de l'activité ?

En revanche, on a pu constater des disparités, bien que la préoccupation soit commune, dans l'utilisation du papier/crayon ou encore dans le lien avec les séances classiques, par exemple dans les sujets de contrôles. Il est possible que ces disparités, observées à un moment précis, ne soient que l'expression d'un avancement différent sur une même trajectoire. En effet, et cela est confirmé par plusieurs autres observations, les enseignants nouvellement utilisateurs de BEL insistent pour que les élèves prennent un papier de brouillon ou distribuent eux même une feuille de brouillon puis plus tard une feuille « pour garder une trace ». Certains enseignants utilisent finalement un cahier d'informatique ou un

⁷⁹ Schéma de double régulation de l'activité : partie 0, chapitre 2.

cahier d'exercices. De même, la plupart des enseignants intègre des exercices de type BEL dans les contrôles comme le révèle l'étude des questionnaires.

Est-ce à dire que tôt ou tard les enseignants enseignent tous de la même manière avec une BEL et que leurs développements sont semblables ? Certainement non. Mais dans ce cas où se situent les disparités ? Si l'on revient aux deux cas particuliers étudiés, on constate que Maurice a développé de l'activité constructive sur sa façon d'aider les élèves pendant les séances avec BEL. Il faudrait savoir si cette modification affecte la composante médiative de sa pratique, si son comportement est également modifié pendant les séances classiques ou s'il ne s'agit pas simplement d'une actualisation de sa pratique ordinaire aux séances BEL, initiée à travers sa grande expérience d'utilisation des TICE en classe. De son côté, Flore enrichit sa pratique du côté cognitif mais parce que, d'une certaine manière, c'est son objectif personnel. Cela dépasse largement l'utilisation des BEL mais guide son parcours professionnel. La composante médiative semble beaucoup plus stable. Nous y revenons dans la conclusion.

VI. Conclusion de la partie élèves

Nous pensons avoir montré comment le schéma proposé et issu de la didactique professionnelle peut être un outil efficace pour comprendre ce qui peut se jouer du côté des élèves et du côté des enseignants lors des séances sur BEL.

Du côté des élèves, cette approche conduit à un découpage en deux phases consécutives : la compréhension de la tâche prescrite avec entrée de l'élève dans l'activité puis la réalisation effective de la tâche par l'élève avec l'interprétation des rétroactions. Nous avons en particulier vu des décalages entre l'activité attendue et l'activité réellement développée par les élèves et donc la nécessité d'interventions de l'enseignant. Dans le cas général, ces décalages peuvent être dus aux tâches trop complexes, que ce soit du côté des mathématiques ou à cause de leur environnement informatique. Ils peuvent aussi être causés, comme nous l'avons observé ici chez Alice et Fanny, au fait que l'activité attendue ne corresponde pas à celle attendue en environnement papier crayon dans une situation similaire. Enfin, et c'est tout de même assez rare, cela peut être lié à un détournement intentionnel du logiciel de la part de l'élève. Les rétroactions peuvent aussi être inadaptées ou bien adaptées mais mal interprétées ou bien encore insuffisantes. Elles ne permettent souvent pas aux élèves de réguler leur activité à bon escient et là encore une aide extérieure est nécessaire même si l'enseignant n'en a pas toujours connaissance.

La question générale de la modification de « l'état de l'élève », en particulier par un apprentissage mathématique, reste difficile à observer à l'échelle des cycles courts que nous avons étudiés, ni même à l'échelle des cycles plus longs d'une série d'exercices ou d'une séance. Cependant nos deux exemples ont permis d'illustrer plusieurs phénomènes :

- l'état de l'élève et la situation influent de façon complémentaire l'activité des élèves et il est en particulier nécessaire de prendre en compte les élèves dans leur singularité. Par exemple, Alice et Fanny développent une activité bien différente à partir des mêmes exercices ;
- la logique d'apprentissage ne se décrète pas (posture a priori du sujet) mais elle peut être défavorisée par le travail sur la base d'exercices dans certaines situations : une élève motivée comme Alice peut rester dans une logique d'action tant que la suite de situations n'est pas problématique pour elle et qu'elle peut obtenir le résultat sans effort (QCM à deux champs). Tout se passe comme si dans certaines situations, l'activité constructive était occultée par l'activité productive, qui occupe alors tout l'espace. L'apprentissage existe mais il est seulement incident et limité par rapport aux objectifs des exercices.
- si l'apprentissage intentionnel ne se décrète pas, on peut penser qu'il peut être favorisé, même pour des élèves qui ne sont pas dans une logique d'apprentissage, à partir du moment où il y a toujours une activité productive. C'est ce qui à nos yeux accrédite le travail sur les ressources en ligne car les élèves y sont toujours actifs comme l'ont encore montré ces observations. Cependant cet apprentissage intentionnel semble lié à une activité sur une situation « riche », la richesse de cette situation en terme d'adaptations de connaissances à mettre en fonctionnement étant elle-même dépendante de l'élève singulier qui travaille sur la base d'exercices. Par exemple, on peut penser qu'avec ces exercices 3, 8 et 9, Alice travaille dans sa zone proximale de développement. Trois fois sur cinq, elle sait traduire avec deux champs à remplir une information donnée dans un registre algébrique. Mais lorsque la situation comporte une adaptation supplémentaire liée au mélange de plus de deux registres d'écritures, Alice fournit un effort supplémentaire qui semble permettre un réinvestissement ultérieur. Cependant, nos analyses montrent aussi que la richesse de la situation doit être mesurée, en cohérence avec le fait que la zone proximale de développement est propre à l'élève singulier. Fanny ne fait par exemple qu'entretenir des connaissances qu'elle a déjà organisées. C'est là toute la difficulté du travail autonome sur ces ressources.

Du côté des enseignants, de leur activité pendant les séances BEL et de l'articulation entre cette activité et les différentes composantes de leur pratique, les résultats que nous avons obtenus et dont seule une partie est illustrée par les exemples développés de Maurice et de Flore sont les suivants :

Lorsqu'un enseignant choisi d'utiliser les BEL en classe, nous avons vu qu'un certain nombre de caractéristiques dans l'organisation de cette classe vont se mettre en place assez vite, comme le plan de travail assez long et rigide, le fait de faire travailler en demi groupe sur des connaissances anciennes ou en cours d'acquisition, le peu d'utilisation du tableau (en général), la parole essentiellement individuelle, l'absence de phase de bilan collectif. Ces caractéristiques, aussi bien cognitives que médiatives, nous semblent liées à des régulations plutôt fonctionnelles, à court ou moyen terme, de l'activité de l'enseignant avec des BEL et en particulier aux contraintes fortes liées à leur usage en classe.

D'autres spécificités vont aussi inéluctablement se mettre en place mais plus lentement comme l'importance accordée à la trace écrite, le lien avec les contrôles et l'articulation avec les séances classiques. Ces évolutions semblent affecter essentiellement la composante cognitive des pratiques des enseignants. Elles sont le résultat d'apprentissages incidents liés à des régulations fonctionnelles de l'activité mais peuvent se conjuguer, comme dans le cas de Flore, à une volonté de développement professionnel. Toutefois ces évolutions ont des limites communes puisque l'absence au niveau des plans de travail de mélanges entre plusieurs domaines de connaissances mathématiques persiste. De même, nous n'avons pas trouvé d'exercices permettant des activités spécifiques aux environnements logiciels. Seules des tâches papier/crayon semblent proposées à ce niveau d'enseignement mais cela est certainement à relier aux méthodes de contrôles de connaissances qui sont uniquement traditionnelles.

Enfin, les disparités entre enseignants et les évolutions variées de leurs activités semblent concerner plus directement la composante médiative des pratiques. En outre, il ne s'agit probablement pas d'un développement professionnel mais plutôt d'un ajustement de l'activité d'intégration de la BEL à la composante médiative. Dans le cas de Flore, le fait d'aider les élèves de façon différenciée ne semble pas conscientisé et le fait de les faire accélérer semble venir de la pratique ordinaire. Dans les autres cas étudiés (échantillon fin comme échantillon large), on peut aussi penser que leurs façons d'aider les élèves en séance BEL (ratio d'aides à l'initiative de l'enseignant, ratio entre aides procédurales et aides «

constructives », utilisation spécifique du tableau, déplacements dans la classe...) n'évoluent pas ou peu et qu'elles ne sont que le reflet de la composante médiative de leurs pratiques. S'agissant d'un domaine en plein essor, les BEL étant de plus en plus nombreuses, ces premières investigations sont donc à poursuivre. Il faudrait renforcer l'approche qualitative en essayant de mettre davantage en relation, chez un ou plusieurs enseignants choisis, les séances BEL et les séances classiques. Il serait sans doute intéressant également de regarder de manière quantitative comment évolue l'utilisation des BEL : effet de mode ou tendance lente qui va peu à peu s'imposer dans la pratique enseignante ?

Bibliographie

- Cazes C., et al. (2006), Using E Exercises bases in mathematics: case studies at university. *International Journal of Computer in Mathematics Learning*. Vol 11 (3) pp 327-350.
- Cazes C., et al. (2005), Utilisation de bases d'exercices en ligne: quelles conséquences pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques? Dans C. Castela et C. Houdement (Eds), *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques, année 2005*. pp 177-212.
- Leontiev A. (1984), *Activité Conscience Personnalité*, Moscou : Editions du Progrès (1ère édition, 1975, en russe).
- Leplat J. (1997), *Regards sur l'activité en situation de travail*, Paris : PUF.
- Pastré P. (2005), La deuxième vie de la didactique professionnelle. *Education permanente*. Vol 165 pp 29-46.
- Rabardel P. (1999), Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. Dans *Actes de l'Université d'été de Didactique des Mathématiques*. Houlgate. pp 203-213. IUFM de Caen
- Robert A. (1998), Outil d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. Vol 18 (2) pp 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*. Vol 2 (4) pp 505-528.
- 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*. Vol 60 pp 6-25.
- Rogalski J. (2000), Y a-t-il un pilote dans la classe ? Apports des concepts et méthodes de la psychologie ergonomique pour l'analyse de l'activité de l'enseignant. Dans T. Assude et

B. Grugeon (Eds), *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*. pp 143-164. ARDM et IREM de Paris 7

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*. Vol 49 (2/3) pp 47-86.

Samurcay R., Rabardel P. (2004), Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences: propositions. Dans *Recherches en Didactique Professionnelle*, R. Samurcay et P. Pastré (Eds) (pp. Chapitre 7). Toulouse : Octarès

Vandebrouck F. (2007), *La classe de mathématiques : activité des élèves et pratiques des enseignants*, Toulouse : Octarès

Vygotski L. (1934/1997), *Pensée et langage*, Paris : La dispute.

