

Utilisation de bases d'exercices en ligne : quelles conséquences pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ?

Claire Cazes¹, Ghislaine Gueudet²,
Magali Hersant³, Fabrice Vandembrouck⁴

Le travail présenté ici s'inscrit dans la problématique générale de l'impact des TICE sur les processus d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques. L'attention est focalisée sur un type de produit particulier : les bases d'exercices en ligne. Dans une première partie nous présentons les interrogations liées à ces produits spécifiques et les modèles utilisés pour notre étude. Dans les deux parties suivantes nous traitons, sur des exemples précis, la question générale de l'analyse de l'activité effective de l'élève puis celle des modifications observées dans la pratique de l'enseignant.

1. Présentation du questionnement et de l'approche retenus

Dans cette partie, nous allons présenter dans un premier temps notre objet d'étude, puis un modèle de cet objet, modèle qui permettra notamment de positionner plusieurs types de questions de recherche.

La principale spécificité de notre objet d'étude concerne le type de ressources en jeu : il s'agira exclusivement de bases d'exercices en ligne. C'est pourquoi nous allons dans un premier temps préciser les caractéristiques de ce type de ressources, mais aussi les raisons qui nous ont poussés à nous y intéresser.

•

¹ LUTES, Université Paris 6 et Equipe Didirem, Université Paris 7

² IUFM de Bretagne et CREAD

³ IUFM des Pays de La Loire et CREN, Université de Nantes

⁴ Université d'Evry Val d'Essonne, IUFM de Versailles et Equipe DIDIREM, Université Paris 7

1.1. Les bases d'exercices en ligne

Nous appelons « base d'exercices de mathématiques en ligne » une ressource internet qui a les caractéristiques suivantes :

- il s'agit d'une ressource en ligne élaborée à des fins d'enseignement des mathématiques ;
- elle est constituée d'exercices ou de problèmes organisés selon un certain classement ;
- à chaque exercice ou problème est associé un environnement qui peut comporter des aides de différents types, des outils (graphiques, calculatrices...), mais aussi la solution de l'exercice.

Nous n'entrerons pas ici dans la distinction exercice/problème, qui nous semble trop délicate hors contexte. Elle sera en revanche pertinente pour certaines analyses, nous le préciserons par la suite.

Ces produits existent pour tous les niveaux scolaires et nous avons déjà eu l'occasion de les étudier à des niveaux très divers, du CM1 à la maîtrise de mathématiques. En particulier, lorsque nous parlerons ici d'élèves, cela signifiera toujours élèves ou étudiants ; les exemples de recherches qui seront présentés ici portent sur l'enseignement secondaire et l'enseignement supérieur.

Différentes raisons nous ont conduits à nous intéresser à ce type de produits.

Nous ne sommes pas *a priori* des tenants de la technologie plus ou moins nouvelle. Le premier constat que nous avons fait, c'est que ces produits existent et sont de plus en plus utilisés. On y a recours, par exemple, pour développer un soutien individualisé (c'est le cas du produit accessible via la MAIF et rue des écoles, appelé AIS). Notre objectif n'est pas de dire qu'il est plus profitable de travailler avec des produits comme ceux-là que de faire un enseignement traditionnel. Il ne s'agit pas non plus de comparer les produits, pour aboutir à des affirmations du type : tel produit est mieux que tel autre. Nous constatons simplement que ces produits existent et sont employés ; nous faisons l'hypothèse qu'ils ont nécessairement un impact sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. C'est pourquoi nous souhaitons nous pencher avec un regard didactique sur les conséquences de l'emploi de tels produits pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.

Par ailleurs, des conséquences positives de l'emploi de ces produits ont déjà été observées dans certaines recherches. Ruthven et Henessy (2002) ont 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 » (exerciseurs), qui sont des bases d'exercices, permettent un travail adapté au rythme de chaque élève, ainsi qu'un accroissement de la motivation de ces élèves. Précisons au passage que si les exerciseurs sont des bases d'exercices, certaines bases sont loin d'être de simples exerciseurs.

En outre, on connaît, grâce à de nombreux travaux, l'importance de l'activité de résolution de problèmes pour l'apprentissage des mathématiques. Il y a bien entendu les travaux de Schoenfeld (1985), mais aussi plus récemment, en ce qui concerne l'enseignement supérieur, ceux de Castela (2000, 2002). On peut formuler *a priori* l'hypothèse que l'emploi de bases d'exercices va permettre aux élèves de développer une activité de résolution de problèmes. En fait il s'agit d'une véritable question de recherche que nous avons étudiée (Cazes et al., 2005) ; mais cette hypothèse faisait au départ partie des raisons de notre intérêt pour ce type de produits.

1.2. Apports de travaux antérieurs

Trois types de travaux nous ont été particulièrement utiles.

- *Des travaux de recherche sur les TICE qui s'intéressent principalement à leurs usages.* C'est le cas de l'article de Ruthven et Henessy (2002) déjà cité. C'est aussi le cas du travail de Monaghan (2001) qui se penche sur le rôle de l'enseignant lors de séances TICE, en particulier avec un tableur. Il note des modifications sur lesquelles nous reviendrons dans la partie 3.
- *Des travaux sur l'emploi de ressources web.* La recherche CNCRE (Lagrange et al, 1998) ne relevait que peu de travaux de recherche sur ce thème. Nous supposons que leur nombre a explosé depuis. Nous ne disposons pas de chiffres précis, puisque de tels chiffres nécessiteraient un nouveau bilan ; mais tous les travaux que nous allons citer maintenant sont postérieurs à 1998. Certains travaux ne concernent pas les mathématiques. Ils sont souvent centrés sur la ressource, comme si le foisonnement de produits rendait urgente la classification. Dans cette catégorie, nous pouvons citer le travail de Hu, Trigano et Crozat (2001) que nous avons utilisé pour construire notre propre grille d'analyse. Pour les ressources plus spécifiquement mathématiques, Crowe et Zand (2000), et plus récemment Engelbrecht et Harding (2004) proposent eux aussi des classifications, évidemment plus précises puisque destinées à l'étude d'un moins grand nombre de produits. Les travaux qui ne se centrent pas sur la ressource sont rares. C'est le cas de celui de Bookman et Malone (2004), qui ont travaillé dans le cadre du

« connected curriculum project », qui rassemblait plusieurs universités des Etats-Unis. Ils ont observé très précisément des étudiants travaillant en binôme sur une ressource comportant des exercices, mais aussi un outil de calcul formel (Maple). Ils présentent donc des études de cas, mais aussi des axes de recherche potentiels : l'enseignant, l'activité des élèves, la ressource elle-même...

- *Des travaux portant directement sur les bases d'exercices en ligne.* C'est le cas de travaux que nous avons réalisés antérieurement au colloque ITEM lors duquel nous avons décidé la collaboration qui a mené entre autres à cette présentation. C'est aussi le cas de la recherche menée actuellement par l'IREM de Paris 7, dans le cadre d'un projet avec la région Ile de France dirigé par M. Artigue. Ce projet examine l'emploi de différents logiciels : Paraschool, Euler, Mathenpoche dans les lycées.

On peut observer que les travaux sur les bases d'exercices sont peu nombreux.

Lorsque nous évoquons ces produits, la question de leur apport pour l'enseignement nous est souvent posée, parfois sous la forme d'une comparaison avec les livres d'exercices (surtout au niveau de l'enseignement supérieur). Cette question n'est probablement pas posée quand il s'agit de logiciels de calcul formel ou de géométrie dynamique.

Comme nous l'avons écrit ci-dessus, nous ne nous intéressons pas à ces produits dans l'intention de défendre leur utilité, mais parce qu'il faut bien constater qu'ils existent et que leur emploi se répand. Nous faisons l'hypothèse que l'emploi de bases d'exercices est porteur de modifications d'ordre didactique spécifiques à ces produits, différentes des phénomènes observés lors de l'emploi de tableurs ou de calculatrices par exemple. En particulier, elles sont susceptibles de modifier le contrat didactique. En effet ces bases occupent une partie de la place généralement dévolue à l'enseignant, ce qui peut engendrer des conflits. Par ailleurs, une base d'exercices peut envoyer un feed-back « bonne réponse » à un élève qui a trouvé une réponse numérique correcte, mais qui n'a pas compris l'exercice. L'élève peut développer des stratégies d'évitement et se contenter de l'appréciation de la machine.

La question qui se pose ensuite est : a-t-on besoin d'un cadre théorique spécifique pour l'étude de ces bases d'exercices ? Est-ce que les cadres développés pour l'étude de l'emploi des TICE s'appliquent ici ? *A priori*, la modalité d'emploi d'une base d'exercices semble transparente. En fait il n'en n'est rien ; les pratiques des élèves, mais surtout celles de l'enseignant, évoluent avec le temps. Et on observe donc bien le double mouvement

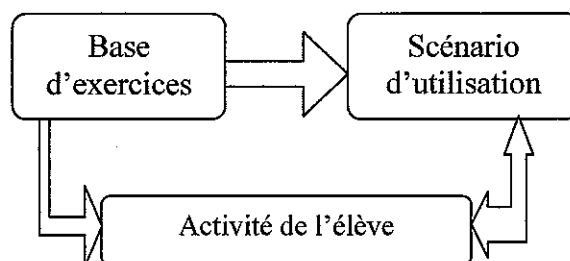
d'instrumentation/instrumentalisation, qui est particulièrement intéressant à analyser du côté de l'enseignant, c'est cette genèse instrumentale pour l'enseignant que nous avons l'intention d'étudier au sein du projet GUPTE⁵. Mais pour décrire cette genèse instrumentale dans le cas des bases d'exercices, il faut développer une approche spécifique. En particulier, la question du scénario d'usage de la base d'exercices nous paraît cruciale. C'est pourquoi nous avons développé des outils spécifiques de description et d'analyse que nous allons présenter maintenant.

1.3. Proposition d'un modèle et de grilles d'analyse

1.3.1. Le triangle Base-Activité-Scénario : un modèle de l'objet d'étude

Notre objet d'étude, comme nous l'avons dit ci-dessus, n'est pas réduit au type de ressources retenu ; il englobe la ressource, mais aussi la manière dont celle-ci est utilisée, et les effets qu'elle engendre. Nous proposons de représenter l'ensemble de la manière suivante :

Figure 1. Le triangle Base-Activité-Scénario



Dans ce schéma, les flèches signifient : « exerce une influence sur ». Pour étudier les phénomènes d'enseignement impliquant une base d'exercices, il faut d'abord naturellement prendre en compte ce produit. Ensuite il faut aussi tenir compte du scénario d'utilisation. Le scénario d'utilisation comporte le déroulement temporel de l'enseignement : combien de séances sur machine ? quelle proportion par rapport aux séances classiques ? quel lien avec les séances classiques ? quelle place dans l'évaluation. Mais aussi des éléments qui fixent l'activité *a priori* des élèves et de l'enseignant : quelles traces écrites les élèves doivent-ils

⁵ Genèses d'usages professionnels des technologies chez les enseignants, Projet ACI, responsable J.B. Lagrange

fournir ? y a-t-il des séances en autonomie prévues/possibles ? quels apports l'enseignant s'autorise-t-il à faire en séance machine ? ...

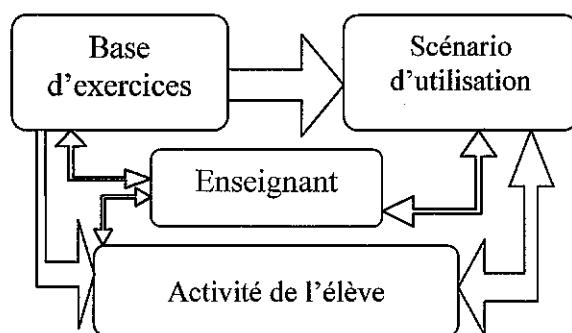
Le choix de la ressource conditionne évidemment le scénario retenu. Pour illustrer cela par une évidence, on peut dire par exemple qu'il serait délicat d'intégrer dans l'évaluation des élèves leur travail sur un logiciel qui ne garderait pas la mémoire de leurs actions.

La ressource et le scénario sont fixés *a priori*, même si le scénario peut être modifié dans la réalité de la classe.

L'activité réelle des élèves va bien entendu dépendre du produit retenu et du scénario mis en place. Mais l'observation de l'activité des élèves peut aussi conduire l'enseignant, ou le chercheur, à modifier le scénario choisi. Il y a donc bien une double flèche entre le scénario et l'activité des élèves.

L'enseignant ne fait pas partie de ce dispositif. En fait, il agit sur toutes ses composantes. Ainsi il peut parfois gérer certains paramètres de la ressource ; il peut participer au choix du scénario ; mais il fait aussi « partie » du scénario, puisque le scénario fixe son rôle *a priori*. Et bien entendu, lors des séances il interagit avec les élèves. De même, chaque élément du triangle est susceptible de modifier l'action de l'enseignant.

Figure 2. L'enseignant et le triangle Base-Activité- Scénario.



Ce modèle nous semble utile pour la formulation de questions de recherche, ainsi que pour l'analyse d'enseignements observés. Nous y avons adjoint deux grilles d'analyse : l'une pour la ressource, l'autre pour le scénario d'utilisation.

1.3.2. Grille d'analyse de la ressource

Quel que soit le questionnement retenu, une analyse de la ressource est nécessaire. Ici notre travail est très proche de celui effectué par le groupe TICE de l'IREM de Paris 7, qui a élaboré des grilles d'analyse de ce type de ressource. Nous avons suivi la même démarche : les grilles disponibles au départ ont été développées dans le cadre des EIAH (Hu, Trigano,

Crozat, 2001). Nous les avons adaptées pour prendre en compte des dimensions didactiques de l'emploi de ces produits.

Tableau 1. Grille d'analyse d'une base d'exercices en ligne.

Structure	Structure didactique	Public visé
		Organisation didactique
		Type de réponses, feed-back
		Notation
	Structure logicielle	Classification des exercices
		Interactivité cognitive
		Enregistrement de traces
Contenu	Connaissances mathématiques abordées	
	Types de tâches, environnement des exercices	

Nous avons considéré au départ deux axes principaux pour l'analyse d'une base d'exercices : d'une part la structure du produit, d'autre part son contenu. Evidemment il ne s'agit pas de deux axes indépendants l'un de l'autre. Par rapport à la grille utilisée par le groupe TICE de l'IREM de Paris 7, celle-ci n'intègre pas le « pôle informatique », qui comporte des éléments tels que la compatibilité avec différents systèmes d'exploitation... La raison de l'absence de cet axe dans nos travaux est sans doute la nature de notre questionnement. En effet nous n'avons pas de souci d'évaluation de logiciels, ni de questionnement sur les possibilités d'intégration de ces outils dans la classe.

Les rubriques mentionnées dans la partie « Contenu » nous semblent assez claires : il s'agit de faire l'analyse didactique du contenu mathématique. Cette analyse pourra prendre différentes formes, suivant l'échelle à laquelle on se place : si on étudie l'emploi de la base pour un thème précis, on va se demander quels sont les objectifs d'apprentissage, quelles sont les procédures qui peuvent être induites par les énoncés proposés, etc.

Pour la partie « Structure », nous allons nous appuyer sur l'exemple de Mathenpoche pour expliciter certaines des rubriques retenues.

Le problème n°1 ci-dessous (figure 3) est le premier d'un ensemble de cinq problèmes qui constituent un « exercice » de Mathenpoche Sixième (chapitre : proportionnalité ; série : pour aller plus loin). Ce problème comporte deux étapes : il faut d'abord mettre dans le

tableau les données de l'énoncé, puis calculer les données manquantes (et les mettre aussi dans le tableau).

Ici les valeurs numériques sont choisies de manière à ce que l'élève puisse utiliser la linéarité additive ou multiplicative pour répondre. Comme le titre de l'exercice l'indique, pour les cinq problèmes proposés, il s'agira de remplir les tableaux de cette manière, sans utiliser le coefficient.

Figure 3 : Exemple d'un écran Mathenpoche

Exercices : **1** **2**

Exercice n°1 : Compléter un tableau (sans utiliser les coefficients)

Problème N°1 :
Etape 1 : Recopie les quatre données numériques du problème dans le tableau de proportionnalité.

Il a fait 3 tours en 7 minutes.

- Combien fera-t-il de tours en 14 minutes ?
 - Combien de minutes lui faudra-t-il pour faire 12 tours ?

Une calculatrice est à ta disposition.

Nombre de tours			
Durée en min			

Valider

Mon score :

5 questions. 6N6s3ex1

Structure didactique :

- Type de réponses : réponses numériques.
- Feed-back : « bonne réponse » si c'est juste , « faux, tu as encore un essai » lors d'une première erreur, avec apparition de l'icône « aide » ; « encore faux, regarde bien l'aide » avec la bonne réponse et l'écran d'aide ouvert lors d'une deuxième erreur. En fin d'exercice, on suggère aux élèves de refaire le même exercice s'ils ont fait plus d'une erreur.
- Notation : chaque exercice comporte 5 ou 10 problèmes. Le score (sur 5 ou 10) est très apparent.
- Organisation didactique : l'idée étant que les élèves recommencent les exercices pour améliorer leur score, les énoncés comportent des valeurs numériques aléatoires.

Comme on le voit, les trois types de caractéristiques du logiciel sont très liées. Elles ont de plus une conséquence sur la formulation même des énoncés : ceux-ci évitent les contextes

trop concrets, pour ne pas risquer d'obtenir des jeux de valeurs qui ne seraient pas plausibles.

Ceci conduit à une question portant sur les apprentissages réalisés : quelles peuvent être les conséquences, pour les élèves, d'un travail centré sur des exercices aussi abstraits ? Bien entendu, pour répondre à une telle question, il faut prendre en compte la place attribuée à ces exercices par le scénario d'utilisation.

Par ailleurs, le choix fait par les auteurs de la répétition comme moteur des apprentissages mérite lui aussi d'être questionné. Les enseignements traditionnels proposent-ils trop d'exercices « nouveaux », les élèves n'ont-ils pas le temps de pratiquer les techniques apprises sur des exercices proches ? Est-ce que le travail sur des bases d'exercices en ligne donne l'occasion de ce travail de la technique ? C'est une question qui prendra un relief particulier lors des études portant sur l'enseignement supérieur.

1.3.3. Grille d'analyse du scénario d'utilisation

Pour caractériser et analyser un scénario d'utilisation, nous avons retenu trois dimensions : l'organisation, l'enseignant et les élèves. La grille peut être appliquée au scénario *a priori*, ou à un déroulement effectivement observé.

Tableau 2. Grille d'analyse d'un scénario d'utilisation.

Organisation : séances machine / séances classiques.	Répartition
	Contenu mathématique
	Nature des séances sans ordinateurs
	Articulation entre séances machine et autres séances
	Rôle de l'ordinateur dans l'évaluation.
Enseignant	Rôle dans le choix de scénario
	Rôle pendant les séances machine
	Rôle pendant les autres séances
	Emploi des suivis informatiques
Elèves	Traces écrites attendues en séance machine
	Travail seul / en binôme / en groupe en séance machine
	Travail sur l'ordinateur en dehors des séances

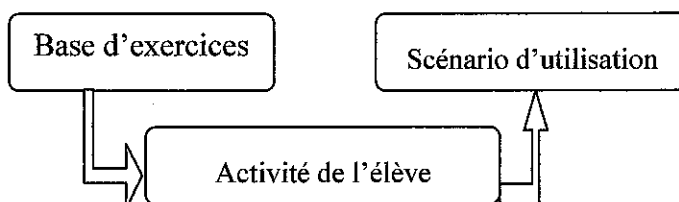
Nous n'allons pas ici commenter cette grille que l'on verra fonctionner sur des exemples donnés dans les parties suivantes.

1.4. Questionnement

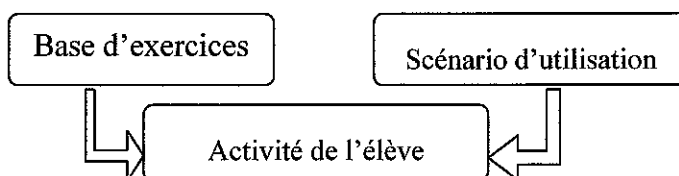
Différents types de questions de recherche peuvent être étudiés, correspondant à différents extraits du modèle complet. Nous allons citer ici l'exemple de trois questions :

- Pour un logiciel donné, à quel(s) choix de scénario conduit l'observation de l'activité des élèves ?

Ce qui peut être représenté dans le modèle par le schéma suivant :



- Quelle est l'activité réelle des élèves en fonction du type de tâche et du scénario ?



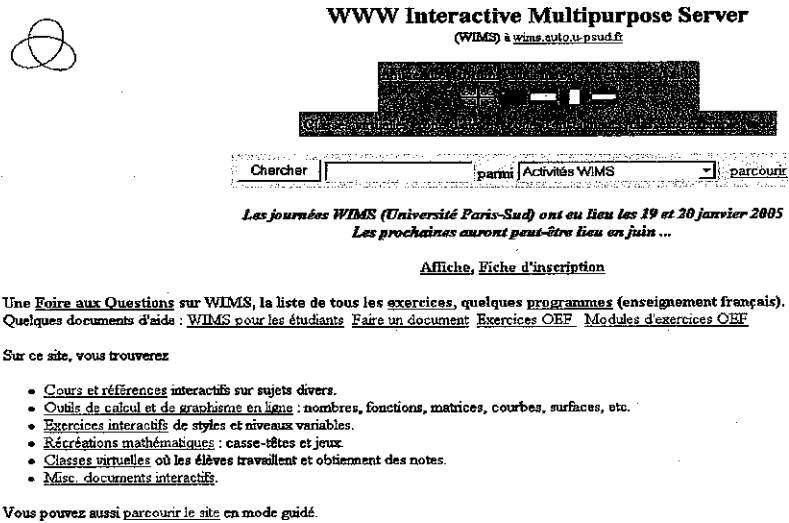
- Quels nouveaux rôles pour l'enseignant ?

Nous avons entamé l'étude de la première question, plus précisément en la formulant de la manière suivante : pour un type d'activité souhaitée des élèves, en l'occurrence activité de « résolution de problèmes », et pour un logiciel donné (qu'on ne peut pas modifier), comment choisir au mieux le scénario ? Nous avons en fait entrepris un travail systématique d'articulation des caractéristiques du scénario et de celles de la ressource (décrites par les grilles correspondantes). Nous allons maintenant entrer dans le détail des deux questions suivantes avec une étude de l'activité réelle des étudiants dans la partie 2 et une réflexion sur les nouveaux rôles de l'enseignant dans la partie 3.

2. Les activités des élèves

Dans cette partie, la base d'exercice utilisée est Wims (<http://wims.unice.fr/wims>). Il s'agit d'un serveur d'exercices interactifs, développé à l'initiative individuelle de XIAO Gang et d'usage libre. Le site originel se situe à l'Université de Nice mais plusieurs sites miroirs existent maintenant dont en France celui de l'Université d'Orsay. Voici sa page d'accueil :

Figure 4 . Page d'accueil du serveur Wims d'Orsay



Nous cherchons des informations sur l'activité réelle d'étudiants de premier cycle universitaire lorsqu'ils travaillent sur une telle base d'exercices et des cohérences entre les tâches, le scénario proposé par l'enseignant et l'activité réelle des étudiants. Dans un premier temps, nous décrivons la base d'exercice Wims et le scénario d'utilisation dans nos expérimentations à l'aide des grilles définies dans la partie 1. Nous décrivons ensuite les données qui sont recueillies à partir du travail des étudiants sur la base d'exercices Wims puis nous donnons des résultats d'analyse de ces données en fonction des types de tâches.

2.1. La base d'exercices Wims

Les fonctionnalités de cette base d'exercices sont résumées dans la grille d'analyse donnée page suivante.

Tableau 3. Analyse de la base d'exercices Wims

Structure didactique	Public visé : tous les niveaux scolaires, avec un enseignant.
	Organisation didactique : accès libre par thème ou bien feuilles de TD-Wims préparées par l'enseignant dans une classe virtuelle. Les exercices sont programmés et donc à variables aléatoires (parfois la forme des questions change).
	Type de réponses, feed-back : brèves expressions algébriques, valeurs numériques, QCM. Wims annonce "juste" ou "faux" mais ne donne pas en général la méthode pour obtenir la bonne réponse.
	Notation : note entre 0 et 10 à chaque essai ; l'élève peut faire plusieurs fois chaque exercice pour augmenter sa note mais a aussi la possibilité sur les feuilles de TD-Wims de s'entraîner "à blanc".
Structure logicielle	Classification des exercices : par thèmes et par niveaux scolaires.
	Interactivité cognitive : Wims donne pour chaque essai "juste" ou "faux" et note les élèves entre 0 et 10.
	Enregistrement de traces : journaux de traces des activités de chaque élève lorsqu'ils sont dans une classe virtuelle.
Contenu	Connaissances mathématiques abordées : tous les thèmes du primaire à l'enseignement supérieur.
	Types de tâches : beaucoup d'exercices techniques mais aussi de véritables problèmes qu'il est possible de construire en regroupant plusieurs exercices techniques sous un seul.
	Environnement des exercices : selon les exercices, quelques documents de cours accessibles, surtout des outils graphiques, calculatrices numériques, fonctionnelles... quelques rares aides pour quelques exercices

Dans les deux expérimentations que nous allons considérer, les étudiants travaillent sur Wims dans une classe virtuelle. Chaque étudiant possède un identifiant et un mot de passe ; toute son activité sur le serveur Wims est enregistrée. L'enseignant propose des feuilles de travaux dirigés (TD-Wims) qu'il élabore en choisissant et en organisant des exercices de la base Wims. L'enseignant peut ensuite recueillir la moyenne de chacun des étudiants pour chaque exercice, pour chaque feuille de TD-Wims ou pour l'ensemble des feuilles de TD-

Wims. Voici un exercice de la feuille *Révisions sur les fonctions numériques* proposée dans l'une des expérimentations.

Figure 5. Un énoncé de l'exercice *Cercle-Tour-Triangle*

Cercle

Exercice. Nous avons un cercle dont le rayon augmente à une vitesse constante de 6 centimètres par seconde. A l'instant où le rayon égale 24 centimètres, quelle est la vitesse d'augmentation de son aire (en cm^2/s) ?

Entrez votre réponse :

Vitesse d'aire =

[Renouveler l'exercice.](#)

Outils en ligne utiles : [Calculatrice de fonction](#) (disponible dans une autre fenêtre de votre navigateur)

Cet exercice prend en fait trois formes aléatoirement : *cercle*, *tour* ou *triangle*, elles-mêmes étant aléatoires au niveau des valeurs numériques. Dans sa forme *tour*, un énoncé aléatoire est du type : *Quelqu'un marche vers une tour à une vitesse constante de 1.8 mètres par seconde. Si la hauteur de la tour est de 150 mètres, à quelle vitesse (en m/s) la distance entre l'homme et le sommet de la tour diminue quand la distance entre l'homme et le pied de la tour est de 173 mètres ?* Dans sa forme *triangle*, un énoncé aléatoire est : *Nous avons un triangle rectangle en A comme suit, où $AB=54\text{cm}$ et AC augmente à une vitesse constante de 5cm/s . Au moment où $AC=27\text{cm}$, quelle est la vitesse du changement de BC (en cm/s) ?* (énoncé donné avec une représentation schématique d'un triangle rectangle ABC). Lorsqu'un étudiant renouvelle l'exercice, il se voit proposer aléatoirement l'une des trois formes. Ceci étant, les étudiants ont la liberté d'activer ou de suspendre l'enregistrement de leurs notes. Ils peuvent donc s'entraîner "à blanc" sur l'exercice. Lorsqu'ils se sentent prêts, ils peuvent activer l'enregistrement de leurs notes pour que celles-ci soient prises en compte dans leur moyenne.

2.2. Les deux expérimentations Wims, scénarii d'utilisation de la base d'exercices

Chacune des deux expérimentations étudiées ici correspond à une année différente d'une unique expérimentation autour des fonctions numériques à l'Université d'Evry Val

d'Essonne (une autre expérimentation autour des fonctions de 2 variables se déroule à l'Université d'Orsay mais nous n'en parlerons pas ici). Les étudiants travaillent seuls dans l'expérimentation EVRY 2004 (23 étudiants) mais en binômes dans l'expérimentation EVRY 2003 (18 binômes). Ils travaillent essentiellement en présence de leur enseignant dans le cadre de séances de TD-Wims à l'université. Ils ont cependant la possibilité de travailler en salle libre service ou chez eux, le serveur Wims étant en ligne. Dans les deux expérimentations, les notes fournies par le logiciel Wims aux étudiants (ou aux binômes) interviennent dans le contrôle continu pour la validation d'un module de mathématiques mais les étudiants n'ont pas la possibilité d'activer l'enregistrement de leurs notes lorsqu'ils sont en libre service ou chez eux ; ils ne peuvent que s'entraîner « à blanc ». Nous reprenons ces informations dans la grille d'analyse du scénario :

Tableau 4. Analyse du scénario d'utilisation de Wims dans les 2 expérimentations

Organisation : séances machine / séances classiques.	Répartition : 1 séance de TD-Wims d'1h30 et 2 séances de TD classique d'1h30 par semaine.
	Contenu mathématique : analyse réelle et en particulier les fonctions numériques sur la première feuille de TD-Wims.
	Nature des séances sans ordinateur : séances de TD traditionnelles
	Articulation entre séances machine et autres séances : les séances machine se font après les TD, y compris la première feuille qui est une feuille de révisions.
	Rôle de l'ordinateur dans l'évaluation : les notes fournies par Wims comptent comme contrôle continu.
Enseignant	Rôle dans le choix de scénario : il organise les feuilles de TD-Wims en collationnant et/ou en regroupant des exercices de la base Wims. Il peut aussi en fabriquer lui-même.
	Rôle pendant les séances machine : il fournit des aides individuelles aux étudiants ou aux binômes, sur demande.
Elèves	Traces écrites attendues en séance machine : aucune.
	Travail individuel pour EVRY 2004, en binôme pour EVRY 2003.
	Travail sur l'ordinateur en dehors des séances : les étudiants peuvent s'entraîner "à blanc" sur les exercices en salle libre service ou chez eux.

2.3. Données disponibles

Les données disponibles avec Wims sont de deux types : des données brutes individuelles sur le parcours de chaque étudiant fournies par le serveur Wims (journaux de traces) et des données traitées par étudiant et par exercice, obtenues en important les données brutes dans des fichiers Excel. Voyons successivement ces deux types de données.

2.3.1. Les journaux de traces de l'activité des étudiants

Voici un extrait d'un journal de traces de l'activité de l'un des étudiants de l'expérimentation EVRY 2004. L'étudiant travaille ici le 10 mars 2004, de 13h43 à 14h04 sur un exercice de la deuxième feuille de TD-Wims.

Tableau 5. Extrait d'un journal de traces de l'activité d'un étudiant

Date	Heure	Feuille	Exercice	Etat	Score	Etat d'enregistrement
10/03/2004	13:43:18	2	2	new		noscore
10/03/2004	13:49:56	2	2	score	5	noscore
10/03/2004	13:52:25	2	2	renew		noscore
10/03/2004	13:56:25	2	2	renew		noscore
10/03/2004	13:58:33	2	2	score	5	noscore
10/03/2004	13:58:55	2	2	renew		noscore
10/03/2004	14:00:16	2	2	score	10	noscore
10/03/2004	14:00:32	2	2	renew		noscore
10/03/2004	14:02:11	2	2	score	10	noscore
10/03/2004	14:03:53	2	2	renew		
10/03/2004	14:04:48	2	2	score	10	

Dans la colonne *état*, la mention *new* (ou *renew*) signifie que l'étudiant lance (ou renouvelle) l'exercice. La mention *score* signifie qu'il soumet une réponse au logiciel. La note donnée par Wims est alors inscrite dans la colonne *Score*. L'état d'enregistrement *noscore* signifie que l'étudiant n'a pas activé l'enregistrement et donc qu'il s'entraîne « à blanc » sur l'exercice. Ainsi, à 14h03 (avant dernière ligne), l'étudiant active l'enregistrement des scores, renouvelle l'exercice 2 sur lequel il s'entraînait depuis 13h43 et obtient la note de 10, seule note qui va contribuer à sa moyenne comptabilisée sur l'exercice.

2.3.2. Les données traitées

Pour chaque étudiant et chaque exercice, nous obtenons dans un premier temps les données traitées suivantes :

Tableau 6. Données traitées pour un binôme sur l'exercice *Cercle Tour Triangle*

00:40:13	temps total passé sur l'exercice
00:04:45	durée de la première rencontre
00:27:03	temps pour avoir la note maximale de 10
26	nombre de new
10	nombre de scores
40	total des notes
4	moyenne des notes
10	total des trois premières notes
3,33333333	moyenne des trois premières notes
0	total des trois dernières notes
0	moyenne des trois dernières notes

Il s'agit des données traitées de l'un des 18 binômes d'étudiants de l'expérimentation EVRY 2003 sur l'exercice *Cercle-Tour-Triangle*. La durée de la première rencontre est le temps passé par le binôme pour soumettre son premier résultat sur l'exercice (temps entre le premier *new* et le premier *score*). Le temps pour avoir la note maximale de 10 sur 10 est le temps entre le premier *new* et le premier *score* 10 s'il existe. Ensuite viennent le nombre de *new*, c'est-à-dire le nombre de fois où l'exercice est exécuté (activités comptabilisées ou non) et le nombre de *score*, toujours inférieur, qui est le nombre de fois où une réponse est proposée. Enfin viennent des informations sur le nombre de points de l'étudiant à l'exercice et les moyennes. Le recueil dans chaque expérimentation des données traitées pour chaque étudiant et chaque exercice permet d'obtenir des données traitées globales relatives à chaque exercice :

Tableau 7. Données traitées globales pour l'exercice *Cercle Tour Triangle*

nombre de binômes	18	13:23:04	temps total de travail des binômes sur l'exercice
	18	00:44:37	temps de travail moyen par binôme
	18	00:10:22	durée moyenne de la première rencontre
	18	00:26:27	temps moyen pour avoir 10/10
	18	328	nombre total de new
	18	186	nombre total de scores
	18	870	total des notes des binômes
	18	5,55905097	moyenne des notes des binômes
	13	120	total des trois premières notes
	13	3,07692308	moyenne des trois premières notes
	13	240	total des trois dernières notes
	13	6,15384615	moyenne des trois dernières notes

Il s'agit des données traitées globales pour l'expérimentation d'EVERY 2003 sur l'exercice *Cercle-Tour-Triangle*. Les données traitées globales permettent de recueillir dans la troisième colonne (grisée) des moyennes et des totaux pour chaque exercice à partir des données individuelles des binômes ayant travaillé dans la classe virtuelle. La deuxième colonne donne le nombre de binômes sur la base duquel est calculé le total ou la moyenne de la ligne correspondante. Dans cet exemple, 18 binômes ont travaillé l'exercice mais seulement 13 d'entre eux ont obtenu plus de 3 notes. La cinquième ligne est le nombre de *new* relevés pour l'ensemble des 18 binômes de l'expérimentation. Dans cet exemple, l'exercice a été exécuté 328 fois, soit plus de 18 fois en moyenne par binômes. La sixième ligne est le nombre total de *score* relevés. Sur les 328 exécutions, seules 186 ont abouti à la soumission d'un résultat. La septième ligne est le total des points recueillis. Avec ces données traitées, il est facile d'être objectif et de retrouver les résultats des travaux antérieurs évoqués dans la partie 1 : forte activité des étudiants, rythme et parcours respectés.

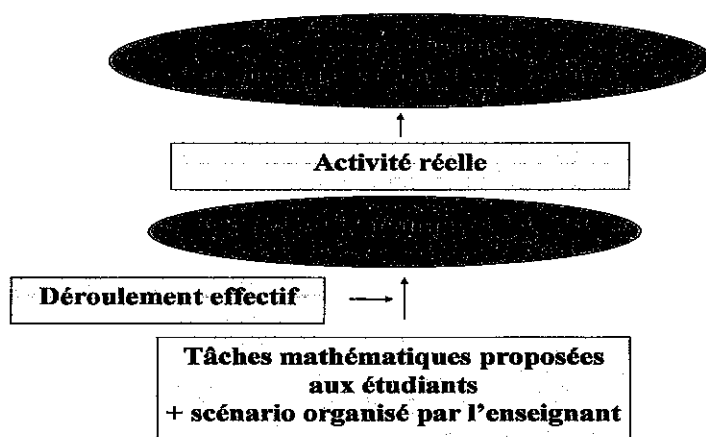
2.4. Eléments pour une analyse didactique

Précisons tout d'abord ce que nous entendons par activité des étudiants et pourquoi cette activité est au centre de nos problématiques. Nous entendons par activité tout ce que disent, font ou pensent les étudiants pendant, avant ou après leurs actions. C'est-à-dire que nous ne nous limitons pas aux activités observables. Dans Robert et Rogalski M. (2002) sont mis en évidence des facteurs qui dépendent de l'enseignant et qui peuvent avoir des effets sur les activités des étudiants. Il s'agit du scénario de la séance (choix des contenus enseignés et gestion globale prévue), des tâches prescrites aux étudiants (énoncés d'exercices ou questions d'énoncés) et du déroulement proprement dit (gestion *in vivo* dans la classe, forme de travail effective des étudiants, temps accordé pour la recherche...).

Nous proposons donc de représenter la situation par le schéma général ci-dessous. Ce que nous cherchons à comprendre est l'apprentissage des étudiants, lié pour nous à la conceptualisation et à l'organisation de connaissances mathématiques. Nous essayons de l'approcher par l'étude de l'activité mathématique des étudiants. Une partie de cette activité est observable (traces écrites, orales, journaux de traces sur l'ordinateur) et l'autre partie peut être inférée (reconstituée) en fonction du scénario organisé par l'enseignant, des tâches mathématiques prescrites aux étudiants et du déroulement effectif de la séance. Dans ce schéma, l'utilisation de la base d'exercices Wims intervient comme un scénario global dont

nous avons donné les caractéristiques au paragraphe 2.2 et les feuilles de TD-Wims organisées par l'enseignant pour un thème donné (dans nos expérimentations les fonctions numériques) comme un scénario local autour d'une connaissance mathématique.

Figure 6. Schéma du cadre théorique pour l'analyse de l'activité des étudiants



Pour les analyses de tâches en mathématiques, nous retenons la nature et le type des mises en fonctionnement de connaissances en jeu. Dans Robert (1998) sont proposés des outils précis pour mener à bien les analyses de tâches en lien avec les activités attendues chez les étudiants.

- Quelles sont les connaissances à utiliser ? Y a-t-il un mélange de plusieurs connaissances (nouvelles) à utiliser ensemble ? Ces connaissances mises en jeu doivent-elles être disponibles pour les étudiants (i.e. ils doivent d'abord les reconnaître avant de les utiliser) ou bien sont-elles explicitées par l'énoncé ?
- Les mises en fonctionnement proprement dites sont-elles des applications immédiates, c'est-à-dire des contextualisations immédiates de connaissances appelées explicitement par l'énoncé ? Y a-t-il au contraire des adaptations à apporter : reconnaissance des modalités d'utilisation de la ou des connaissances, introduction d'intermédiaires, de notations, d'inconnues ou changements de cadre, de registres ?

Suivant Robert (1998), une tâche mathématique, relativement à un niveau scolaire donné, sera qualifiée de « riche » lorsqu'elle mettra en jeu une ou plusieurs connaissances dans une mise en fonctionnement qui nécessite une certaine disponibilité de ces connaissances et qui dépasse les applications immédiates (existence d'adaptations de ces connaissances).

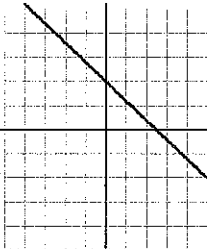
2.5. Activité réelle sur des exercices d'application immédiate de connaissances

Voici l'un des exercices de l'expérimentation EVRY 2004 où il s'agit de mettre en correspondance le mouvement d'une droite affine avec la variation de son coefficient directeur, de son ordonnée à l'origine ou des deux.

Figure 7. Un énoncé de l'exercice droite animée (remarque : la droite est en mouvement)

Droite animée

Exercice. Voici une droite animée d'équation $y = ax + b$. Qu'est-ce qui varie : le coefficient directeur a , l'ordonnée à l'origine b ou les deux ?



Entrez votre réponse :

- ☐ le coefficient directeur et l'ordonnée à l'origine
- ☐ uniquement l'ordonnée à l'origine
- ☐ uniquement le coefficient directeur
- ☐ je n'ai aucune idée

[Envoyer la réponse](#)

Pour des étudiants de première année d'université, cet exercice ne met en jeu que des connaissances très anciennes de la classe de troisième sur les droites affines. L'adaptation de connaissance due au changement de cadre (les données sont dans le cadre graphique alors que la réponse est demandée dans le cadre algébrique) ne peut donc pas être retenue *a priori* et nous considérons qu'il s'agit d'un exercice d'application immédiate de connaissances sur les droites affines (activité inférée). Les données traitées pour cet exercice montrent cependant que les temps moyens à la première rencontre et pour obtenir la note maximale de 10 sont relativement longs.

Tableau 8. Données traitées globales pour l'exercice *Droite animée*

nombre d'étudiants	23	00:06:11	temps moyen par étudiant
	23	00:00:50	durée moyenne de la première rencontre
	22	00:01:19	temps moyen pour avoir 10
	23	474	nombre de new
	23	462	nombre de scores
	23	8,19264225	moyenne des notes par étudiant
	14	5,71428571	moyenne des trois premières notes
	14	8,33333333	moyenne des trois dernières notes

En général, sur de tels exercices d'application immédiate, des signes d'un apprentissage éventuel sont visibles : la quasi-totalité des étudiants réussissent, la moyenne générale des étudiants est bonne et la moyenne des trois dernières notes est sensiblement supérieure à celle des trois premières. Une étude plus détaillée des fichiers de traces montre même que l'augmentation des notes des étudiants est linéaire jusqu'à la note maximale de 10. Même si la portée didactique de ces exercices est limitée, les étudiants travaillent relativement longtemps (plus de 6 minutes en moyenne dans cet exemple et 14 étudiants qui effectuent l'exercice plus de trois fois). Comme ces exercices sont souvent considérés comme fastidieux par l'enseignant, ils ne sont pas toujours traités en TD classiques et quand ils le sont, le rythme individuel des étudiants est plus difficilement respecté. Ceci justifie l'usage de la base d'exercices pour le travail sur ces exercices.

L'étude montre cependant que certains étudiants refont sans cesse ces exercices simples plutôt que d'affronter les exercices difficiles : il semble qu'ils veuillent absolument approcher la moyenne de 10 sur 10, quitte à refaire sans arrêt les mêmes tâches. Il y a parfois de longues séries de scores 10 dans les journaux de traces. Voici par exemple des données traitées pour cinq des étudiants de l'expérimentation EVRY 2004 sur l'exercice *Droite animée* : leur total des notes est pour tous les cinq supérieur à 200.

Tableau 9. Extrait de données traitées pour 5 étudiants sur l'exercice *Droite animée*

00:07:00	00:10:50	00:18:20	00:20:51	00:36:38	temps total passé sur l'exercice
24	41	48	69	186	nombre de scores
220	360	390	610	1550	total des notes
9,16666667	8,7804878	8,125	8,84057971	8,33333333	moyenne des notes
3,33333333	3,33333333	3,33333333	3,33333333	6,66666667	moyenne des trois premières notes
10	10	10	10	10	moyenne des trois dernières notes

2.6. Activité réelle sur des tâches « riches » : influence du scénario

Pour l'analyse du scénario d'utilisation de Wims, nous avons utilisé la grille décrite plus haut. Pour le scénario au niveau plus local (enchaînement des tâches mathématiques), nous cherchons encore des outils précis d'analyse. Nous essayons cependant de montrer comment, dans un même scénario global d'utilisation de Wims (excepté le fait que les étudiants travaillent en binôme pour l'expérimentation EVERY 2003 et seuls pour EVERY 2004), le scénario local autour d'un exercice influence l'activité réelle des étudiants. Ces résultats devront cependant être pris avec précautions d'une part car nous n'avons pas, dans ces deux expérimentations, d'informations sur le déroulement effectif des séances de TD-Wims. D'autre part, ces résultats supposent les hypothèses peu probables que les étudiants sont équivalents d'une année à l'autre et que le travail en binôme n'influe pas.

2.6.1. *Activité inférée sur l'exercice Cercle-Tour-Triangle*

La recherche de tâches mathématiques « riches » au sens du paragraphe 2.4 justifie le choix de proposer aux étudiants dans l'expérimentation EVERY 2003 l'exercice *Cercle-Tour-Triangle*. Les étudiants doivent y adapter leurs connaissances sur les fonctions numériques en les utilisant comme outil pour traduire les trois situations en équations fonctionnelles. Ils doivent ensuite reconnaître et adapter à chaque situation leurs connaissances sur les compositions de fonctions $a(t) = \pi r^2(t)$, $D^2(t) = d^2(t) + h$ ou $BC^2(t) = AC^2(t) + AB$ au moment où ils dérivent. La tâche mathématique dans cet exercice qui prend, rappelons le, aléatoirement l'une des trois formes *Cercle-Tour-Triangle*, peut sans nul doute être qualifiée de « riche » au sens du paragraphe précédent. Nous pensons donc que cet exercice favorise l'activité liée à la conceptualisation des connaissances sur la dérivation des composées de fonctions.

2.6.2. *Lorsque Cercle, Tour, Triangle sont donnés aléatoirement*

Les données traitées données dans le paragraphe 2.3.2 (tableau 6) montrent que le binôme d'étudiants renouvelle 26 fois l'exercice *Cercle-Tour-Triangle* mais ne soumet que 10 fois une réponse. En outre, il obtient 4 fois une bonne réponse puisque son total des points est 40. Le point plus significatif est que sa moyenne des trois dernières notes est nulle, c'est-à-dire que ce binôme termine l'exercice en état d'échec. Ces données traduisent le fait que le binôme n'a pas pu reconnaître la connaissance commune à mettre en fonctionnement dans les trois exercices pour stabiliser sa note de 10. Certainement a-t-il réussi à obtenir ses 10

sur l'un des énoncés mais n'a-t-il pas pu transférer aux autres énoncés. Ce binôme n'est pas un cas particulier et les données traitées globales (tableau 7) montrent que la moyenne aux trois dernières notes, pour les 13 binômes qui ont fait plus de trois fois l'exercice, n'est pas très élevée.

2.6.3. Lorsque Cercle, Tour, Triangle sont donnés successivement

Dans l'expérimentation EVRY 2004, les étudiants travaillent maintenant sur les trois exercices *Cercle*, *Tour* et *Triangle* les uns à la suite des autres. L'analyse *a priori* des tâches et de ce scénario permet d'inférer que l'enchaînement des trois exercices va avoir une influence sur l'activité des étudiants à chacun des exercices. En effet, la connaissance principale à mettre en fonctionnement dans l'exercice *Cercle* est la même que celle qu'il faut mettre en fonctionnement dans les exercices *Tour* et *Triangle*. En outre l'exercice *Triangle* est une version simplifiée de l'exercice *Tour*. Cette analyse *a priori* invite à inférer une augmentation de la rentabilité des étudiants dans l'exécution des trois exercices à la suite. Nous donnons l'activité réelle des 6 étudiants qui ont réussi les trois exercices.

Tableau 10. Données traitées globales pour les exercices *Cercle*, *Tour* et *Triangle*

<i>Cercle</i>		<i>Tour</i>		<i>Triangle</i>	
6	02:19:34	6	02:41:32	6	01:43:09
6	00:23:16	6	00:26:55	6	00:17:12
6	00:03:59	6	00:07:42	6	00:05:17
6	00:18:14	6	00:24:25	6	00:09:30
6	68	6	57	6	54
6	52	6	41	6	47
6	338	6	226	6	330
6	6,27991453	6	6,10037879	6	6,72705314
				temps total sur l'exercice	
				temps moyen par étudiant	
				durée moyenne de la première rencontre	
				temps moyen pour avoir 10	
				nombre de new	
				nombre de scores	
				total des notes	
				moyenne des notes par étudiant	

L'analyse de cette activité réelle fait apparaître qu'il n'y a pas du tout de gain de rentabilité entre l'exercice *Cercle* et l'exercice *Tour* : les étudiants travaillent autant sur le deuxième exercice que sur le premier pour un total de points inférieur. Plus précisément, ils mettent sensiblement plus de temps à la première rencontre et plus de temps pour obtenir la note maximale de 10. Cela signifie que l'exercice *Tour* présente par rapport à l'exercice *Cercle* des adaptations de connaissances plus fines et qu'il convient de revenir sur l'analyse *a priori* des tâches pour comprendre pourquoi les étudiants ne profitent pas du travail sur le *Cercle* en abordant la *Tour*. Il y a plusieurs adaptations supplémentaires. D'abord, les étudiants doivent mobiliser le théorème de Pythagore sans indice alors que dans l'exercice

Cercle, l'usage de la formule donnant l'aire est naturelle. Il y a là une question de disponibilité des connaissances. Ensuite, la dérivation de $D^2(t) = d^2(t) + h$ n'est pas aussi simple que celle de $a(t) = \pi r^2(t)$.

Le passage de la *Tour* au *Triangle* est plus cohérent avec l'analyse *a priori* qui met en évidence que le *Triangle* est une version simplifiée de la *Tour* : le rendement est sensiblement meilleur, le rapport entre le nombre de « new » et le nombre de « score » qui traduit l'effet « zapping » est plus faible tandis que les temps à la première rencontre et pour avoir 10 diminuent.

La mise en relation des données traitées globales des expérimentations EVRY 2003 et EVRY 2004 fait apparaître les moyennes des notes sensiblement plus élevées à chacun des exercices *Cercle* puis *Tour* puis *Triangle* en 2004 par rapport à l'exercice *Cercle-Tour-Triangle* de l'expérimentation EVRY 2003 (5,56 au tableau 7). Cela prouve à nouveau que l'activité de conceptualisation visée en 2003 n'est pas réalisée réellement. Il y a trop d'adaptations d'une version à une autre de l'exercice. Les étudiants ne mettent pas en relation les trois énoncés, ce qui se voit clairement aussi en 2004 dans le passage *Cercle Tour*. Ceci étant, le choix du scénario associé à ces trois énoncés dépend de l'enseignant et de ses objectifs dans sa progression. Il y a pour lui une réelle réflexion à mener lors de son organisation du scénario.

Par ailleurs, comme nous l'avons déjà précisé, ces résultats sont obtenus sans que nous disposions d'observations directes qui pourraient nous renseigner sur le travail réel des élèves et aussi sur le rôle du professeur lors des séances machine. La partie suivante va nous éclairer sur ce dernier point.

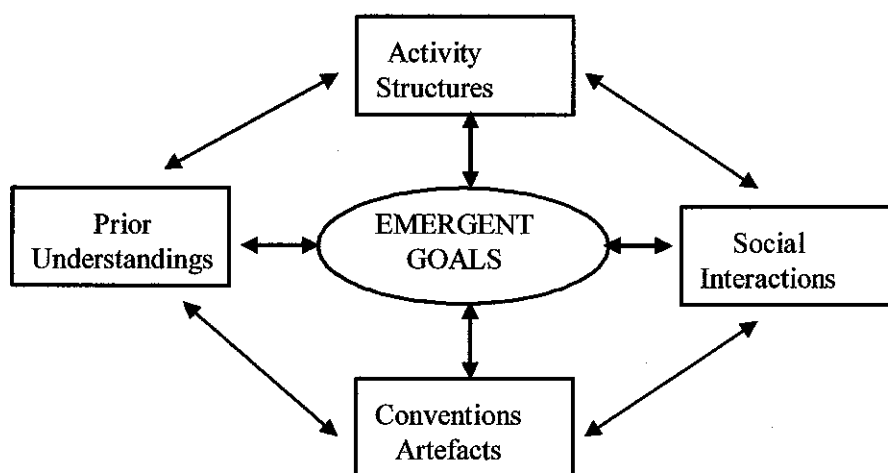
3. L'enseignant utilisant les bases d'exercices

Dans quelle mesure l'utilisation des bases d'exercices modifie-t-elle le rôle de l'enseignant ? Voilà la question générale que nous abordons dans cette partie. Pour y répondre de manière argumentée nous nous appuierons sur un modèle général repris dans les travaux concernant l'activité de l'enseignant et l'usage des TICE et nous l'appliquerons ensuite à deux exemples précis relevant de l'usage de bases d'exercices, le premier en lycée et le second en première année universitaire.

3.1. Le modèle de GB Saxe

Ce modèle est utilisé récemment par Monaghan (Monaghan, 2004) pour analyser les pratiques d'enseignant utilisant les TICE. Il est adapté d'un travail Saxe cherchant à mettre en perspective l'utilisation d'un artefact dans une tâche mathématique, les échanges sociaux afférant et le bagage culturel personnel du sujet étudié. Voici le modèle.

Figure 8. Modèle de Saxe (extrait de Monaghan 2005)



Dans ce modèle, le sujet étudié est l'enseignant. Il se présente avec un certain nombre de prénotions (prior understanding) devant la situation considérée qui est l'usage des TICE en classe de mathématiques. Ces prénotions concernent, entre autres, les mathématiques, les TICE, la pédagogie. Elles sont constituées de savoirs mais aussi de pratiques, d'opinions ou même de préjugés. La situation est étudiée sous trois aspects : l'artefact et ses conventions d'utilisation, l'organisation des activités et les interactions sociales. Dans notre cas, l'artefact est la base d'exercices, les conventions d'utilisations sont simplement que les étudiants « jouent le jeu » en essayant de répondre aux exercices posés. L'organisation des activités correspond à ce que nous avons défini comme le scénario dans la première partie et les interactions sociales sont les échanges entre étudiants et entre enseignant et étudiants. Les prénotions interagissent avec la situation décrite sous les trois aspects et produisent des buts émergents. Ces buts ne sont pas forcément souhaités au départ par le sujet ou par qui que ce soit, ils sont le résultat de l'activité sur le sujet.

Nous considérons que ce modèle est intéressant parce qu'il permet de se centrer sur l'enseignant en prenant en compte à la fois « l'état initial du sujet » et les différents aspects techniques, sociaux et cognitifs de la situation. Or, nous savons qu'en situation d'utilisation

des TICE ces trois aspects sont étroitement liés d'une part et que d'autre part la manière dont l'enseignant va réagir est très dépendante de son « histoire », en particulier de ses connaissances et opinions (Moreira et Noss 1995 ; Kendal & Stacey, 2001). Par ailleurs, l'accent est mis sur les interrelations entre les différentes composantes et le modèle est suffisamment souple pour s'adapter à diverses situations d'usage des TICE. Il serait intéressant de le comparer au cadre théorique de l'instrumentation. Il conviendrait également de discuter la place de l'institution dans ce modèle : peut-on considérer qu'elle est, implicitement, dans les conventions d'utilisation de l'artefact ou bien présente dans chacun des trois aspects de la situation et les prénotions ? peut-on être amené à ajouter un quatrième aspect de la situation qui serait l'institution ? Enfin, l'effet de l'utilisation des TICE est un processus lent et il faudrait faire tourner ce modèle de manière récursive pour analyser, sur un temps long, les effets observés.

La suite du travail présenté ici illustre deux interactions particulières, c'est-à-dire deux flèches du modèle ci-dessous. Il s'agit de regarder, sur un exemple, l'effet de l'utilisation des TICE sur la modification de certaines prénotions de l'enseignant, puis, sur un autre exemple, les interactions sociales à l'œuvre dans une classe de mathématiques utilisant les TICE.

3.2. Premier exemple, modifications des prénotions de l'enseignant

Une étude en cours, réalisée par l'IREM de Paris 7 (Artigue et Al , 2004) et commanditée par la région Ile de France, étudie l'introduction des bases d'exercices dans plusieurs classes de lycée avec des enseignants volontaires. Le travail de la première année est déployé suivant trois axes : une analyse fine des ressources en jeu, des enquêtes auprès des enseignants et élèves et des visites avec un protocole commun d'observation et d'entretien avec les différents acteurs concernés (chef d'établissement, enseignants et élèves). Nous extrayons de ce matériau deux résultats précis illustrant clairement un changement dans les opinions des enseignants et une interrogation. Il convient cependant de signaler que l'enquête concerne des effectifs relativement faibles : 45 réponses pour la pré-enquête et seulement 15 réponses pour la post-enquête.

3.2.1. Démystification de l'outil

Ce résultat n'est pas nouveau mais est clairement illustré par les données recueillies dans cette expérimentation. La pré-enquête demandait aux enseignants ce qu'ils attendaient de

l'expérimentation, les trois réponses les plus citées (plusieurs réponses étaient possibles) sont : « augmenter la motivation », « augmenter l'autonomie des élèves », et « aider les élèves en difficultés ». Tandis que ce que redoutaient le plus les enseignants était majoritairement « un effet gadget ». C'est-à-dire que les motivations sont d'ordre pédagogique mais ne concernent pas les contenus enseignés tandis que la crainte majeure est « de ne pas faire de mathématiques ». L'outil TICE apparaît donc à la fois comme un remède miracle à des difficultés importantes mais ne relevant pas du champ disciplinaire et aussi comme un objet démoniaque risquant d'éloigner l'enseignant de sa mission première : faire faire des mathématiques aux élèves. A la question ouverte de la post-enquête, « que pensez-vous que l'expérience a apporté ? », les enseignants répondent, cette fois-ci, en s'appuyant sur les mathématiques. En effet, le terme mathématiques est presque toujours mentionné : « faire de mathématiques autrement », ou « j'ai l'impression que les élèves comprennent mieux le graphe d'une fonction » ou encore « je crois que ça les aide pour la géométrie dans l'espace ». En revanche, une question spécifique sur l'autonomie montre clairement qu'après 6 mois d'utilisation les enseignants considèrent que l'autonomie des élèves, même si elle reste à définir clairement, est surtout un pré-requis pour l'utilisation de tels produits. Un enseignant résume l'opinion générale : « ça démystifie l'outil ».

3.2.2. Importance du scénario

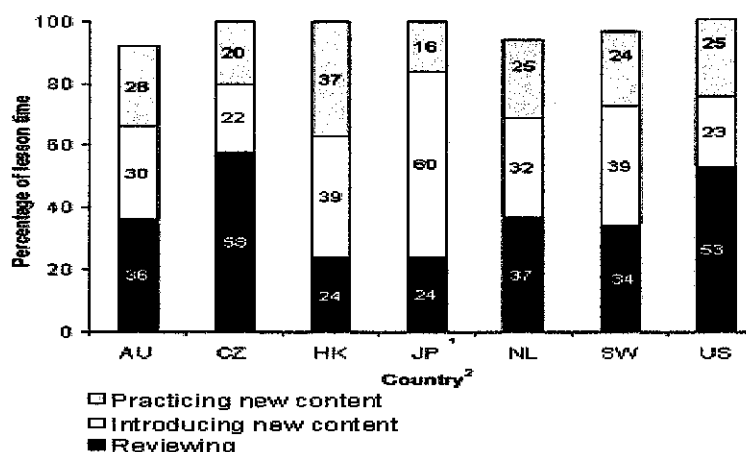
Les entretiens avec les enseignants font ressortir une évolution au cours des 6 mois d'utilisation, l'introduction progressive d'un plan de travail. Suivant les cas ce plan de travail est unique pour tout le groupe d'élèves ou au contraire adapté suivant des groupes de niveau. Dans tous les cas, les observations individuelles et leurs comparaisons ont montré que ce plan ne réglait pas totalement la progression de l'élève. Plus précisément deux élèves distincts ont toujours des parcours distincts mais à l'intérieur d'un même scénario, ceci rejoint la distinction mise en évidence dans la seconde partie entre activité inférée et activité réelle, l'activité réelle est dépendante de l'élève étudié. Tout se passe comme si, assez rapidement, l'enseignant prenait conscience de l'importance de ce scénario pour encadrer le travail des élèves sur machine. Ainsi dans la post-enquête lorsqu'on demande aux enseignants s'ils souhaitent poursuivre l'expérience et à quelles conditions, les réponses sont « je serais sans doute plus précis dans les plans de travail » ou « j'aimerais avoir des protocoles d'utilisation ». L'accent mis sur l'importance du scénario ou du plan

de travail pourrait sans doute être interprété en terme d'instrumentation de l'outil base d'exercices par l'enseignant.

3.2.3. Quelle place pour les tâches de réinvestissement ?

Enfin, un autre changement, plus difficile à cerner, concerne les tâches de réinvestissement. Leur définition est floue : s'agit-il d'exercices d'entraînement sur une notion qui vient d'être abordée ou encore de révisions sur des notions plus lointaines qui ont été ou non mentionnées dans l'énoncé de l'exercice ? (Robert et Rogalski M, 2002). Au-delà de cette définition floue, le recours à de telles tâches est très variable d'un enseignant à l'autre ou même pour un même enseignant d'une classe à l'autre. Ainsi une enquête internationale (TIMSS, 1999) montre de nombreuses différences d'un pays à l'autre sur le sujet

Figure 9. Différentes tâches pendant un cours de mathématiques



Au Japon, il y a 24% de tâches de révision tandis qu'aux Etats Unis il y en aurait 53%. L'enquête a étudié 638 enregistrements de cours de mathématiques dans 7 pays différents. Pour notre cas, dans la pré-enquête les enseignants citent dans les attentes concernant les mathématiques : faire des mathématiques (cité 16 fois), faire des exercices d'entraînement (cité 3 fois). Tandis que dans la post-enquête, « pour quelle tâche avez-vous utilisé les produits ? » les réponses sont : réviser les notions, refaire certains exercices ; il s'agit donc de tâches de réinvestissements. Il semble que les bases d'exercices se prêtent facilement aux tâches de réinvestissement, il faudrait s'interroger plus en profondeur pour savoir si c'est effectivement le cas, si leur utilisation a un effet sur la proportion de ce type de tâches dans le travail mathématique de toute la classe, de certains élèves de la classe et sur l'effet concernant l'apprentissage.

3.3. Second exemple, interactions verbales en séance machine

Le but du travail présenté ici est d'observer et de comparer les interactions verbales pendant des séances d'exercices avec et sans ordinateur. Les observations concernent 12 séances de travaux dirigés de mathématiques (Deug à dominante mathématiques) en première année d'université. Un tiers des séances observées se situaient en salle machine et utilisaient le produit « Université en ligne » (<http://www.uel.pcsm.education.fr>), les autres séances étaient des séances ordinaires. La méthode utilisée a consisté à se placer derrière un étudiant et à noter et enregistrer toutes les interventions verbales qui le concernent, comme locuteur ou comme interlocuteur. Le corpus est de 59 interventions.

3.3.1. Le produit Uel

Comme pour la base d'exercices Wims, les fonctionnalités de la ressource Uel sont présentées dans la grille d'analyse exposée dans la première partie.

Tableau 11. Analyse de la base d'exercices UeL

Structure didactique	Public visé : première année d'université
	Organisation didactique : cours avec hypertexte et animations, exercices, test d'auto-évaluation, accès libre par thème.
	Type de réponses : pour les exercices interactifs, analyse de réponse ; pour les autres exercices corrigé type que l'étudiant compare à sa propre réponse.
	Notes données par la machine pour les tests interactifs, autoévaluation pour les autres tests.
Structure logicielle	Classification des exercices : par chapitre et par activité (s'exercer, s'évaluer).
	Interactivité cognitive : analyse de réponse pour certains exercices.
	Enregistrement de traces : non.
Contenu	Connaissances mathématiques : première année universitaire.
	Types de tâches : exercices techniques et problèmes.
	Environnement des exercices : pour tous les exercices, cours, indications, corrigés ; pour certains exercices guide d'aide à la résolution

3.3.2. Classification des interventions de l'enseignant

Trois critères sont retenus pour décrire les interventions : leur caractère individuel ou collectif, leur moment par rapport à l'activité de l'étudiant et leur type. Pour une analyse fine de la nature des aides orales en classe de mathématiques on pourra consulter (Hache et Robert, 1997) dont la typologie, fort simple, présentée ici s'inspire. Les interventions sont regroupées suivant trois types : information, explication et validation. Les informations sont des expositions de résultats ou de méthodes ou d'indications qui peuvent découper la tâche en sous tâches, elles peuvent être d'ordre général ou contextualisées en fonction de la tâche.

Voici un exemple d'intervention classée information

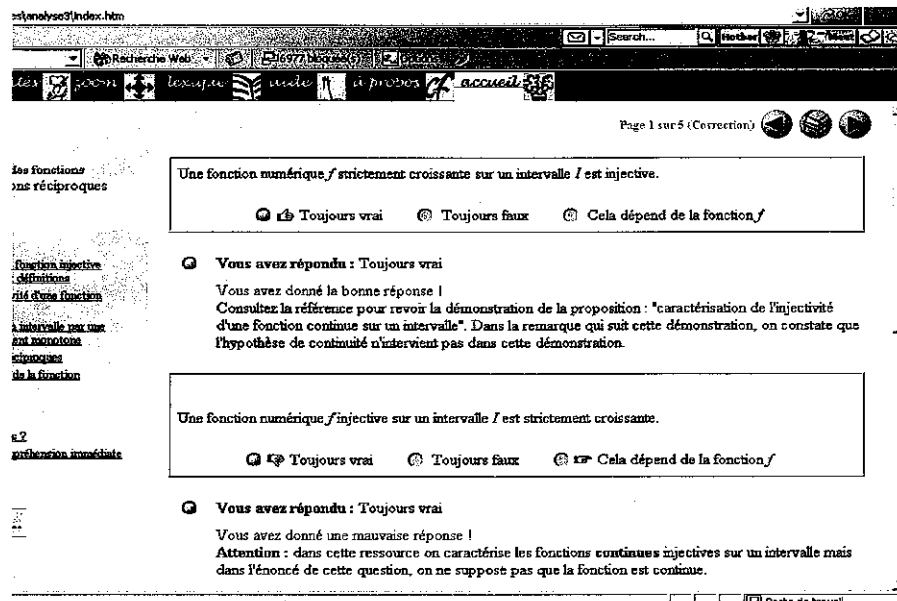
Tâche : décomposer en éléments simples $\frac{2X^3 + 3X^2 - 3}{2X^2 - X - 1}$.

Activité de l'étudiant observé : il prend connaissance de l'exercice (1 min).

Intervention (collective.) de l'enseignant : il demande quelle est la première chose à faire, puis énumère le programme : factorisation du dénominateur en facteurs irréductibles, forme générale de la décomposition puis détermination des coefficients.

Les explications sont des mises en relation, des structurations qui peuvent permettre un retour sur l'activité des étudiants. Voici ci-dessous un exemple pendant une séance machine : l'étudiant est face à l'écran ci-dessous qui est une correction de QCM, l'enseignant demande alors à l'étudiant un contre-exemple prouvant qu'il a bien compris l'exercice. Il y a ensuite une intervention de validation lorsque l'enseignant dit si le contre-exemple convient.

Figure 10. Un écran de Uel

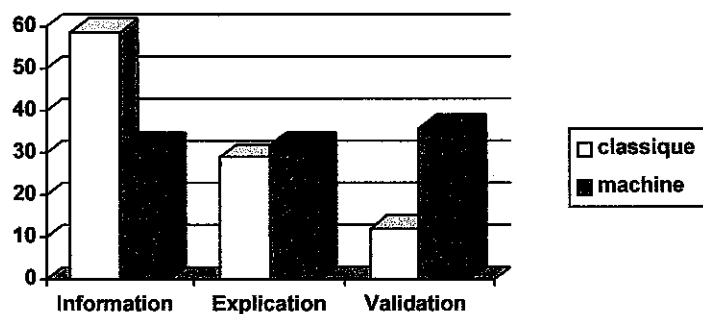


Comme souvent dans les typologies, la frontière est floue entre les catégories, cependant nous allons voir que cette classification permet d'éclairer des spécificités de chacun des types de séances.

3.3.3. Résultats

Il y a d'avantage d'interventions individuelles en séance machine (72%) qu'en séance classique (39%). Le nombre d'interventions reçues ou émises par un étudiant pendant une séance classique est plus important que pendant une séance machine (5,1 par heure contre 4,5). Enfin en séance machine l'intervention intervient toujours après une activité de l'étudiant tandis qu'en séance classique elle ne suit une activité que dans deux tiers des cas. Ces différences prennent du sens lorsqu'on examine les interventions en fonction de leur type comme le montre le schéma ci-dessous.

Figure 11. Types d'interventions (en pourcentage)



En séance classique, les aides de type *information* sont essentiellement des corrections fréquentes et longues, des découpages de tâche en sous-tâches. En séance machine il y en a beaucoup moins parce qu'il n'y a pas de corrections collectives (c'est la machine qui le fait). On observe aussi peu de découpage de tâche, là encore, mais c'est souvent parce que la tâche est découpée dans le produit sous forme de coup de pouce par exemple.

En séance classique, les interventions de type *explication* sont, souvent doubles, couplées avec des informations ou encore individuelles en réponse à des questions des étudiants. En séance machine, ce sont soit des explications sur le corrigé proposé par la ressource, soit des conseils de méthode.

Enfin les *validations* sont toujours individuelles. En séance classique comme en séance machine elles concernent des validations en cours ou en fin de procédure. Mais, il y en a beaucoup plus en séance machine, souvent couplées avec des explications. Elles correspondent à des dialogues qui s'effectuent entre l'enseignant et l'étudiant pendant des explications sur le corrigé. C'est le cas lorsque l'enseignant interroge l'étudiant en lui demandant un contre-exemple puis valide sa réponse. Ces interventions peuvent aussi être des retours sur activité : l'enseignant passe auprès de chaque étudiant et veut s'assurer qu'il a bien compris un exercice particulier.

3.3.4. Discussion

Cette étude rapide qui mériterait d'être confirmée par d'autres investigations conduit à quelques remarques générales sur la comparaison entre les deux types de séance du point de vue du déroulement proposé aux étudiants et du comportement adopté par l'enseignant.

Lorsqu'on regarde l'itinéraire cognitif proposé aux étudiants pendant une séance, on constate dans les deux cas une tendance déjà repérée en séance classique (Robert et Rogalski J., 2004) à découper la tâche en tâches élémentaires. Le fait que ce soit l'enseignant ou la machine qui se charge de ce découpage n'introduit peut-être pas une différence fondamentale. En revanche il apparaît que les moments de correction sont différents : ils sont collectifs en séance classique et donc interviennent au même moment pour tous les étudiants ; ils sont individuels et médiatisés par la machine en séance machine. Dans ce dernier cas, l'enseignant contrôle le plus possible *a posteriori* que cette correction est bien comprise par des interrogations individuelles. Il faudrait alors se

demander en quoi ces interrogations sont nécessaires et si tous les étudiants peuvent en bénéficier.

Le comportement de l'enseignant est différent suivant les types de séance. En séance classique, l'enseignant est proactif cherchant à enrôler le plus possible les étudiants et à les faire « avancer ». En revanche, en séance machine l'enseignant est plutôt réactif, il réagit sur l'activité de l'étudiant et cherche plutôt à faire des retours en arrière pour s'assurer que l'étudiant n'est pas passé trop vite et a bien effectué un travail en profondeur. Enfin, l'écran apparaît comme une trace lisible du travail mathématique effectué (Lavy et Leron, 2004) et en ce sens permet une discussion plus facile qu'un brouillon.

4. Conclusion et perspectives

L'intérêt porté sur l'utilisation des bases d'exercices en ligne a d'abord permis de produire des outils présentant les ressources, les scénarios et la situation d'apprentissage associée. Le but de ces outils est de permettre un découpage de la réalité propice à l'analyse et un repérage dans la diversité des produits et de leurs utilisations. Trois ressources ont été présentées et utilisées dans différentes expérimentations : Mathenpoche, WIMS et Université en Ligne.

Ceci a permis de pointer les relations entre les différents pôles qui interviennent dans les situations d'enseignement-apprentissage utilisant des bases de problèmes en ligne. Dans ces relations, le scénario d'utilisation du logiciel est omniprésent, avec cependant différentes acceptions. En effet, il renvoie d'abord au scénario prescrit lorsque l'enseignant prépare la séquence et l'organisation des tâches visant à installer un apprentissage. Vient ensuite le scénario ou déroulement effectif pendant la séance, or ce déroulement est différent selon chaque acteur (enseignant et élève) comme l'illustrent de manière complémentaire l'étude des fichiers log des élèves travaillant avec WIMS et l'étude exploratoire des échanges verbaux en séance de travail avec l'Université en Ligne.

La réalité apparaît alors dans toute sa complexité : ce scénario pensé pour un groupe se trouve joué par des individus. Ce décalage existe également en situation d'enseignement classique mais nous semble renforcé par l'utilisation des TICE. Il induit un certain nombre de changements chez l'enseignant, nous en avons vu quelques exemples, dans ses représentations des TICE, dans la façon dont il gère les tâches d'entraînement pour les élèves et dans les échanges verbaux. Il est important de savoir si ces changements ne sont

que des changements de surface ou ont des conséquences sur l'apprentissage. Pour avancer dans ces questions, il nous semble maintenant nécessaire de préciser la dualité entre scénario prévu et scénarii effectifs ainsi que la manière dont chacun des acteurs négocie, plus ou moins consciemment, le passage de l'un à l'autre.

Références

ARTIGUE ET AL., 2004, *Suivi et évaluation d'un projet d'expérimentation de ressources en ligne en mathématiques en classe de seconde, mené à l'initiative de la région île de France*, rapport interne, IREM Paris 7

BOOKMAN ET MALONE, 2004, The nature of learning in Interactive technological environments. A proposal for a research agenda based on grounded theory, *Research in Collegiate Mathematics Education V*, American Mathematical Society.

CASTELA, 2000, Un objet de savoir spécifique en jeu dans la résolution de problèmes : le fonctionnement mathématique, *Recherches en didactique des mathématiques* 20 (3), 331-380.

CASTELA, 2002, Les objets du travail personnel en mathématiques des étudiants dans l'enseignement supérieur. Comparaison de deux institutions, universités et classes préparatoires aux grandes écoles, *Cahier de DIDIREM. Num. 40*, IREM Paris 7

CAZES ET AL., 2005, *Problem solving and web resources at tertial level*, CERME 4, Sant Feliu de Guíxols, Spain,

<http://cerme4.crm.es/Papers%20definitius/14/Vanderbrouck%20.pdf>

CAZES, VANDEBROUCK, 2003, Analyse d'un exemple d'intégration de TICE dans une formation d'enseignement supérieur, *Actes du colloque ITEM juin 2003*, IUFM de Reims <http://www.reims.iufm.fr/Recherche/ereca/itemcom/>

CROWE ET ZAND, 2000, Computers and undergraduate mathematics 3: Internet resources, *Computers & Education*, 35 (2), 123-147.

ENGELBRECHT ET HARDING, 2004, *Taxonomy of online undergraduate mathematics courses*, <http://ridcully.up.ac.za/muti/Taxonomy.pdf>

GUEUDET ET HOUEBINE, 2003, Une base d'exercices en ligne à l'université, *Actes du colloque ITEM juin 2003*, IUFM de Reims.

<http://www.reims.iufm.fr/Recherche/ereca/itemcom/>

- HACHE ET ROBERT, 1997, Un essai d'analyse de pratiques effectives en classe de seconde, ou comment un enseignant fait « fréquenter » les mathématiques à ses élèves pendant la classe ?, *Recherche en didactique des mathématiques* 17 (3), 103-150.
- HERSANT, 2003, L'utilisation de bases de problèmes en classe de mathématiques. Un exemple avec " La proportionnalité à travers des problèmes ", *Actes du colloque ITEM juin 2003, IUFM de Reims*, <http://www.reims.iufm.fr/Recherche/ereca/itemcom/>
- HU, TRIGANO ET CROZAT, 2001, Une aide à l'évaluation des logiciels multimédias de formation in E. Delozanne, P. Jacobini (ed.) Interaction homme-machine pour la formation et l'apprentissage humain, *numéro spécial de la Revue Sciences et Technologies éducatives vol 8 n ° 3-4*
- KENDAL ET STACEY, 2001, 'The Impact of Teacher Privileging on Learning Differentiation with Technology', *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6 (2), 143-165.
- LAGRANGE ET AL, 1999, De l'analyse des travaux et productions relatifs aux T.I.C. à la définition d'une problématique de leur intégration à l'enseignement, *Rapport d'étape*, Université Paris 7.
- LAVY ET LERON, 2004, The emergence of mathematical collaboration in an interactive computer environment, *International Journal of Computers for Mathematical Learning Vol 9*, 1-23
- MONAGHAN, 2001, Teacher's classroom interactions in ICT-based mathematics lessons. *Proceedings of the 25th International Conference for the Psychology of Mathematics Education*, vol.3, 384-390
- MONAGHAN, 2005, Teachers' Activities in Technology-based Mathematics Lessons, *International Journal of Computers for Mathematical Learning* vol. 9, no. 3, 327-357(31)
- MOREIRA ET.NOSS, 1995, Understanding Teachers' Attitudes to Change in a Logomathematics Environment, *Educational Studies in Mathematics*, 28, 155-176
- ROBERT, 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.
- ROBERT, ROGALSKI J, 2005, Cross-analysis of the mathematics teachers'activity. An example in a French 10th-grade class", *Educational Studies*, to appear
- ROBERT, 1998, Outils d'analyses des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université, *Recherche en Didactique des Mathématiques* 18 (2), 139-140.

RUTHVEN AND HENNESSY, 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.

SAXE, 1991, *Culture and Cognitive Development: Studies in Mathematical Understanding*. Hillsdale NJ: Laurence Erlbaum Associates

SCHOENFELD, 1985, *Mathematical problem solving*. Orlando, Academic Press.

TIMSS, 1999, Highlights From the TIMSS 1999 Video Study of Eighth-Grade Mathematics Teaching, <http://nces.ed.gov/timss/publications.asp>