



Enseigner autrement les mathématiques en Licence de Sciences : des exemples en utilisant les nouvelles technologies

Geneviève Bretenoux, Patrick Frégné, Gwenola Madec et Fabrice Vandebrouck,
Commission Inter-IREM Universités, France

Résumé

Nous rassemblons dans cette communication des exemples de ce que nous pratiquons actuellement comme innovations en première année de l'enseignement supérieur, en spécifiant celles qui mettent en œuvre les TICE (technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement). Ces exemples correspondent à des enseignements effectivement réalisés dans certaines universités. Nous les présentons afin de montrer qu'enseigner autrement est possible et que les marges de manœuvre sont nombreuses pour ce « autrement » : intégration de séances TICE dans les enseignements traditionnels (3 exemples différents utilisant les logiciels UeL, Wims et BRAISE) ; compléments aux séances traditionnelles (tutorat sur des aspects mathématiques spécifiques ou travail de contrats pédagogiques sur la plate-forme ULYSSE à Bordeaux¹). Ces expériences montrent cependant toutes qu'on ne peut pas penser un enseignement sans articuler un travail sur des contenus mathématiques à proposer aux étudiants et un travail sur les scénarios pédagogiques à associer.

Enseigner autrement les mathématiques à l'université

Le titre de cette communication fait écho à la brochure diffusée en 1990 par la CIU et intitulée « enseigner autrement les mathématiques en Deug A première année ».

Depuis plusieurs années, à l'université, les disciplines scientifiques et les mathématiques en particulier, voient leurs effectifs de nouveaux étudiants diminuer. Un besoin émerge au sein de la communauté des enseignants pour une meilleure transition lycée-université et une évolution de nos méthodes d'enseignement. C'est dans ce cadre que travaille la Commission Inter-Irem Université (CI2U) qui rassemble depuis plusieurs années des universitaires mathématiciens et/ou didacticiens des mathématiques.

Nos hypothèses didactiques communes adaptent aux mathématiques et à la situation scolaire des hypothèses constructivistes générales provenant de l'ensemble des travaux de Piaget et Vygotski. Nous souhaitons rompre par ce « enseigner autrement » avec les pratiques ordinaires largement répandues dans l'enseignement supérieur de cours magistraux puis de travaux dirigés, où l'on applique des connaissances sans temps de recherches véritables. Elles ont montré leurs limites : des travaux de recherche (Pian, 1999) ont par exemple établi que les étudiants de CAPES (Bac + 3) avaient des difficultés à résoudre des tâches non techniques, c'est-à-dire mettant en fonctionnement des connaissances avec flexibilité (que ce soit reconnaître des modalités d'applications, mettre en relation, gérer des étapes, etc.). Tout se passe comme si les étudiants n'avaient jamais

pu organiser leurs connaissances, ne pouvant pas, de façon autonome, réussir autre chose que des applications immédiates.

Nous rassemblons dans cette communication des exemples de ce que nous pratiquons actuellement comme innovations, en spécifiant celles qui mettent en œuvre les TICE (technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement). Ces exemples correspondent à des enseignements effectivement réalisés dans certaines universités. Nous les présentons afin de montrer qu'enseigner autrement est possible et que les marges de manœuvre sont nombreuses pour ce « autrement ». Cependant ces expériences montrent toutes qu'on ne peut pas penser un enseignement sans articuler un travail sur des contenus mathématiques à proposer aux étudiants (exercices « riches ») et un travail sur les scénarios pédagogiques à associer (organisation des tâches entre elles, gestion prévue, forme de travail des étudiants, autonomie accordée pour la recherche...).

Nous présentons dans un premier temps nos outils pour ces innovations : ce sont des bases d'exercices en ligne. Nous émettons l'hypothèse que ces bases vont permettre non seulement de présenter aux étudiants une gamme d'exercices riches mais aussi de favoriser la création de « lieux de travail », c'est-à-dire qu'elles vont permettre aux étudiants d'exercer une véritable activité mathématique autonome constitutive d'apprentissages. Nous montrerons dans une seconde partie comment ces bases d'exercices sont cependant intégrées dans des scénarios d'enseignement pour arriver à ces buts.

2. Des bases d'exercices en ligne pour l'université

Nos outils initiaux sont des bases d'exercices d'accès libre, c'est-à-dire des sites internet constitués d'exercices ou de problèmes, organisées selon un certain classement, avec pour chacune des bases un environnement propre qui peut comporter des aides de différents types, des outils (graphiques, calculatrices...), mais aussi la solution des exercices ou des problèmes. Nous allons expliciter ces environnements dans les trois exemples de bases d'exercices que nous citons dans cette communication : l'UeL (Université en Ligne¹), Wims² et BRAISE³.

2.1. L'université en ligne

L'Université en Ligne est une base d'exercices qui couvre tout le programme des deux premières années scientifiques en mathématiques, physique, biologie et chimie. Sa structure et son contenu sont directement transposés des cours usuels de l'université. Les étudiants ont en particulier accès à un cours complet en plus des exercices. En mathématiques, ces derniers sont de plusieurs types : des exercices techniques d'applications immédiates mais aussi de véritables problèmes, qui mettent en jeu plusieurs connaissances, anciennes ou nouvelles pour les étudiants, avec des niveaux de mise en fonctionnement qui dépassent les applications immédiates. Les exercices techniques sont généralement interactifs, c'est-à-dire que le logiciel peut valider ou non les réponses des étudiants. Pour les problèmes, les interactions sont plus limitées : en principe les étudiants doivent composer

1 <http://www.uel-pcsm.education.fr>

2 <http://wims.auto.u-psud.fr>

3 <http://tdmath.univ-rennes1.fr>

sur papier/crayon, s'aider éventuellement des coups de pouces (indications) proposées par le logiciel, puis comparer leurs productions avec le corrigé détaillé proposé par l'UeL.

Voici l'exemple d'un problème qui reste en partie interactif. Les étudiants doivent étudier des suites numériques de diverses espèces avec divers niveaux de complexité. Il y a des mélanges de connaissances anciennes (suites géométriques, par exemple) et de connaissances nouvelles (techniques de comparaison, majorations à partir de certains rangs, formalismes...). Il y a surtout des choix de méthodes à faire. Les aides proposées pour ces études réduisent les choix possibles sans pour autant fermer la question de ce point de vue. Avant d'accéder au corrigé détaillé du traitement d'une suite, les étudiants doivent se prononcer sur sa nature en répondant à un Questionnaire à Choix Multiples (QCM). Compte tenu de la proposition de l'étudiant, le logiciel propose ensuite un deuxième choix multiple sur la méthode utilisée par l'étudiant pour arriver à sa conclusion. Le corrigé détaillé ne vient qu'après la réponse de l'étudiant à ce double QCM. Dans l'exemple suivant, la suite à étudier est la suite de terme général $U_n = \left[2 \sin\left(\frac{1}{n}\right) + \frac{3}{4} \cos(n) \right]^n$ et nous sommes à la deuxième étape : l'étudiant a donné la mauvaise réponse et la mauvaise justification. On peut lire à l'écran ci-dessous la réponse (fautive) de l'étudiant et en avant-plan, la réponse proposée par le logiciel.

The screenshot shows a software interface with a navigation bar at the top containing icons for 'thèmes', 'activités', 'zoom', 'lexique', 'aide', 'à propos', and 'accueil'. Below the navigation bar, there are three buttons: 'apprendre', 's'exercer', and 's'évaluer'. A sidebar on the left lists various topics under 'Les Réels' and 'Suites de nombres réels'. The main content area displays 'Exercice 1' with the text: 'Vous avez répondu que les suites sont divergentes car elles tendent vers +∞. Pourquoi? Quelle méthode employez-vous?'. Below this are five radio button options for methods. A smaller window in the foreground, titled 'Exercice 1 - mauvaise réponse - Microsoft Internet Explorer', shows a red heading 'Mauvaise réponse' followed by a student's justification: 'On majore $\left| \frac{3}{4} \cos n \right|$ par $\frac{3}{4}$ et pour n assez grand (supérieur à 16 puisque $|\sin x| \leq |x|$) $\left| \sin \frac{1}{n} \right| < \frac{1}{16}$ d'où $|u_n| < \left(\frac{7}{8}\right)^n$. La suite, majorée par une suite géométrique de raison positive strictement inférieure à 1, tend vers 0.'

2.2. Wims

Wims est une deuxième base d'exercices en ligne qui propose des exercices à tous les niveaux scolaires et qui ne concerne pas uniquement les mathématiques (Xiao, 2000). Sa spécificité est que les exercices proposés sont programmés et à variation aléatoire ; c'est-à-dire qu'un étudiant peut refaire plusieurs fois le même exercice sans que l'énoncé soit exactement le même ou encore qu'en classe, des étudiants côte à côte ne travaillent pas sur le même énoncé d'un exercice. Les réponses

attendues sont en général des réponses à des QCM, des réponses numériques ou de courtes réponses algébriques interprétables par des logiciels cachés de calcul formel. Le logiciel Wims analyse ainsi les réponses des étudiants (juste/faux) et renvoie une note sur 10. Il ne fournit cependant pas la méthode de résolution. L'idée est que les étudiants s'entraînent sur les exercices jusqu'à ce qu'ils pensent avoir atteint une note satisfaisante pour eux. Là encore les exercices peuvent être des applications immédiates ou de vrais problèmes mathématiques.

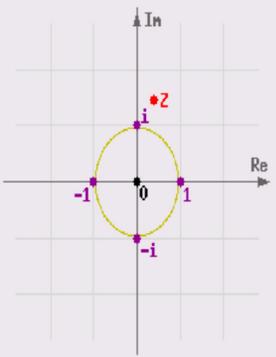
Voici l'exemple d'un exercice technique qui n'est pas un problème mais qui fait travailler les étudiants sur le changement de cadre pour les nombres complexes. Étant donné un nombre complexe donné sous sa forme algébrique, les étudiants doivent cliquer sur le point correspondant dans le plan complexe.

[Accueil WIMS](#)
[Intro/Config](#)
[Références](#)
[À propos](#)
[Aides WIMS](#)

Tir complexe

Le dessin ci-dessous représente le plan des nombres complexes, avec un nombre $z = x+iy$ dans le plan. Veuillez trouver la position du nombre $w = -z - i$.

Pour donner votre réponse : cliquez dans le dessin, à l'endroit que vous pensez être la position de w .



● = 0

● = z

○ = cercle unité

[Accueil WIMS](#) [Intro/Config](#) [À propos](#)
Auteur de la page [XIAO Gang](#)
Version 2.20, © 1998. (GNU GPL)

2.3. Braise

À l'Université de Rennes 1, une équipe de l'IREM de Rennes a conçu cette troisième base, constituée exclusivement de problèmes et qui s'intitule « Base RAISONnée d'EXercices de mathématiques » (couramment désignée par l'acronyme BRAISE). L'objectif est à nouveau le développement de l'autonomie des étudiants de première année d'université, mais orientée spécifiquement dans la résolution de problèmes mathématiques. BRAISE est destinée à recevoir des problèmes de nombreux chapitres. Les premiers chapitres qui ont été réalisés portent sur les suites (80 exercices) et sur l'algèbre linéaire (120 exercices). Voici l'exemple d'une étude de suite numérique.



UNIVERSITÉ DE RENNES 1

Base raisonnée d'exercices de mathématiques

choisir un chapitre Les suites

Exercice 3.1 aide

Énoncé

Etudier la convergence des suites définies par $u_0 \geq 1$ et pour $n \geq 0$ par $u_{n+1} = \sqrt{1 + u_n}$.
On propose d'étudier et de comparer trois méthodes (en particulier en ce qui concerne la rapidité de convergence) :

a) En supposant que (u_n) converge vers ℓ , chercher ℓ , puis majorer

$$|u_n - \ell|$$

par une suite géométrique.

b) Appliquer le théorème du point fixe sur un intervalle convenable.

c) Discuter d'abord la monotonie de (u_n) selon la valeur de u_0 .

Niveau de difficulté : moyen

Pour en savoir plus sur les caractéristiques de l'exercice :

Thème(s)	Difficultés particulières
<ul style="list-style-type: none"> Exercices de synthèse Suites $u_{n+1} = f(u_n)$ Suites monotones bornées Théorème du point fixe 	<ul style="list-style-type: none"> Théorème du point fixe

Retour au résultat de votre recherche

Éléments de solutions et de résultats

Idées à retenir

Les choix effectués correspondent aux intentions globales que nous présentons dans cette communication : BRAISE comporte des problèmes variés, dont le but est clairement identifié, et qui ne peuvent pas être résolus par la simple application d'une technique. L'étudiant y accède par un choix de mots clés : le thème, la nature de la tâche, et le niveau de difficulté du problème. Il accède ainsi à une liste de problèmes caractérisés par leur titre et parmi laquelle il va faire son choix. Ensuite il s'agit simplement pour lui de résoudre le problème sur papier, en utilisant ou non l'environnement associé. Pour chaque problème, cet environnement comporte des aides beaucoup plus fournies que dans l'UeL :

- la liste des éléments de cours utilisables ; pour chacun un texte ;
- la liste des méthodes et techniques utilisables ; pour chacune un texte ;
- une aide graphique pour certains exercices ;
- une aide appelée « indications » sous la forme traditionnelle d'orientation vers une procédure.

Il était important pour les concepteurs de cette base de mettre à la disposition des étudiants ces différents types d'aides pour enrichir leur activité potentielle. Lorsqu'ils le souhaitent, les étudiants peuvent, avec cette base, consulter des éléments de solutions puis les idées à retenir (une, ou au plus deux idées). Ils ne disposent pas de corrigé détaillé mais plutôt, des raisons qui poussent à choisir la procédure décrite dans les éléments de solution.

3. Des scénarios spécifiques

3.1. Les TICE intégrées dans les TD traditionnels

À l'université Paris 6, à l'université d'Evry-Val d'Essonne et à l'université de Rennes 1 sont mis en place des enseignements de première année d'université intégrant respectivement les trois bases d'exercices citées. Les étudiants suivent des TD traditionnels mais une partie plus ou moins grande des séances se fait en séance machine.

Dans le cas de la première année à Paris 6, il s'agit de faire un enseignement expérimental trois jours par semaine, en déléguant une partie de l'enseignement à distance via UeL. Pour la partie en salle (70% des enseignements), une séance de deux heures est organisée sur machine et deux séances de TD sont traditionnelles⁴. À Evry, tous les enseignements se font en présence des étudiants : une séance d'une heure et demie est organisée sur machine, les étudiants travaillant sur Wims, et deux séances sont encore traditionnelles. Enfin, à Rennes, seules quelques séances sont organisées sur BRAISE au moment de l'étude des suites numériques et de l'algèbre linéaire. Les étudiants peuvent cependant travailler sur les bases d'exercices en salles internet libre-service ou chez eux.

Dans le cas de l'utilisation de l'Uel à Paris 6 et de Wims à Evry Val d'Essonne, l'intégration des séances machines dans les TD traditionnels traduit un scénario spécifique d'utilisation des deux ressources. Avec les observations qui ont été faites les premières années des expérimentations, ce scénario s'est globalement stabilisé et s'est également révélé nécessaire. Il ne peut en particulier pas être pensé sans prendre en compte le type de tâche et l'environnement des exercices. Grossièrement, nous devons clairement distinguer les exercices techniques, qui sont essentiellement des applications immédiates de connaissances isolées, et les autres exercices qui se rapprochent des problèmes et pour lesquels l'usage des logiciels nécessite des précautions.

3.1.1. Des exercices techniques dévolus au travail sur machine

Les exercices techniques qui correspondent essentiellement à des applications immédiates de connaissances (anciennes ou nouvellement vues en cours magistraux) peuvent être dévolus au travail en séances de TD-machines ou même au travail à distance. Les étudiants sont motivés pour travailler. Les solutions de ces exercices sont claires, immédiates et sans possibilité de discussion. Il s'agit par exemple d'une écriture symbolique, algébrique, du résultat d'un calcul, d'une réponse Vrai/Faux, Oui/Non avec preuve objective à l'appui : l'invocation directe d'un point du cours, l'énoncé d'un théorème, un calcul simple... Ces exercices semblent donc globalement permettre une gestion de la séance pendant laquelle les étudiants peuvent travailler seuls et l'enseignant se restreindre à passer d'un étudiant à l'autre, gérant les problèmes ponctuels. Les étudiants, profitant dès qu'ils le veulent d'une rétroaction ne leur posant en principe pas de problèmes de compréhension, peuvent travailler à leur rythme. Il semble en outre que la progression en séance traditionnelle sur le même type d'exercices serait globalement plus lente.

Pour l'apprentissage des connaissances nouvelles, le travail individuel, parfois répétitif, à son rythme, de chacun des étudiants, favorise certainement un apprentissage non négligeable par la

4 Pour des raisons administratives, cet enseignement expérimental à Paris 6 n'a plus lieu depuis cette année.

quantité d'exercices effectués. Si l'on fait l'hypothèse qu'une masse critique d'exercices d'applications immédiates est nécessaire pour qu'il y ait apprentissage d'un théorème, appropriation d'une méthode technique, constitution d'un stock d'exemples, cette masse est certainement plus facilement atteinte avec un tel dispositif d'enseignement. Toutefois, nous rappelons l'importance pour la construction des connaissances nouvelles de dépasser les applications immédiates de théorèmes, de définitions, de formules... On peut donc penser que les étudiants, même s'ils travaillent davantage sur ces exercices n'approfondissent pas davantage les notions visées, au sens conceptuel où nous l'entendons.

3.1.2. Des problèmes mathématiques pour lesquels l'usage des TICE nécessite des aménagements de scénarios

Les étudiants sont toujours motivés pour travailler. C'est aussi bien vrai dans les séances quotidiennes des innovations de Paris 6 et Evry-Val d'Essonne que pendant les quelques séances sur les problèmes de BRAISE. Comme ils s'attaquent à des exercices difficiles, les étudiants peuvent bien entendu aller directement consulter et recopier les solutions (UeL et BRAISE). Les observations et l'étude des fichiers de traces d'activités⁵, disponibles notamment sur BRAISE, ont montré que ce n'est pas le cas. Cependant certains dérapages existent : en particulier, les étudiants consultent trop rapidement les aides, avant d'avoir réellement passé du temps à rechercher comment démarrer le problème. Les activités mathématiques engendrées chez les étudiants sont différentes de celles qu'ils peuvent avoir en séances traditionnelles : il s'agit pour eux de comprendre les éléments de solutions ou les solutions détaillées et, le cas échéant, de les comparer avec leurs propres productions. Ces activités, notamment celle de comparer, sont moins répandues dans les séances traditionnelles car faute de temps, les étudiants se contentent souvent de recopier les corrections du professeur au tableau, puis de les retravailler chez eux indépendamment de leurs productions propres. Les observations ont montré que ces activités spécifiques sont difficiles et nécessitent des aménagements du côté des scénarios.

Dans l'exemple UeL de la suite numérique $U_n = \left[2 \sin\left(\frac{1}{n}\right) + \frac{3}{4} \cos(n) \right]^n$, les étudiants réfléchissent et ont, en général, une bonne idée du comportement de la suite. La question à choix multiples sur les types de méthodes leur fait toutefois chercher, plus sérieusement qu'ils ne l'avaient fait, une justification à leur idée. Cependant, peu d'entre eux arrivent à aller jusqu'au bout de cette justification. En outre, quand ils lisent le corrigé proposé par UeL⁶, beaucoup ne comprennent pas d'une part d'où vient la valeur 16 pour n et d'autre part, comment raccrocher cette solution proposée à la leur. Ils soulèvent alors la question pour en discuter soit entre eux, soit avec l'enseignant, et des échanges s'aménagent ainsi dans la classe.

Dans d'autres cas, le fait de proposer un problème dans l'environnement Wims qui permet de renouveler plusieurs fois l'exercice et pour lequel seule la réponse numérique finale est validée (c'est un exemple) engendre chez les étudiants une fausse activité d'essais-erreurs. Elle leur permet parfois d'accéder à la bonne réponse sans avoir véritablement compris le sens épistémique de la technique mise en œuvre.

5 Les logiciels Wims et BRAISE fournissent des fichiers de traces individuelles de l'activité des étudiants.

6 Voir la copie d'écran dans la partie 1.1.

Pour ces exercices, la présence d'un enseignant est donc nécessaire. Mais compte tenu des rythmes différents des étudiants, ses interventions ne peuvent s'adresser à la classe entière pendant les séances machines. Des aménagements du côté du scénario d'utilisation de la base d'exercices doivent donc être prévus, même s'ils ne résolvent pas tous les inconvénients du dispositif. Par exemple, dans le cas de l'utilisation de Wims, une partie du scénario est d'organiser au sein de feuilles de TD-Wims les exercices interactifs que l'on veut proposer aux étudiants⁷. Une idée pour pallier aux fausses activités est de collationner au sein d'un unique exercice plusieurs exercices Wims autour d'une connaissance donnée. L'étudiant se verra proposer non seulement des variables aléatoires mais aussi des énoncés aléatoires, bien que la connaissance à mettre en fonctionnement soit la même. Il peut également être demandé aux étudiants de rendre à la fin de la séance une « feuille de route », sur laquelle ils auront rédigé les solutions d'exercices Wims ou les solutions d'exercices proches des problèmes d'Uel ou BRAISE. Cette feuille de route peut encore être l'occasion de questionner les étudiants sur tel ou tel corrigé proposé par le logiciel, et dont la compréhension en profondeur est difficile. À un niveau plus global, des aménagements du scénario sont prévus pour l'articulation des séances machines et des séances classiques. L'enseignant peut faire notamment des phases de bilan pendant les séances traditionnelles, reprenant des problèmes travaillés par les étudiants en séances machines.

Les observations et les études de fichiers de traces des étudiants travaillant sur ces problèmes ont cependant permis de mettre en évidence des scénarios et des exercices spécifiques pour lesquels les étudiants développent une véritable activité mathématique. Par exemple, les observations pendant la séance UeL sur les suites montrent que ces problèmes sont intéressants : le fait de faire préciser la méthode utilisée, même si c'est parfois difficile parce que plusieurs méthodes sont possibles ou encore, parce qu'une solution peut mettre en jeu plusieurs méthodes, paraît intéressant et constructif pour les étudiants. Plus objectivement, dans cette séance, bon nombre d'entre eux n'avancent pas de manière linéaire mais font beaucoup d'allers et de retours sur les cas précédents. On peut donc bien penser que ces problèmes les engagent à une réflexion approfondie et leur donnent notamment un bon catalogue de méthodes disponibles pour l'étude générale des suites numériques. D'autres exemples avec Wims et BRAISE sont développés dans Cazes et al (2005) à partir des études de fichiers de trace d'activité.

3.2. *Les TICE en compléments aux TD traditionnels*

3.2.1. Les TICE pour développer des aspects mathématiques spécifiques

Dans l'exemple suivant, les étudiants sont à l'Université Paris X dans le cadre d'un module appelé « méthodologie disciplinaire ». Dans ce module, nous cherchons à répondre aux questions suivantes : comment travailler et apprendre son cours ? Comment maîtriser les notions qui y sont abordées ? Lors de sept séances d'une heure et demie, nous travaillons dans différentes directions : mise en évidence du fonctionnement de la mémoire ; activités autour de la prise de notes et de l'écoute active ; utilisation d'autres ressources : la bibliothèque de l'université et les ressources en ligne, à savoir les bases d'exercices UeL et Wims. Cette dernière activité est présente lors de cinq des sept séances.

⁷ En fait, Wims est une bibliothèque d'exercices non classifiés et l'enseignant doit construire ses séances en regroupant dans des feuilles de TD en ligne les exercices qu'il choisit.

Lors de la première séance utilisant Wims, les étudiants découvrent la base d'exercices et l'utilisation de son moteur de recherche. Ils vont ensuite travailler dans leur classe virtuelle où se trouve une première feuille de TD-Wims⁸. Ils sont seuls par poste et peuvent échanger avec leurs voisins proches. Lors de chacune des quatre séances suivantes, une nouvelle feuille de TD-Wims est ouverte, les feuilles précédentes restant actives et pouvant être ré-abordées par l'étudiant en dehors des séances (à nouveau à partir de salles Internet en accès libre de l'université ou à partir de chez eux). À la fin de chaque séance, la note obtenue, ainsi que la trace de l'activité de chaque étudiant au cours de la séance, sont relevées. À la fin du semestre, la note finale et l'activité du semestre de chaque feuille sont également relevées.

Les contenus mathématiques des feuilles de TD-Wims sont fortement liés à l'avancée du cours mais les exercices retenus dans la composition de ces feuilles sont uniquement de trois types : des exercices faisant fonctionner les notions du cours dans le but d'en maîtriser les différents aspects (exemple de l'exercice « Tir complexe » déjà vu), des exercices faisant interagir deux notions en cours d'étude (exercice « OEF systèmes linéaire » par exemple) et des exercices d'entraînement à la maîtrise d'une technique (exercice « Système linéaire » par exemple).

Dans ce scénario, deux à trois « mises en commun » sont explicitement prévues, pilotées par l'enseignant. Les étudiants sont invités à repérer les difficultés. Les différentes stratégies des uns et des autres sont exposées et les liens éventuels explicités. Par exemple, les exercices faisant fonctionner les notions du cours ont pour objectif d'attirer l'attention des étudiants sur la nécessité de chercher à résoudre des problèmes pour maîtriser les outils. Reprenons l'exemple du « Tir complexe ».

Un nombre est repéré par sa position dans le plan complexe, une opération algébrique sur ce nombre est donnée. L'étudiant doit proposer une position pour le complexe obtenu. Le problème a un énoncé simple et une complexité variable. Différents aspects et propriétés du nombre complexe et de sa représentation sont en jeu. L'étudiant analyse la situation et fait une prédiction. La validation ou non de la prédiction est immédiate. Le coût en temps et en dextérité est faible pour renouveler l'expérimentation. La pratique de l'exercice rend plus opérationnels certains savoirs : les conséquences géométriques de la multiplication d'un complexe par un réel ou par un complexe du cercle unité sont mieux maîtrisées : iz , $\frac{z}{z}$ ou $\frac{1}{z}$ ne sont plus seulement des opérations algébriques mais ce sont également des « gestes » géométriques. Le bilan, lors de la dernière « mise en commun » sur cet exercice, fait apparaître combien l'activité renforce la connaissance et la maîtrise du nombre complexe. La mise en commun est d'autant plus riche que, grâce au logiciel et à la facilité de mise en œuvre de la solution, chaque étudiant a pratiqué l'activité déductive et d'anticipation plusieurs fois. Il a donc, plus ou moins explicitement, au moins une ou des stratégies de résolution à défendre. C'est cette même répétition à faible coup du geste géométrique qui va permettre une éducation du regard : une notion d'« ordre de grandeur » du complexe va se mettre en place et permettre l'anticipation, dans d'autres situations plus ou moins connexes comme la recherche de racines carrées ou cubiques.

8 Voir la note 7!

3.2.2. Les TICE pour aider l'étudiant dans son autonomie

Notre dernier exemple de pratiques utilisant les TICE et les ressources décrites précédemment se situe – dans le cadre de l'Université de Sciences et Technologies Bordeaux 1. Il s'agit d'actions de terrain dont les motivations initiales sont de faciliter la transition lycée-université et de permettre aux étudiants d'acquérir progressivement leur autonomie. Toutes les actions s'appuient sur le serveur de formation ULYSSE⁹ qui a été élaboré conjointement par des enseignants et par une équipe d'informaticiens. Il est donc extrêmement bien adapté aux besoins de l'enseignement universitaire.

Outre les outils classiques des serveurs, il présente la caractéristique de proposer aux enseignants et aux étudiants des outils et services pédagogiques, par exemple les contrats pédagogiques et les guides d'activités.

Explicitons ce que sont les contrats pédagogiques: adaptés au profil des étudiants concernés et à l'objectif poursuivi, ils ont pour vocation de structurer le travail en ligne de l'étudiant et de le piloter; l'enseignant a une grande liberté quant à la structure et au contenu de ces contrats. Ils sont composés de guides d'activités qui donnent les consignes de travail sur des ressources sur lesquelles un lien est établi, permettant un accès direct et ceci, qu'il s'agisse des ressources de la médiathèque d'ULYSSE ou de ressources obtenues à l'aide d'un lien extérieur (notamment l'UeL et Wims). Ils contiennent des conseils et des aides méthodologiques.

Les usages sont déclinés essentiellement suivant deux axes dont la caractéristique commune est d'être un accompagnement de l'enseignement présentiel.

1) Accompagnement et compléments de l'enseignement présentiel classique (cours, travaux dirigés) intégré dans un scénario global, alliant et enrichissant les formes classiques de transmission des connaissances.

Ce travail sur ULYSSE a lieu pendant des séances figurant sur l'emploi du temps, tutorées et se déroulant dans un centre de ressources informatique multimédia (l'espace ALPHA). Ce travail est piloté par l'équipe pédagogique qui assure l'ensemble de la formation. Un de ses membres élabore le contrat et les guides d'activités à partir desquels l'étudiant va travailler et ceci en complète cohérence avec le déroulement de la formation en salle de cours. Cela permet aussi un retour sur l'activité des étudiants par l'intermédiaire des tuteurs. Ce type d'action a lieu depuis plus de 5 ans et concerne les étudiants des deux premières années d'Université, à raison d'environ 1000 étudiants par an pour les mathématiques. Voici une copie d'écran de ce type de contrat.

9 <http://www.ulyссе.u-bordeaux1.fr>

Votre contrat
12/09/2005

MISMI : Mathématiques de base avec méthodologie-Maths / 2003-2004
Ce contrat indique les séquences de travail tutorées en mathématiques pour les séries IA et ID durant le premier semestre 2003-2004

Objectifs : Approfondir et vérifier ses connaissances avec l'aide d'un tuteur sur le programme de l'UE Mathématiques de Base du semestre MISMI (semestre d'orientation de la Licence Sciences et Technologie)

Profil : Etudiants des séries IA et ID / Année universitaire 2003 / 2004

Mots clés : Autoformation tutorée, méthodologie, mathématiques, MISMI, Licence Sciences et Technologie

Commentaires
Les séquences de travail sont indiquées au fur et à mesure de l'avancement du cours. Elles sont obligatoires et leurs contenus seront considérés comme acquis pour les évaluations (Interrogations et Devoirs Surveillés). Des ressources sont aussi données en référence mais ne sont pas à travailler pendant les heures de tutorat.

Guides des activités

Séance 1 d'Autoformation" Guide du 06/10/2003 au 10/10/2003 à 20:00	Travail effectué ..
Séance 2 d'Autoformation Guide du 13/10/2003 au 17/10/2003 à 20:00	Travail effectué ..
Séance 3 d'autoformation Guide du 20/10/2003 au 24/10/2003 à 20:00	Travail effectué ..
Séance d'autoformation 4 Guide du 27/10/2003 au 31/10/2003 à 20:00	Travail effectué ..

2) Aide au travail personnel de l'étudiant, en autonomie (soit depuis chez lui, soit dans un centre de ressources informatiques), éventuellement accompagné par des tuteurs (étudiants avancés). Dans les deux cas, ce travail peut se faire soit à partir des ressources structurées sur ULYSSE par le graphe des connaissances, soit à partir de contrat et de guides d'activités adaptés, élaborés par un enseignant. Voici une copie d'écran de ce type de contrat.

The screenshot shows a web interface with a navigation bar at the top containing 'Communication' and 'Recherche'. Below this is a header section titled 'Votre contrat' with the date '12/09/2005'. The main content area is titled 'MISMI-Mathématiques de base-Semestre 1-Formation standard-2003/2004' and contains the following text:

Objectifs : L'objectif de ce contrat est une aide pour un travail personnel efficace. Ce contrat fournit les ressources de cours en références, et des ressources d'exercices guidés et d'autoévaluation permettant une organisation du travail d'entraînement.

Profil : Ce contrat s'adresse à tous les étudiants inscrits au MISMI, pendant le semestre d'automne de l'année universitaire 2003/2004.

Mots clés : Automne 2003, MISMI, mathématiques.

Below this is a section titled 'Guides des activités' which contains a table of activities:

Titre	Travail effectué
Base de logique et théorie des ensembles. Guide du 18/09/2003 à 0:01 au 10/01/2004 à 0:01	Travail effectué --
Nombres réels Guide du 18/09/2003 à 0:03 au 10/01/2004 à 0:03	Travail effectué --
Suites réelles ; limites de suites. Guide du 18/09/2003 à 0:04 au 10/01/2004 à 0:04	Travail effectué --
Fonctions numériques : Introduction aux notions de limites. Guide du 18/09/2003 à 0:05 au 10/01/2004 à 0:05	Travail effectué --

On the right side of the interface, there is a 'Commentaires' section with a decorative graphic.

On notera les différences entre les contrats dans ces deux types d'objectifs : dans ce dernier cas, le contrat est structuré par thèmes et non pas comme précédemment par séances d'autoformation. De plus dans ce dernier cas, les guides sont tous mis en ligne dès le début du semestre alors que dans le cas précédent, ils sont mis en ligne chaque semaine.

4. Conclusion

Les TICE font maintenant partie de l'environnement naturel des jeunes et de leur approche de l'information au même titre et parfois plus que le livre et l'écrit. Elles peuvent aider à pallier les difficultés liées à l'hétérogénéité de la population étudiante actuelle : en effet, elles sont un outil d'individualisation, parfaitement adapté aux pédagogies actives, diversifiées et différenciées. Elles permettent de tendre vers du « sur mesure ». Pour l'étudiant, c'est un outil de travail personnel où il est guidé, tout en étant libéré des classiques unités de lieu, de temps et d'action de la tragédie classique. Cela lui permet de faire un apprentissage progressif de l'autonomie et de prendre du temps pour affronter à son rythme des tâches non nécessairement immédiates. De plus, l'étudiant est nécessairement actif dans cette partie de sa formation. Enfin, la richesse d'expression du support (structuration des contenus sur plusieurs niveaux, visualisation, simulation, interactivité...) constitue un atout supplémentaire et irremplaçable.

Cependant, lorsqu'on utilise le support numérique dans les actions de formation, le contexte est essentiel et conditionne complètement la réussite des actions. Nos exemples l'ont illustré : il est absolument nécessaire de donner un sens aux actions et de ne pas déconnecter l'apprentissage sur ces médias des autres formes d'apprentissage. Autrement dit, il y a nécessité d'un scénario construit de manière cohérente, même si l'étudiant peut réaliser son travail en complète autonomie. Il ne s'agit donc pas de remplacer l'enseignant dans son rôle de formateur et de médiateur de la connaissance mais au contraire, de lui permettre un recentrage sur les aspects fondamentaux du métier d'enseignant-formateur, sur ceux où il est irremplaçable.

Références

- Artigue *et al.* (1990) *Enseigner les mathématiques en DEUG A première année, principes et réalisations*. Brochure de la commission inter IREM Université, IREM de Paris 7.
- Bretenoux G., (2003) *Apprendre autrement des mathématiques avec les TICE*. Actes du colloque de Metz «L'enseignement des mathématiques du collège au premier cycle de l'Université» octobre 2003.
- Cazes C., Gueudet G., Hersant M., Vandebrouck F., (2005) *Problem solving and Web resources at tertiary level*. CERME 2005.
- Cazes, C., Vandebrouck, F. (2003) *Analyse d'un exemple d'intégration de TICE dans une formation d'enseignement supérieur*. Actes du colloque ITEM, IUFM de Reims <http://www.reims.iufm.fr/Recherche/ereca/itemcom/>.
- Gueudet, G., Houdebine J., (2003) *Une base d'exercices en ligne à l'université*. Actes du colloque ITEM 2003, IUFM de Reims. <http://www.reims.iufm.fr/Recherche/ereca/itemcom/>.
- Hersant M., Vandebrouck F, (2006) Bases d'exercices en ligne et phénomènes d'enseignement-apprentissage. *Repère IREM* numéro 62, janvier 2006.
- Pian J. (1999) *Diagnostic des connaissances de Mathématiques des étudiants de Capes, vers une interprétation cognitive des apprentissages individuels*. Cahier de Didirem n° 34 Paris 7.

Pour joindre les auteurs

Geneviève Bretenoux

Patrick Frégné

IREM de ROUEN, UFR des Sciences, université de Haute-Normandie

76821 Mont Saint Aignan cedex, France

Courriel : pf@univ-rouen.fr

Gwenola Madec

Fabrice Vandebrouck

Équipe Didirem, Université Paris 7, France

Courriel : fabrice.vandebrouck@univ-evry.fr