

Haute Ecole Pédagogique - BEJUNE

Recherche
ch. de la Ciblerie 45
2503 Bienne

T 032 886 99 51
F 032 886 99 95
pf5@hep-bejune.ch
<http://www.hep-bejune.ch>



Compléments informatisés pour l'apprentissage de notions mathématiques

Auteurs Anne Maréchal
 Antoine Gaggero
 Avec la collaboration de Luc-Olivier Pochon, IRDP

Date Mai 2007

Table des matières

RÉSUMÉ	3
INTRODUCTION	4
PROBLÉMATIQUE	6
MÉTHODOLOGIE	7
OPÉRATIONNALISATION	8
Deux types de contenus :	8
Description des dossiers DDE (étude approfondie sur un thème)	8
Description des dossiers DDA (analyse d'une seule activité)	10
Trois formes de présentation :	11
Navigation dans les documents	13
Le contenu de la première page	14
Déroulement de la troisième étape	20
ANALYSE DES RÉPONSES AUX QUESTIONNAIRES	21
A propos de la forme des supports d'accompagnement	21
Une question de présentation	21
L'accessibilité à l'information	22
Le type de support préféré	23
A propos des contenus des supports d'accompagnement	24
L'accès par des liens hypertexte	24
Le pointage des liens	26
Le contenu de la première page	26
AMÉLIORATIONS SOUHAITÉES PAR LES ÉTUDIANTS	28
La forme	28
Le fond	28
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES FUTURES	29
Les résultats	29
Vue d'ensemble	29
Rapidité d'accès à l'information	29
Le maintien du contrôle	29
Exercices et pistes de différenciation	30
Évolution du profil des étudiants	30
Regard sur le dispositif	30
Perspectives	30
Enjeux pour la didactique des mathématiques	31
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	32
Autres références	33
ANNEXES	35

RÉSUMÉ

Dans le cadre de la formation des enseignants en didactique des mathématiques, des demandes de compléments méthodologiques à l'utilisation des moyens d'enseignement romands ont été formulées. Le manque de "support utilisateur" est apparu tant sur le plan de la formation technique pour les mathématiques de base que sur celui de la documentation et de l'explicitation des enjeux de certaines activités, en particulier dans le cadre de la résolution de problèmes et des problèmes dits "ouverts". Face à ces besoins en formation/information, la recherche tend à identifier les types d'aides les plus profitables aux futurs enseignants. Pour ce faire, des moyens informatisés, supports à l'enseignement pour les moyens d'enseignement mathématiques 4P et 5P, ont été créés à fins de test. Mis à l'épreuve, les résultats de cette recherche sont livrés ici. Ils devraient permettre d'imaginer à moyen terme des procédures réalistes de développement de moyens informatisés pour mettre à disposition des futurs enseignants et des enseignants des outils ciblés sur leurs besoins réels.

INTRODUCTION

Cette recherche s'inscrit dans un contexte qu'il nous paraît important de souligner. En effet, le public d'étudiants ainsi que les plans d'études en vigueur dans la Haute Ecole Pédagogique de l'Arc jurassien (HEP-BEJUNE) nous ont amené à chercher diverses solutions pour aider les étudiants à parfaire la formation qui leur est dispensée.

Pour beaucoup d'étudiants, l'approche socio-constructiviste de l'apprentissage des mathématiques que prônent les moyens d'enseignement romands est quelque peu déstabilisante. Différents obstacles à une bonne mise en œuvre didactique apparaissent. Dans certains cas, ils émanent d'un besoin technique à charge de revisiter ou de « réactiver » les connaissances de base afin de s'assurer du bien fondé des éléments en cause dans la situation-problème qui est présentée. Dans d'autres cas, ils proviennent de besoins d'informations de type didactique voire épistémologique à fin de transposition didactique.

Au sein de la HEP-BEJUNE, le temps de formation présentielle, dédié aux cours de didactique des mathématiques est d'environ 80 périodes. Ceci ne permet pas de développer une aide suffisante en rapport avec les besoins avérés. Ce cursus est réparti sur 3 années à raison d'environ 12 séances d'une heure et demie par an. C'est dans ce temps que l'étudiant suit une formation à la fois méthodologique et didactique axée sur les contenus traités en classe de mathématique de l'école infantine (2 années) à la 6^{ème} année primaire. Ce temps de formation ne permet souvent qu'un survol de la matière à traiter, d'autant plus que certains étudiants n'ont pas toujours l'occasion d'enseigner fréquemment cette branche.

Lors des cours de didactique, nous avons pu observer des difficultés dans la compréhension des éléments nécessaires à la transposition didactique. Les difficultés rencontrées résultent principalement des lacunes au niveau des connaissances de base en mathématique voire même de conceptions erronées au sujet de certains concepts. Ce constat n'est pas nouveau, plusieurs auteurs ont en effet observé une maîtrise inadéquate des connaissances mathématiques chez les futurs maîtres du primaire (Morin, 2006).

Une conséquence de ces difficultés réside dans la crainte des futurs enseignants à aborder certaines situations problèmes proposées par les moyens romands et à, soit les éviter, soit à les transformer en situation de type "exercice d'application d'une recette". Ce type d'attitude péjore les intentions et la philosophie des moyens romands, ce qui n'est pas acceptable.

Au sein de notre pratique de formateurs, ces lacunes sont apparues si importantes qu'il a fallu mettre en place des examens de connaissance de base en mathématiques (niveau basique de fin d'étude de 9^{ème} année) afin de mobiliser chez les étudiants d'une part la prise de conscience de ces lacunes et d'autre part la "revisitation" des concepts de base à la lumière des finalités des programmes romands. La maîtrise insuffisante de notions telles que la proportionnalité, les structures et le fonctionnement des opérations de base nous ont amené à devoir réviser certains concepts avant de pouvoir entrer dans les sujets plus spécifiquement didactiques. Cette révision est essentielle pour entrer dans la réflexion didactique propre à l'intention générale des moyens romands, à savoir l'apprentissage des mathématiques au travers de la résolution de problèmes.

Si le maître doit permettre à l'élève de construire et d'utiliser des outils mathématiques (de calcul, de mesure, de représentation, de classement, etc.), de comprendre le fonctionnement et d'employer divers instruments tels que règle graduée, calculatrice, etc., il doit aussi avoir lui-même compris la construction des concepts relevant des sujets traités. Il en va de même s'il veut permettre à ses élèves d'explorer des notions, des propriétés et des relations dans différents

domaines, que ce soit pour le domaine des nombres, des grandeurs ou des figures du plan et de l'espace.

Une session d'examens portant sur les mathématiques de base, a été créée pour évaluer les compétences disciplinaires préalables à une formation en didactique des mathématiques. Ce processus a été soumis à 3 volées d'étudiants. En première passation, entre 36 et 70% des étudiants échouent sur des notions portant sur une matière traitée jusqu'en 8^{ème} année. Si les problèmes engendrent le plus grand taux d'échec, on constate également que de simples calculs de prix soldés ou autres concepts de la vie courante posent problème. De plus, certaines notions géométriques ou de mesures ayant trait au calcul d'aires ou de périmètres révèlent une compréhension erronée de sujets à traiter en 2^{ème} année primaire déjà ! Enfin lorsque l'on demande aux étudiants d'illustrer un concept mathématique par un exemple de situation tirée de la vie courante, on ne trouve quasi plus de réponse correcte.

Différents auteurs avaient déjà relevé ces difficultés. Baturu & Nason (1996), par exemple, ont effectué une recherche sur la compréhension des futurs enseignants concernant la notion d'aire. Les résultats montrent que les sujets interrogés ont une compréhension erronée de la mesure d'aire et qu'ils ont de la difficulté à y associer une représentation concrète.

Toutes ces lacunes relevées chez les étudiants ne sont évidemment pas sans conséquences sur leurs compétences à penser la transposition didactique d'un concept mathématique. L'attitude réflexive, dont ils doivent faire preuve lorsqu'ils font l'analyse a priori d'une activité mathématique, ne peut être conduite raisonnablement si les concepts en jeu ne sont pas clairement identifiés. Leur compétence à favoriser la construction du savoir chez l'enfant est donc insuffisante. La philosophie constructiviste prônée par les moyens d'enseignement romands ne permet pas de tolérer de telles carences chez le futur enseignant.

Ceci explique le pourquoi de la mise sur pied de cette recherche-action qui examine un moyen de remédier à ces carences.

PROBLÉMATIQUE

La recherche est centrée sur le projet de proposer aux étudiants, futurs enseignants, des pistes et des solutions pour améliorer leur motivation à entrer dans le domaine des mathématiques.

Ce qui devrait répondre aux besoins des enseignants ou des étudiants en matière de formation de base et de formation à la didactique.

Pour atteindre ce but, différents moyens peuvent être envisagés pour accompagner des étudiants dans la construction d'un savoir situé et positionné dans un contexte d'enseignement. Comme le cursus des cours ne permet pas de donner tous les apports nécessaires sous forme présentielle, nous avons envisagé d'utiliser différents outils liés aux TICE.

La technologie de l'information et des communications (TIC) peut s'avérer un outil efficace, encore faut-il que le public y soit acquis et que les aides offertes au moyen de ces techniques soient utilisées et motivantes. Différentes études¹ portant sur l'intégration des TICE dans les cours de didactique des mathématiques ont montré leurs effets positifs tant au niveau des apports théoriques (compréhension des concepts) qu'au niveau de l'attitude générale face aux mathématiques.

Il est également important de considérer l'attitude des futurs enseignants face aux mathématiques. En effet, beaucoup de facteurs entrent en compte dans la compétence à transposer le savoir à fin d'enseignement. Et pour amener les futurs enseignants vers une meilleure compréhension des concepts en jeu, il faut non seulement les amener à acquérir ou à approfondir des connaissances mathématiques et didactiques, mais également les aider à avoir une meilleure attitude face aux mathématiques voire une meilleure estime d'eux mêmes dans ce contexte.

La mise à disposition d'outils de type "support utilisateur" tant sur le plan de la révision de notions de base que sur les plans méthodologique et didactique est concrétisée par l'apport de compléments de documentation. Ceux-ci sont destinés à faciliter la mise en perspective des consignes et des enjeux tout en travaillant sur une pratique régulière de l'analyse a priori.

Mais il ne suffit pas de mettre à disposition des moyens de formation ou de documentation. Encore faut-il que ces moyens soient assez attractifs pour qu'ils soient régulièrement consultés et que leur consultation ait une portée d'enrichissement et de formation. Dans une optique pragmatique, on sait que le support sur lequel est présentée la matière à étudier est important et que la facilité d'accès à l'information détermine la motivation à apprendre ou à se documenter.

Notre recherche a pour objet d'observer les préférences de modes de consultation et d'apprentissage. Pour cela, nous avons développé des ressources présentées sous différentes modalités de volume d'information et de type de présentation multimédias. Nous tenterons ainsi de mettre en évidence des formes et des contenus de "supports d'accompagnement" qui semblent avoir les faveurs des enseignants en formation ou sur le terrain.

Une recherche précédente (Maréchal & Pochon, 2006) a permis d'établir des profils d'attitude des étudiants face aux nouvelles technologies dans le contexte des nouveaux moyens d'enseignement romand en mathématique. Les résultats de cette recherche ont été exploités dans le cadre de la création des activités qui président à la recherche actuelle afin d'être en phase avec la façon dont les enseignants perçoivent les possibilités d'utilisation de diverses activités.

¹ Voir en particulier : Pochon, L.-O. & Maréchal, A. (2006). *Regard sur des activités mathématiques 'supportées' par les TIC*. Neuchâtel : IRDP.

MÉTHODOLOGIE

Notre recherche comporte trois étapes.

La première étape consiste à identifier les besoins en formation/information/support d'accompagnement des futurs enseignants et des enseignants de l'école primaire.

Sur le plan de la formation de base en mathématique, notre pratique de formation en HEP-BEJUNE nous a permis de bien cerner les besoins des étudiants. Le recensement des résultats aux tests « connaissances de base », des types de demande de formation complémentaire ainsi que l'observation du questionnement des étudiants lors des cours organisés à leur demande ont permis de bien cibler leurs besoins à ce sujet. Sur le plan des besoins en information méthodologique ou/et didactique, les nombreux entretiens informels avec des enseignants et des formateurs d'enseignants ont complété nos lectures des diverses publications analysant les conséquences de l'introduction des nouveaux moyens d'enseignement. En effet, depuis 1998, l'Institut de recherche et de documentation pédagogique (IRDp), en particulier, a publié les observations et les analyses des incidences de ces nouveaux moyens de mathématique. Leur "applicabilité", tant sur le plan des élèves que sur le plan des enseignants et des nouvelles pratiques engendrées, a été largement exposée. D'autres travaux exploratoires ont également été menés (Maréchal & Pochon, 2005). Ceux-ci ont permis de dégager les grandes lignes des types d'outils à mettre en œuvre.

La deuxième étape consiste à créer un "support d'accompagnement" informatisé destiné à fournir une aide aux enseignants et futurs enseignants.

Les renseignements glanés lors de la première étape sur le plan des besoins d'information/formation ont permis de choisir les types d'activités à documenter ainsi que les années à privilégier dans le cadre de notre recherche. Le fond étant donné, il fallait encore travailler la forme, car l'on sait à quel point la cosmétique, l'emballage, l'accessibilité à l'information voire le volume d'information sont à considérer si l'on veut être lu et entendu. C'est ainsi que pour un même contenu, divers choix ont été faits. Tant sur le plan du volume d'informations prodigué que sur le plan de sa présentation informatisée. Pour un même thème, on trouvera différentes formes de présentation multimédia mais un seul volume d'information. Les thèmes choisis relèvent des domaines "Opérations, fonctions et linéarité" et "Logique et raisonnement" dans les années 4P et 5P.

On trouvera plus loin une description détaillée des activités mises à l'épreuve lors de la passation des questionnaires ainsi que quelques compléments d'information concernant la structure de la présentation des activités placées sur l'environnement hypertextuel d'apprentissage, le Projet Ermitage. Le projet "Ermitage" propose à la fois une approche "document" et développe une métaphore de type "spatial". L'approche document signifie que la mise à disposition d'information se base sur la confection de documents. La métaphore spatiale est liée à des questions de recherche qui traversent le champ cognitif et social².

La troisième étape consiste à faire passer le questionnaire aux différentes volées d'étudiants HEP ainsi qu'aux enseignants du terrain.

Sur l'ensemble des étudiants, 20% ont bénéficié d'une formation didactique préalable de 1 ou 2 périodes sur le sujet avant de prendre connaissance des "supports d'accompagnement", les autres étudiants ont directement été questionnés sans avoir eu de cours préalable.

A la suite de la passation de ces questionnaires, divers entretiens individuels ont été menés afin soit de compléter la documentation soit de mieux comprendre certaines remarques.

² On trouvera une description plus approfondie du projet à l'adresse: <http://www.irdp.ch/thema/ermi-des.htm>. Pour accéder au site proprement dit : <http://www.irdp.ch/rmt/webexp/>

OPÉRATIONNALISATION

Le but de la recherche est donc de recueillir des informations sur les modes privilégiés des enseignants (étudiants) pour accéder à l'information et pour se former en mathématique de base et en didactique

Cherchant à dégager des pistes de formes et de contenus pour les "supports d'accompagnement", nous avons créé 2 types de contenus présentés sous 3 formes de présentation différentes.

Deux types de contenus :

Les dossiers à fin de documentation (DD), voire de formation ou de "revisitation" des savoirs, peuvent présenter un volume d'informations plus ou moins étoffé.

- type DDE : Étude approfondie sur un thème donné à partir d'une activité
- type DDA : Analyse et conseils méthodologiques autour d'une seule activité

Description des dossiers DDE (étude approfondie sur un thème)

Un dossier DDE a pour intention de partir d'une activité tirée des moyens d'enseignement (pour notre expérimentation, les années 4P ou 5P) pour créer l'amorçage qui permet d'entrer dans la problématique des concepts sous-jacents et les traiter de manière approfondie tant sur le plan des savoirs de base que des possibilités de transposition didactique.

La structure de base d'un DDE se présente comme suit :

Sur la première page : Une activité d'amorçage avec 2 intitulés :

- *"En un clin d'œil"* : les enjeux
- *"En savoir plus"* : présente des hyperliens pour aller découvrir des informations plus développées

L'activité d'amorçage dite "sous la loupe", pour reprendre une terminologie chère aux moyens romands, débute par sa consigne (voir p.14, Le contenu de la première page).

L'intitulé "En un clin d'œil" suit immédiatement la consigne. En 4 ou 5 items, il permet de cerner rapidement l'enjeu de l'activité. Il indique, succinctement en 2 ou 3 mots, l'objectif principal, le but à long terme et donne des suggestions au niveau matériel, temporel ou de gestion de l'activité.

L'intitulé "En savoir plus" présente plusieurs rubriques atteignables par hyperliens

On trouvera les rubriques :

- *La consigne*
- *Objectifs du thème*
- *Verticalité*
- *Le Coin du prof*
- *Le Coin des solutions*
- *Matériel*
- *Curiosités*

Nous décrivons ci-dessous les intentions des différentes rubriques :

La consigne : Cette rubrique donne un éclairage particulier sur le libellé ou le vocabulaire utilisé ou parfois, lève l'ambiguïté de la tournure de phrase utilisée.

Objectifs du thème : Cette rubrique rappelle les intentions et les objectifs. Elle décrit les finalités du thème ou du module auquel est rattachée l'activité. Elle présente les objectifs et savoir-faire attendus tant sur le plan des connaissances terminologiques que sur le plan de la connaissance des propriétés et des concepts en jeu.

Le Coin du prof : Cette rubrique permet d'aller plus loin dans le raisonnement. Elle présente des sous rubriques sous forme d'hyperliens telles que "Apports théoriques" et "Richesse de l'activité" qui apportent des compléments sur l'épistémologie des concepts en jeu par exemple. De plus, quelques éléments didactiques sont placés sous cette rubrique, en particulier les variables didactiques qui permettent de suggérer des pistes de différenciation.

Verticalité : Cette rubrique situe l'activité dans la progression des 6 années d'école primaire ainsi que son utilité dans le plan d'étude. Nous cherchons à montrer dans quelle temporalité placer les objectifs qui visent la mobilisation de la compétence en situation (temps de *Sensibilisation*, de *Construction*, de *Structuration* ou de *Consolidation* des notions en jeu).

Sous cette rubrique, en regard des objectifs ciblés, les activités des années précédentes et suivantes en rapport avec les concepts en jeu sont signalées par des hyperchamps. Ici l'intention est de permettre à l'étudiant-enseignant de prendre conscience de la construction des compétences et des savoirs mathématiques sur le moyen et le long terme. Ainsi, on cite et on engage (par les hyperliens) à visualiser l'aperçu de quelques activités qui, la (ou les) année(s) précédente(s), ont sensibilisé les apprenants aux concepts en jeu. On présente également des activités de consolidation ou de prolongement pour l'année en cours voire, le cas échéant, dans le programme de l'année suivante.

Matériel: Cette rubrique signale le matériel particulier nécessaire à la réalisation de l'activité et les éléments de faisabilité qui pourraient poser problème.

Le Coin des solutions : Cette rubrique présente les résolutions et/ou les solutions détaillées

Curiosités : Cette rubrique donne des astuces et propose des prolongements ou des ouvertures sur d'autres activités en complément de l'activité amorcée ou dans le cadre du thème qui abrite l'activité. On y trouve également des adresses de sites Internet qui présentent des variantes de l'activité ou des simulations qui permettent de s'exercer.

La structure de base et la philosophie du contenu des DDE est permanente même si, en fonction de la forme du document retenue, quelques adaptations ont dû être aménagées.

Description des dossiers DDA (analyse d'une seule activité)

Un dossier DDA a pour intention de résoudre une seule activité tirée des moyens d'enseignement de manière détaillée et analyser quelques aspects techniques ou didactiques (pour notre expérimentation, les années 4P ou 5P).

Le dossier DDA répond à des observations faites dans le terrain et à des entretiens avec nos étudiants. Certaines activités sont mal aimées et donc soit rarement abordées en classe, soit introduites avec de mauvaises finalités. Cela tient à notre avis à trois raisons essentielles:

- la donnée est difficilement compréhensible dans un laps de temps raisonnable,
- l'enjeu et la portée de l'activité n'est pas comprise,
- la personne n'est pas capable de résoudre l'activité.

Un dossier DDA propose donc une activité clé en main pour les enseignants en développant principalement les points suivants :

- analyser de manière détaillée une seule activité tirée des moyens d'enseignement. Pour notre expérimentation, nous avons choisi une activité de 4P et une de 5P,
- mettre en évidence l'enjeu de cette activité,
- résoudre de manière détaillée cette activité,
- proposer des variantes de l'activité.

La structure de base d'un DDA se présente comme celle d'un DDE même si certaines différences apparaissent selon le support adopté. Ces différences sont essentiellement dues à la gestion de la surface écran disponible.

Avec les documents réalisés sous Word, la première page présente l'activité avec 2 rubriques :

- "En un clin d'œil" : les enjeux
- "En savoir s" : présente des hyperliens pour aller découvrir les "plus" déclinés également sous plusieurs rubriques.

Sur les documents PowerPoint, la première diapositive ne présente que des liens hypertextes dont celui pointant sur le libellé de l'activité.

Dans les DDA, les différentes rubriques atteignables par hyperliens sont fort proches de celles des DDE, elles se nomment :

Donnée de l'activité : Cette rubrique donne le libellé de l'activité étudiée conformément au texte du manuel officiel. Nous n'avons pas modifié la consigne.

Verticalité : Cette rubrique ouvre sur d'autres activités similaires des manuels officiels de la première à la sixième. Ici, comme pour les DDE, nous avons voulu sensibiliser nos étudiants à la continuité des thèmes abordés au travers des années.

Le Coin du prof : Cette rubrique propose des informations, des démonstrations et des explications plus détaillées au sujet de l'activité. L'étudiant-enseignant peut ainsi élargir sa compréhension du problème s'il l'estime nécessaire.

- En un clin d'œil :* Cette rubrique donne notre point de vue sur cette activité en quelques mots-clé. Ces indications permettent de se faire rapidement une idée, tant sur le plan de la gestion du temps que sur celui des contraintes matérielles ou encore des objectifs visés. L'étudiant-enseignant pourra ainsi, sans perdre de temps, décider si cette activité peut s'insérer dans sa planification.
- Le Coin des solutions :* Cette rubrique fournit toutes les solutions du problème. Nous avons voulu répondre à une requête très forte des étudiants-enseignants qui désirent pour la plupart posséder les solutions des problèmes abordés.
- Matériel :* Cette rubrique inventorie et le cas échéant décrit le matériel nécessaire à l'activité.
- Curiosités :* Cette rubrique renvoie à des sites Internet qui proposent des activités ou des illustrations en lien avec le problème abordé. Nous espérons par cette démarche susciter la curiosité des étudiants-enseignants.
- Variables didactiques:* Cette rubrique est particulière aux DDA et développe des propositions de variables didactiques pour élargir ou modifier la donnée, ainsi que les solutions y afférentes. Elle permet de prendre connaissance de variantes de l'activité-phare. Ces variantes sont choisies dans les registres "plus facile", "plus difficile" voire "prolongements".

Trois formes de présentation

Nous avons choisi les formes *Document texte*, *Diapositives* et *Site Internet* (Ermitage) afin de tester les préférences de présentation.

Description du document texte (Word) dit « Écran imprimable »

Ce type de présentation permet au lecteur de se déplacer comme dans un document de type texte. Il peut parcourir le texte en utilisant l'ascenseur vertical et ainsi avancer de manière linéaire de page en page ou accéder à certaines zones par des hyperliens placés dans le document. Une table des matières, sous forme de liens hyperliens, est présente au début du document et le lecteur peut consulter le dossier en accédant aux chapitres qui l'intéressent. De plus lorsqu'il désire imprimer, la mise en page est adéquate. L'annexe I présente un document long et l'annexe II présente un document court.

Description du document PowerPoint

La présentation sous forme de diapositives permet une consultation d'écrans successifs peu chargés en texte et donnant immédiatement la vision de l'ensemble du contenu de la "page". Elle offre également une consultation guidée quasi linéaire sans beaucoup de propositions de détours par des liens hyperliens. En revanche, cette présentation n'offre pas réellement l'occasion d'imprimer le contenu car la mise en page et le pourcentage d'occupation de page ne se prêtent guère au format privilégié A4. L'annexe III présente un document court.

Description du document Ermitage

Ermitage se présente comme un environnement d'apprentissage dédié aux mathématiques. Il met à disposition des ressources de différents types qui vont de l'activité isolée à des éléments d'histoire des mathématiques en passant par des thèmes liés à la didactique. L'environnement Ermitage se présente sous une forme particulière : un musée. La métaphore spatiale, celle du musée, a été utilisée de manière à offrir une manière originale de consulter l'information. Ainsi à partir de repère tels que "ailes" du bâtiment, "étages", "zones" et "salles", l'apprenant trouve et retrouve des informations. Cette option a été prise pour tenir compte d'expériences antérieures (Bourquard, 1998). Le fait que l'idée du musée ait été choisie comme habillage est donc lié à la possibilité d'exprimer divers types de contenus par des zones spéciales, par exemple : les salles d'"expositions temporaires", les "réserves", le "hall d'entrée", le "bureau du conservateur". La métaphore du musée porte également en elle d'autres visées : permettre d'"imager" des liens entre disposition spatiale et relations entre les contenus, permettre aussi de concrétiser l'idée qu'il existe des lieux qui détiennent certaines informations. Le procédé de navigation est donc plus complexe qu'une simple navigation à l'aide d'hyperliens ou de page en page. Pour étudier un sujet, il faut se rendre dans une salle virtuelle qui se présente sous la forme d'un écran divisé en 5 parties, chacune présentant des liens hypertextes. L'annexe IV montre la structure du site et quelques exemples d'écran, métaphores de salles.

Navigation dans les documents

La navigation par liens hypertextes dans les documents texte et diapositives

Par souci d'uniformité, les liens sont implémentés de la même manière dans les documents Word ou PowerPoint. Chaque lien propose à l'enseignant une page d'information. Les liens faisant appel aux rubriques-type, sont actifs chaque fois qu'ils sont pertinents. L'idée directrice de ces rubriques-type consiste à habituer l'apprenant à retrouver des rubriques qui lui deviennent familières et dont il va finir par saisir intuitivement les enjeux tant sur le plan du bagage culturel mathématique que sur celui de la transposition didactique.

La navigation par liens hypertextes dans le site Ermitage

Étant donné la structure de base inhérente à Ermitage, la navigation, même si elle se fait également par liens hypertextes, ne déroule pas les informations de la même manière puisque que le squelette "page écran" est divisé en 5 parties (Fig. 1). On peut observer ci-dessous un exemple de ce fenêtrage en 5 zones.

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer window with the address bar displaying <http://www.ciip.ch> - ermitage. The page content is divided into five distinct zones:

- Zone 1 (Top Left):** A vertical navigation menu with links such as "Objectifs du thème ()", "Le puzzle ()", "Le coin des solutions ()", "Verticalité ()", and "Le coin du prof ()".
- Zone 2 (Middle Left):** A section containing "La balance ()" and "Le coin du prof ()".
- Zone 3 (Bottom Left):** A red area with navigation buttons labeled "Sortie" and "Téléporteur".
- Zone 4 (Top Right):** The main content area titled "La balance" with the text: "Le Thème: La proportionnalité; L'Enjeu: Tableau de correspondance." Below this is a red text problem: "Le poulet se demande combien coûteraient ses petits frères qui ne font respectivement que 500 et 650 grammes et quel est le poids de son grand frère".
- Zone 5 (Bottom Right):** A cyan area containing a cartoon of a chicken on a scale and a copyright notice: "(c) ABORD & HEP-BEJUNE, 2006 Référence: 5P-Thème 9, Applications, Exercice 4, LE p. 87 - La Balance -".

Figure 1 : Un exemple d'exercice situé dans la salle avec ses 5 zones

Le contenu de la première page

L'étude des sujets traités commence toujours par une première page, Word ou PowerPoint, présentant un exercice tiré des moyens d'enseignement romands officiels. Nous avons placé la consigne comme une *amorce* qui est censée attirer le lecteur et lui donner envie de creuser plus loin la notion en jeu. Nous nous basons donc sur la curiosité et la motivation engendrée par l'amorce pour attirer l'étudiant vers cette activité.

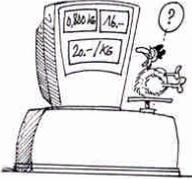
Pour les documents PowerPoint, la première diapositive est structurée de manière à montrer l'ensemble du contenu. Dans certains cas, nous présentons d'emblée l'activité *Amorce* sur cette première page (Fig. 2). Dans d'autres cas, nous ne présentons que des liens hypertextes dynamiques dont celui qui pointe vers l'activité *Amorce* (Fig. 3).

5P Thème 9 Applications

Exercice 4 , LE p. 87 « La Balance »

LE THÈME : LA PROPORTIONNALITÉ
L'ENJEU : TABLEAU DE CORRESPONDANCE

Consigne :
Le poulet se demande combien coûteraient ses petits frères qui ne font respectivement que 500 et 650 grammes et quel est le poids de son grand frère qui est vendu à 24 Fr.



EN UN CLIN D'ŒIL :

- Proportionnalité (versus non proportionnalité)
- Mangeur de temps : non
- Accessible à tous
- Travail sur les propriétés de la linéarité
 - Méthodes de résolutions (Recherche pour 1, propriété du produit, de la somme)
- 1. Modes de représentation des données
 - Représentations schématiques sous forme de tableaux de correspondance

EN SAVOIR PLUS

[Objectifs du thème](#) [Verticalité](#) [Curiosités](#)
[Coin du prof](#) [Coin des solutions](#)

Fig. 2 : Première diapositive présentant d'emblée l'activité *Amorce*

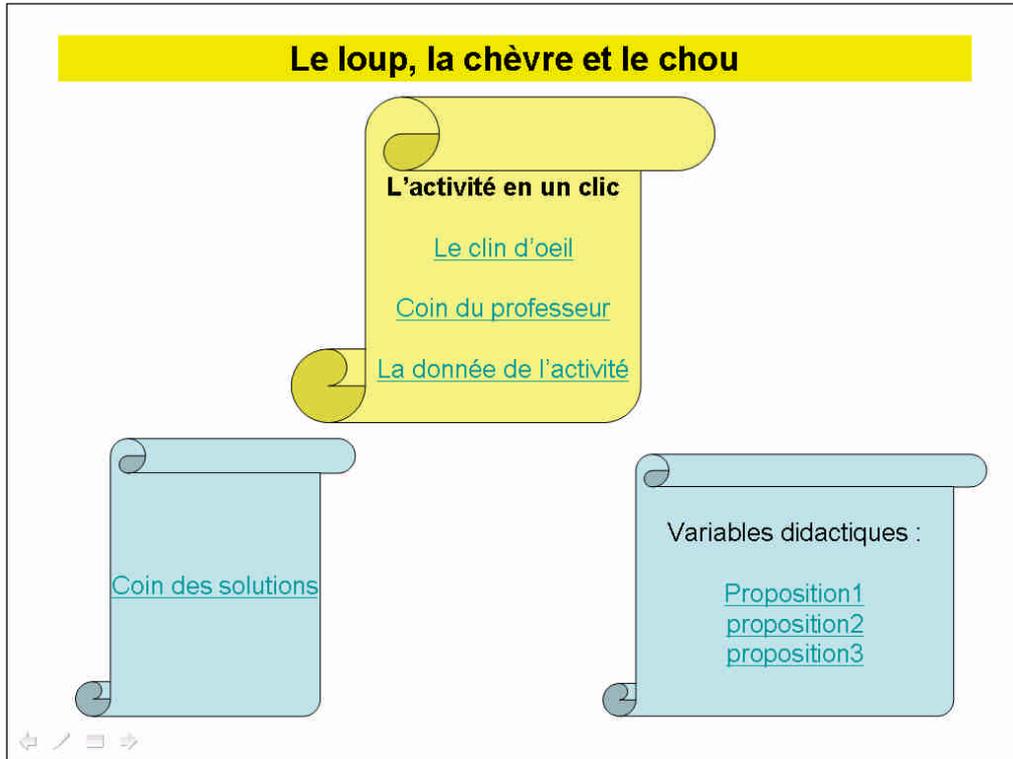


Fig. 3 : Première diapositive présentant différents liens dont le lien sur l'Amorce

5P / Thème 6 / Division dans N

Ex 3 / p 58 / Piles de jetons



Chaque élève d'une classe reçoit 87 jetons et les empile de la manière suivante :

- Il choisit un nombre de piles supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à 87 ;
- Puis il place les jetons par pile, puis les retourne jeton par pile, et ainsi de suite, de sorte que toutes les piles soient de même hauteur, c'est-à-dire aient le même nombre de jetons ;
- Il met de côté les jetons qui restent lorsqu'il n'y en a plus assez pour en placer un sur chaque pile.

Voici quelques réflexions d'élèves de la classe, entendues après que chacun a formé ses piles :

Adalbert : J'ai 2 jetons par pile et il m'en reste 27.

Basilio : J'ai 15 piles et il me reste 12 jetons.

Corneille : J'ai aussi 15 piles, mais il me reste 27 jetons.

Dilette : J'ai le même nombre de piles que de jetons.

Esmeralda : Comme François, il me reste aussi 27 jetons, mais j'ai 26 piles de plus que lui.

Gédéon : Comme Héloïse et Koldo, il me reste 3 jetons. Mais mes piles ont 2 jetons de plus que celles d'Héloïse et 3 jetons de moins que celles d'Koldo.

Peux-tu savoir, pour chacun de ces élèves, le nombre de ses piles, le nombre de jetons par pile et le nombre de jetons qui restent ?

Peux-tu dire quel est l'élève qui n'a pas respecté les consignes ?

En un clin d'œil

- Recherche, mais parfois, organisation des résultats.
- Actitude louée, mais intéressante.
- Actitude stimulante par sa formulation.
- Domaine arithmétique.
- Toutes les situations demandent la recherche, il faudra réserver l'activité Gédéon aux élèves plus performants.
- Une bonne attitude pour introduire et consolider la division euclidienne.

En un clic

[Description de thème](#)

[Cohérence de professeur](#)

[Cohérence des solutions](#)

[Consignes](#)

[Matériel](#)

[Verticalité](#)

Fig. 5 : Première page présentant d'emblée l'activité *Amorce* mais sans table des matières

Pour le site Ermitage³, la question de la première page se pose différemment étant donné le fenêtrage en cinq parties. On constate également que tous les éléments nécessaires à la vue d'ensemble du dossier figurent sur le premier écran (Fig. 6).

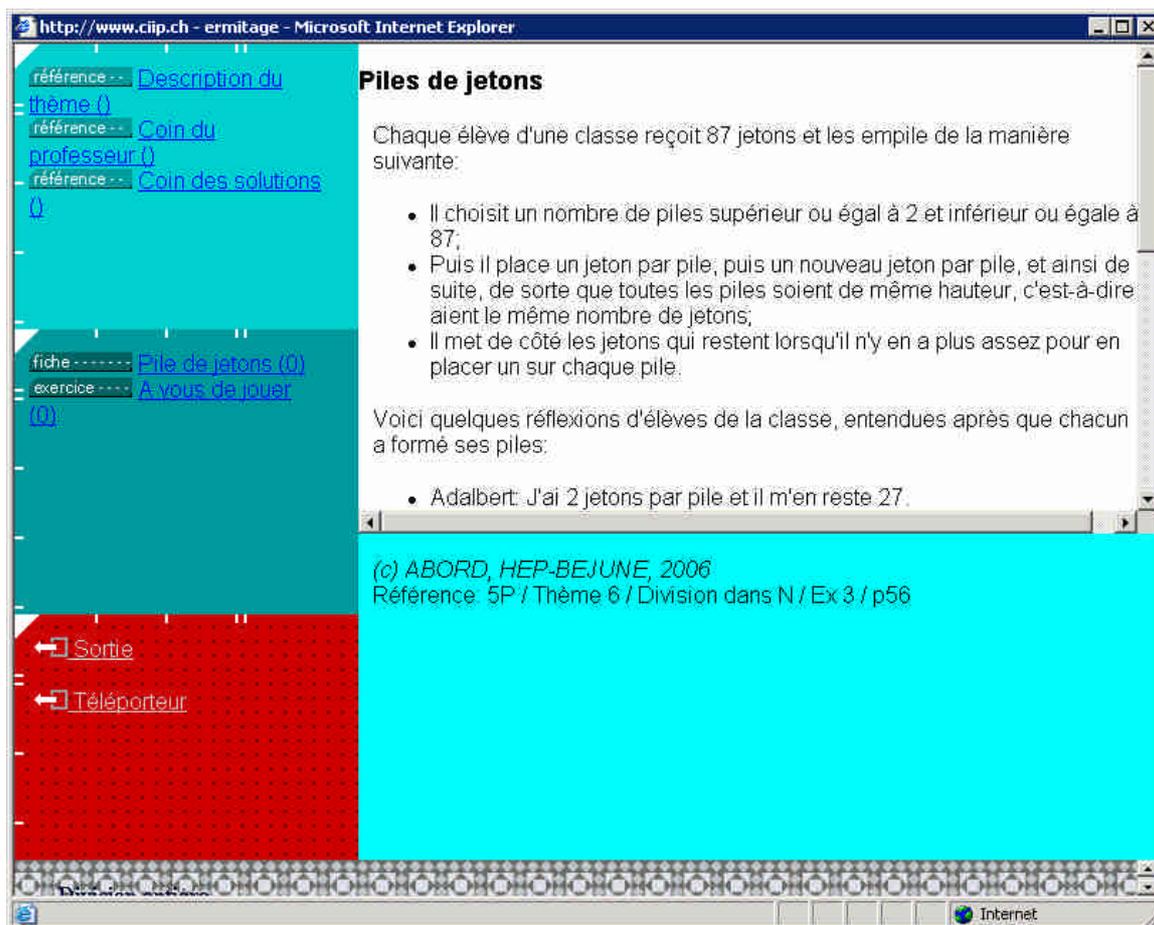


Figure 6 : Activité interactive correspondant à l'exercice "Pile de jetons" des moyens 5P d'enseignement romand.

³ Le site Ermitage a été conçu par L.-O. Pochon qui a transposé à notre demande quelques activités que nous testons. L'environnement Ermitage étant pré-existant à notre recherche, certaines rubriques ne sont pas totalement identiques aux nôtres. En particulier, l'hyperchamp "A vous de jouer" qui consiste en une simulation informatique permettant de s'exercer en ligne avec auto-évaluation n'existe pas dans nos documents Word ou PowerPoint.

La figure 7 ci-dessous illustre l'écran initial de l'activité intitulée "Pile de Jetons" dans les moyens officiels. Re transcrite dans l'environnement Ermitage sous le titre de "Saute-mouton", elle a l'avantage de permettre de "jouer la partie" par le truchement du "tirer-glisser" de la souris. L'interaction ici est un atout fort important qui permet à l'étudiant de tester l'activité avant de la résoudre. De plus, cette simulation peut se faire selon 2 points de vue : celui de la machine (démonstration) ou celui de l'apprenant qui peut "tâtonner" pour trouver la solution. On trouve également dans cet environnement la possibilité de *jouer* les variables didactiques ou les variantes en activant les liens "Saute-mouton (2)", "Saute-mouton (3)" ou "Saute-mouton (4)".

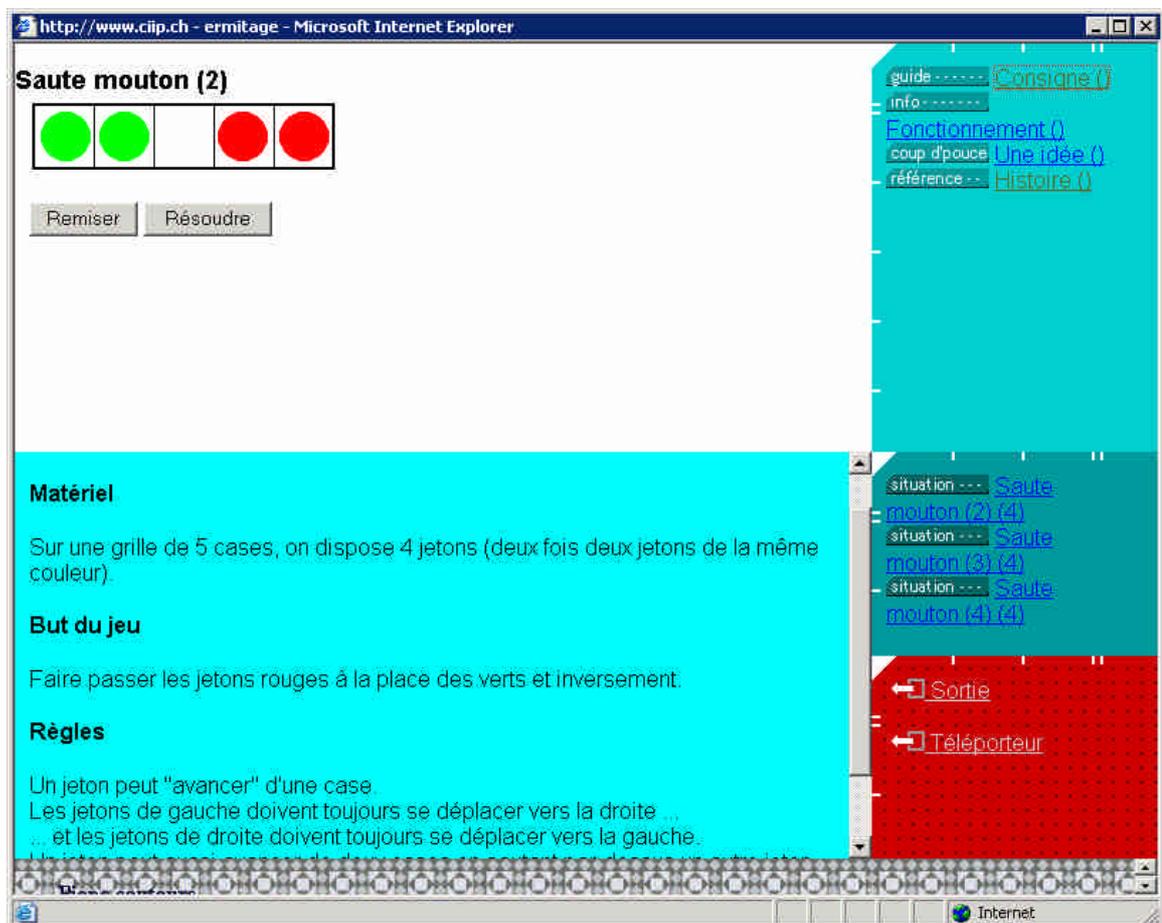


Fig. 7 : Activité interactive correspondant au jeu "Saute-mouton" des moyens 5P d'enseignement romands

Déroutement de la troisième étape

La troisième étape consiste en la passation d'un questionnaire qui a été prévu pour chacune des formes de présentation. Un exemple de questionnaire accompagné des consignes de passation (fichier Lisez-moi) et d'un mode d'emploi du site Ermitage figurent dans l'annexe V.

Chaque type de questionnaire comporte deux volets :

- le fond (sujet, contenu et volume d'informations traités) ;
- la forme de la présentation.

Après une introduction orale explicitant les enjeux de notre recherche, les participants ont été invités à tester quelques activités et à répondre à des questionnaires visant à dégager leur appréciation de ces "supports d'informations" tant sur le plan de leur fond que sur celui de leur forme.

De plus, afin de mettre en évidence certaines "représentations" des étudiants sur l'utilisation de ces moyens informatisés, la recherche a été menée selon deux conditions :

- a) les étudiants ont suivi un cours préalable ;
- b) les étudiants étudient les dossiers sans préparation.

Dans cette troisième étape, chaque étudiant devait visionner au moins un DDE et un DDA⁴. Les dossiers se présentaient sous trois formes informatisées (Word, PowerPoint et Ermitage).

Chaque sujet devait être visionné sous chacune de ces formes informatisées.

A chaque sujet correspond un questionnaire ad hoc contenant des questions communes aux trois formes informatisées, ceci afin de tenter de mettre en évidence les différentes évaluations des étudiants dans leur confrontation avec les différents types de supports. Cette démarche visait également à mesurer leur appréciation quant aux différentes modalités de traitement (volume d'information et type d'interaction) des contenus mathématiques.

Après le recueil des données, lié à l'étude des dossiers, différents entretiens informels ont été menés afin de mieux cerner certains types de réactions observées lors de la phase de test. Lorsque cela a été possible sur le plan des horaires, donc pour une certaine partie des étudiants, une discussion semi dirigée a permis de réunir des remarques et des commentaires sur le sujet "à chaud". Ce recueil de données s'est réalisé en général en dehors des cours de didactique.

⁴ Voir définitions sous le chapitre Opérationnalisation.

ANALYSE DES RÉPONSES AUX QUESTIONNAIRES

Les questionnaires et le dépouillement des résultats du questionnaire, les interviews semi dirigées, les interventions lors des cours avant et après les tests, ont permis de mettre en évidence un certain nombre d'éléments que nous développons ci-dessous.

Les données recueillies nous donnent des indications sur le plan de l'accès à l'information et sur celui de l'organisation des informations. Elles permettent également d'obtenir des avis au sujet des contenus pédagogiques et des ressources mises à disposition en partant d'une activité de type situation-problème tirée des moyens d'enseignement romands officiels.

Nous avons découpé cette analyse en deux parties, l'une axée sur la *forme* des documents et l'autre axée sur les *contenus* des supports d'accompagnement.

A propos de la forme des supports d'accompagnement

Une question de présentation

L'ensemble des étudiants sondé estime que la présentation des documents est agréable y compris pour l'environnement "Ermitage". Par exemple, pour le document Proportionnalité, nous avons posé la question :

"Quelle est la présentation la plus agréable et pourquoi ? "

L'étudiant pouvait répondre par un *choix exclusif* ou par un *double choix*. Il devait aussi caractériser son choix par une remarque le justifiant.

Les tableaux 1 et 2 présentent un résumé des réponses données.

Pourcentage d'étudiants ayant choisi...	Ermitage	Document WORD	Document PPT	Autre	Voici les remarques les plus fréquentes
30					Linéaire, imprimable, pour annoter, sur papier.
15					Donne envie, agréable, bien structuré.
12					Clair, pratique, attractif.
6					

Tableau 1 : Résultats obtenus pour un *choix exclusif* (63% des réponses)

Pourcentage d'étudiants ayant choisi...	Ermitage	Document WORD	Document PPT	Autre	Voici les remarques les plus fréquentes
15					Imprimable, plus lisible
8					Imprimable, agréable d'emploi, complémentaires
13					Pas d'avis, car chaque document a des qualités.
1					Interactif, liens hypertextes

Tableau 2 : Résultats obtenus pour un *double choix* (37% des réponses)

Le document WORD est plébiscité, car il peut être adapté et immédiatement utilisé en classe. Les utilisateurs recherchent une version qui permet de comprendre vite et d'imprimer des passages intéressants sans devoir tout remettre en forme ce qui est d'ailleurs confirmé par les réponses quasi unanimes à la question "Je trouve utile d'imprimer les passages qui m'intéressent". Voilà qui confirme la tendance, déjà observée par ailleurs, à vouloir retrouver un document directement utilisable sous forme papier.

Un autre cas tiré du document "Le loup" corrobore les résultats observés dans les deux tableaux. A la question "Pourquoi le document WORD est-il intéressant ?", voici en résumé quelques raisons données par 90% des étudiants :

- Je préfère le papier aux ordinateurs,
- je n'aime pas devoir toujours allumer mon ordinateur,
- pour me renseigner sur une activité,
- je préfère avoir les documents écrits sous les yeux,
- je peux en imprimer des passages,
- pour compléter la méthodologie.

L'accessibilité à l'information

Nous avons remarqué que les documents courts (DDA) comme "Jetons" et "Le loup" sont plus appréciés que les documents longs (DDE) comme Proportionnalité et Polyèdres.

Tentons d'en analyser les raisons

Au delà de l'aspect cosmétique de présentation, la question de l'aspect pratique à utiliser telle ou telle version a été soulevée. Si l'on considère que l'utilisateur cherche avant tout à se documenter de manière aisée et efficace, la question de la lisibilité des pages écran ainsi que celle du volume d'information à gérer sont deux facteurs d'appréciation importants.

Concernant la lisibilité des pages écran, l'ensemble des étudiants remarque que la lecture des diapositives est plus facile, ce qui tendrait à montrer une préférence pour les documents PowerPoint.

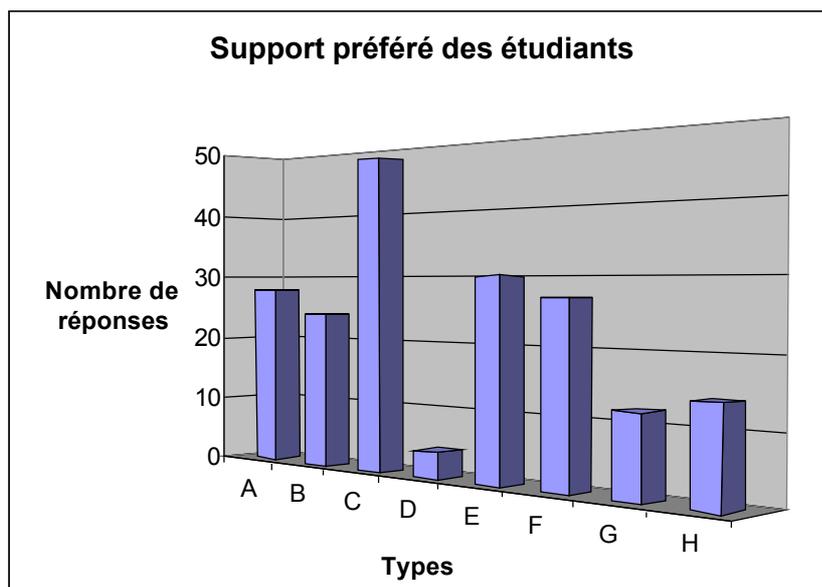
De plus, il ressort de l'enquête que pour les documents courts, 10 pages écran au maximum, la présentation PowerPoint est spécialement appréciée. Le document PowerPoint est perçu comme un document de présentation du sujet sans qu'il soit considéré comme un document de travail.

En ce qui concerne les documents PowerPoint longs, l'information essentielle pour l'enseignement n'est plus directement accessible ce qui requiert de s'investir davantage dans la lecture et la compréhension des concepts mathématiques. Dans ce cas, les étudiants disent perdre le fil du discours. En effet, les éléments essentiels sont inclus dans un réseau d'informations de différents ordres (histoire, épistémologie, explication mathématiques théoriques, liens hypertextes sur des sites à thématiques plus larges, etc.). L'étudiant peu intéressé se sent perdu dans ce foisonnement d'informations. Ce sentiment ne favorise pas son adhésion à ce type de documents.

Le type de support préféré

Les observations ci-dessus pourraient laisser croire que nos étudiants sont réfractaires aux moyens informatiques. Il n'en est rien.

Par contre, ils privilégient, par soucis d'efficacité et de minimisation du temps investi pour se former et s'informer, le moyen qui permet facilement la conversion en un support papier. Voici le graphique obtenu à la question "Quel support de travail privilégiez-vous ?"



A	Recherche sur Internet	E	Webdaw
B	Site Ermitage	F	CD
C	RPN	G	PDF
D	COMEO	H	Livres

Graphique 1 : illustration du support préféré des étudiants

Cette illustration mérite un commentaire. On constate que les étudiants utilisent l'outil informatique et que peu de préférences vont aux outils statiques que sont les livres et les CD. Le WEBDAV de la HEP-BEJUNE (aujourd'hui six mois après cette enquête de plus en plus remplacé par MOODLE) est aussi fort apprécié du fait que les formateurs y déposent des documents consultables par les étudiants. Le score réalisé par le site RPN (Réseau Pédagogique Neuchâtelois) est dû au fait qu'une grande majorité des étudiants sondés est issue du site de la Chaux-de-Fonds. Le même raisonnement est valable pour le site COMEO (COMmission des Moyens d'Enseignement et des plans d'études de l'Ecole Obligatoire, canton de Berne), site principalement connu des étudiants du site de Bienne, moins nombreux dans le sondage.

A propos des contenus des supports d'accompagnement

L'accès par des liens hypertexte

A la frontière de l'aspect forme et de l'aspect contenu, on peut relever le cas de l'appréciation des liens hypertexte. En effet, les documents PowerPoint et Word contiennent des liens permettant de se déplacer à l'intérieur des documents de manière non linéaire et d'accéder à des pages Web, au site Ermitage ou à des fichiers associés.

Deux types de liens sont utilisés dans les documents. Un de type "consultation d'une information simple" qui permet un aller-retour sur l'information. L'autre de type "consultation - approfondissement" qui propose une information arborescente dont le cheminement s'avère plus complexe. Ce dernier se rencontre principalement dans les documents longs.

Concernant la question "Le mode de navigation permet de consulter selon ses besoins", les étudiants apprécient davantage les liens placés dans les documents PowerPoint que ceux placés dans les documents Word. Une nouvelle fois on observe la tendance déjà relevée ci-dessus que les documents courts PowerPoint l'emportent sur les documents longs PowerPoint. D'autre part, le sujet des liens et du mode de navigation est la seule problématique qui entraîne autant de non-réponses ou de réponses indifférentes.

Dans le cadre des liens de type "consultation – approfondissement", environ 50% des étudiants affirment se "perdre dans tous ces hyperliens". Seuls 30% sont à l'aise dans ce type de navigation.

Pourquoi ces liens ont-ils été peu appréciés ? On peut faire plusieurs hypothèses.

La première hypothèse et la plus vraisemblable est liée au fait que les étudiants n'ont pas l'habitude d'utiliser des documents de travail avec liens hypertextes pour se documenter et se former. Ce mode de consultation fermé et dirigé vers des objectifs d'apprentissage bien définis va à l'encontre d'une habitude de consultation superficielle de liens Internet dans un monde totalement ouvert où tout est possible y compris le "butinage". L'aspect "fermé" que nous leur avons donné est sécurisant à condition que le réseau de connaissances auquel nous faisons appel ne soit pas trop complexe. Cela revient encore une fois à constater que les documents courts sont préférés.

La deuxième hypothèse réside dans le fait que les documents présentés comportaient soit trop de liens hypertextes soit des liens qui ne fonctionnaient pas toujours correctement. En effet, un problème technique est apparu lors des tests : la recopie des fichiers sur différents supports

informatiques a altéré l'adressage interne de certains liens. Ceux-ci, devenus non actifs, ont déstabilisé certains étudiants. Pour palier à ce problème technique, la solution consisterait à transporter ces documents sous forme pdf ou pps. Néanmoins cette transformation ne résout pas tous les problèmes voire en crée d'autres. Des solutions partielles sont possibles, notamment celle d'utiliser les commandes du DOS et de trouver des moyens pour contrôler l'adressage interne des fichiers.

La troisième hypothèse réside dans le souci des étudiants à trouver rapidement de la documentation utile et d'avoir le sentiment de cerner rapidement la matière. Les documents courts sont peu arborescents et donnent donc une image de concision par rapport aux documents longs qui présentent de nombreuses ramifications complexes dues à une matière plus étoffée.

Le pointage des liens

a) Lien vers des pages WEB

Ces liens ont été moyennement appréciés. La raison principale tient au fait que nous avons créé certains liens théoriques vers la page d'accueil des sites plutôt que vers la notion théorique directement en relation avec le sujet du document. Cette option a été prise dans l'intention pédagogique de faire découvrir le site hébergeant la notion ciblée plutôt que de canaliser l'étudiant directement sur celle-ci.

Par exemple, dans le cas de l'activité "Le loup", un lien pointait sur la page d'accueil du site "Mathématiques Magiques"⁵ plutôt que de pointer directement sur la simulation animée de la traversée de la rivière illustrant et résolvant le problème. Pour l'étudiant, la démarche attendue consistait à observer et comprendre la structure de la page d'accueil du site, puis à faire défiler l'écran pour découvrir le lien intitulé "Le loup". Ce lien pointait sur la simulation, il fallait donc cliquer dessus pour découvrir l'animation. Un esprit curieux et "chercheur" était donc requis.

Par faute de temps, par besoin d'immédiateté ou encore par manque de curiosité les poussant à chercher plus loin, la plupart des étudiants n'ont pas franchi l'obstacle et n'ont donc pas accédé à cette information.

b) Lien vers Ermitage

Le site Ermitage présente une partition de l'écran en 5 fenêtres dans le but de garder à l'écran davantage de types d'information. C'est une particularité importante à relever, car agir sur un lien dans une fenêtre donnée peut modifier le contenu de plusieurs fenêtres. L'apparition simultanée de plusieurs informations différentes n'est pas coutumière et demande une certaine habitude et une grande concentration surtout lors des premiers pas.

Là aussi, les étudiants étaient confrontés pour la première fois à ce mode de navigation, ce qui les a quelque peu désorientés. Le manque de temps à disposition pour tester est une raison de ne pas avoir persévéré dans la quête de l'information. Aussi à la question "Le mode de consultation permet de s'informer selon ses besoins", un quart des étudiants ne se prononce pas. En outre, plus du tiers des étudiants estime qu'il y a trop d'informations dans les fenêtres.

L'élément le plus apprécié dans ce site est la présence d'exercices d'entraînement et de jeux interactifs simulant les problèmes des manuels.

Le contenu de la première page

L'étude des sujets traités commençait toujours par une première page, Word ou PowerPoint, présentant un exercice tiré des moyens d'enseignement romands officiels. Nous avons placé la consigne comme une amorce qui était censée attirer le lecteur et lui donner envie de creuser plus loin la notion en jeu. Nous nous basons donc sur la curiosité et la motivation engendrée par l'amorce pour attirer l'étudiant vers cette activité. Aussi avons-nous testé si ce choix était bienvenu.

⁵ <http://perso.orange.fr/therese.eveilleau/>

Le trois quarts des étudiants apprécie ce choix, indifféremment pour les documents longs comme pour les documents courts.

Pour les documents PowerPoint, la première diapositive montre l'ensemble du contenu. Pour les documents Word, en plus de l'ensemble du contenu, la première page montre d'emblée l'activité *Amorce*. De plus, les documents longs (DDE) présentent une table des matières alors que dans les documents courts (DDA), la table des matières est remplacée par des liens permettant de naviguer à l'intérieur du document.

Dans l'ensemble les étudiants souhaitent une table des matières quelque soit le type de document. Cela leur permet de consulter plus rapidement.

Dans le même esprit, lorsque le document n'est pas assez long pour nécessiter une table des matières, la rubrique "En un clin d'œil" qui décrit succinctement le thème, en donnant les grands titres, est unanimement appréciée car elle permet de cerner rapidement l'enjeu de l'activité.

La structure et le contenu de cette première page sont donc, de l'avis général, bien notés. Ils permettent d'avoir immédiatement une vue d'ensemble du dossier, de cerner rapidement l'ampleur du sujet traité et de choisir sélectivement l'information nécessaire au lecteur.

AMÉLIORATIONS SOUHAITÉES PAR LES ÉTUDIANTS

Afin de compléter notre enquête, nous avons posé la question ouverte "Que faudrait-il ajouter / enlever ?"

La forme

Sur le plan de la *forme* des documents, deux éléments ressortent.

Cosmétique

Beaucoup de réponses sont liées à des problèmes de cosmétique, du genre "plus / moins" de couleurs ou d'images.

Table des matières

Une demande particulière concerne la table des matières. Elle est demandée pour tous les types de documents car il semble alors plus facile de prendre conscience du volume du document et des différents thèmes traités (un peu comme si c'était un bouquin...). La table des matières répond aussi à un souci de rapidité de consultation du document.

Il est clair que plus le document est long plus la table des matières est indispensable. Cela peut être mis en relation avec les remarques faites plus haut à propos de la taille des documents.

Le fond

Sur le plan du *fond* des documents, deux éléments ressortent également.

Exercices supplémentaires et corrigés d'exercices

D'autres réponses nous font part de préoccupations professionnelles. Une partie des étudiants demande davantage d'exercices, pour se former. D'autres souhaitent disposer des corrigés des exercices des manuels romands de mathématique, pour plus de sécurité.

Dans le cadre de notre recherche, tous les exercices présentés étaient accompagnés d'un corrigé. En particulier, nous avons mis à disposition un corrigé détaillé du thème *Applications* pour les années 5P et 6P, ainsi que du thème *Polyèdre* de 5P. Ces corrigés ont été particulièrement appréciés. Il faut aussi signaler qu'une partie des enseignants du terrain sollicite également ce genre d'outils de travail pour alléger la tâche quotidienne du généraliste.

Pistes de différenciation

Les étudiants souhaitent aussi que l'on développe davantage la partie "variable didactique", en donnant des pistes de différenciation ainsi que des éléments leur permettant de donner des pistes de résolutions aux élèves sans induire la solution. Ils apprécient particulièrement les "Coup d pouce" tant pour eux-mêmes que sur le plan de leurs besoins d'idées de transpositions didactiques.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES FUTURES

Les résultats

Il ressort de ces différents résultats quelques pistes conclusives que nous développons ci-dessous en notant en préambule, qu'il faut différencier les attentes liées au support papier de celles du support écran.

Vue d'ensemble

L'exigence de tables des matières et de vue d'ensemble du contenu des documents montre à quel point les étudiants désirent ne pas perdre de temps et aller droit au but. De plus, les remarques concernant la fréquente trop grande quantité d'informations nous porte à affirmer que les étudiants ont besoin de documents courts, clairs, nets et concis, ce qui évidemment n'est pas une mince affaire (!).

Rapidité d'accès à l'information

La représentation principale de l'enseignant face aux apports attendus et aux possibilités d'usage de ces activités sur ordinateur relève avant tout de la recherche rapide et efficace d'information.

La précédente recherche (Maréchal & Pochon, 2006) avait déjà relevé la dimension gain de temps comme une attente primordiale liée à l'apprentissage sur « support-écran ».

Il apparaît que l'idée de « perdre du temps » entrave toute idée de profiter de l'ordinateur pour tenter de développer des compétences supplémentaires voire transversales.

L'environnement présenté est donc bien accepté comme outil de perfectionnement des connaissances à condition qu'il permette de gagner du temps.

Si l'autre avantage réside dans la possibilité de permettre à l'étudiant-enseignant de se documenter et de progresser dans la connaissance du programme de mathématique, il ne vient qu'en second lieu.

Le maintien du contrôle

Un élément également à souligner qui avait déjà été entrevu dans la précédente recherche (Maréchal & Pochon, 2006) est *la demande du maintien du contrôle*. Tant sur le plan de la quantité de matière traitée, du repérage de l'ampleur de l'information donnée, de la structure des informations consultables que de l'espace de navigation et des modalités de navigation.

Cet élément pose toute une série de questions sur l'attitude des étudiants face au traitement de l'information, questions que nous avons quelque peu soulevées lors des entretiens semi dirigés et qui font ressortir la nécessité de la possession du support matériel sous forme papier. De plus, une fois imprimés les documents devraient être, pour eux, très structurés et relativement courts.

Exercices et pistes de différenciation

Les réponses montrent des attitudes diverses face aux documents informatisés qui, aujourd'hui, ne sont pas obligatoirement un bon vecteur de formation. Les différents "profils" devraient être précisés afin d'orienter les étudiants vers des moyens individualisés correspondant le mieux à leur façon de travailler. A noter toutefois que le support informatique va jouer dans les années futures un rôle de plus en plus grand. Notre réflexion concernant les supports complémentaires en mathématiques sera donc à placer dans un contexte plus large.

Évolution du profil des étudiants

On remarque au fil de notre enseignement et de nos recherches que les étudiants sont de plus en plus à l'aise avec les TICE ce qui modifie aussi leur motivation à utiliser ce vecteur d'information. Bien qu'il reste toujours des réfractaires, ces évolutions devraient être prises en compte dans la mise en application de moyens informatisés tels que ceux proposés dans cette recherche.

Regard sur le dispositif

D'une manière générale la présentation aux étudiants pourrait être complétée par diverses suggestions d'utilisation. Notamment, on peut aussi se poser la question de savoir si les étudiants ne pourraient pas avoir l'idée d'imprimer les diapositives de PowerPoint et de ce fait trouver une solution à leur demande de support papier, par exemple.

Du point de vue technique, il s'agirait également d'instaurer une procédure d'installation du dispositif facile à maîtriser et permettant d'assurer, en tout lieu et sur tout support informatique, le bon fonctionnement des liens hypertextes générés localement.

Perspectives

D'autres travaux fleurissent en ce qui concerne les compléments informatisés. Notamment en Suisse romande dans la suite des volets informatisés des moyens d'enseignement 1 à 4 puis 7 à 9, une demande existe actuellement pour les niveaux 5 et 6. Par ailleurs, sur la base d'initiatives privées, des compléments informatisés ont également parus (Ecole romande de L. Montavon⁶, Mathgo⁷, etc). Il serait intéressant de prolonger cette étude à ces autres formes proposées et d'en mesurer l'impact aussi bien au niveau de la formation des enseignants que sur le déroulement de l'enseignement.

⁶ www.lmontavon.ch

⁷ www.interactio.ch/mathgo/mathgo_f.html

Enjeux pour la didactique des mathématiques

Il nous semble important de réfléchir sur comment améliorer la réflexion de la transposition des savoirs mathématiques en objets d'enseignement. Plus précisément, comment amener les élèves à développer des connaissances et des compétences basées sur le sens pratique et le bon sens et non sur une accumulation de trucs et de pratiques mémorisées, dénués de pertinence.

Si la didactique a pour objet la réflexion au sujet de l'appropriation et de la construction des connaissances, elle s'attache également à prendre en compte les moyens et les contextes dans lesquels ces apprentissages se développent.

La transposition didactique n'est possible qu'à partir de deux types de connaissances : d'une part, les savoirs de base rattachés à un tissu de pratiques sociales leur donnant sens et d'autre part la connaissance de différents modes d'appropriation de ces savoirs dans une perspective principalement socio-constructiviste. Les moyens d'enseignement actuels s'appuient sur des théories d'enseignement/apprentissage qui reposent sur la notion de situation-problème. Cette conception donne un véritable statut à l'erreur. Il ne s'agit plus d'enseigner des savoirs savants dénués de contexte. Il s'agit de penser aux façons de faire découvrir, de développer des connaissances et d'élargir des compétences au travers de pratiques et d'habiletés. Ces apprentissages passent par des moments de déstabilisation et de mise en commun qui nécessitent de la part de l'enseignant un bagage scientifique et épistémologique assez riche pour permettre de choisir la transposition didactique adéquate, en tenant compte de facteurs tels que le niveau de développement ou la culture de l'apprenant.

Les éléments théoriques sont essentiels. Mais ils ne sont rien s'ils ne sont pas transformés en objets d'enseignement. Aussi, notre objectif à nous, formateurs en HEP, est de les amener à réfléchir et à être confrontés à des réflexions didactiques. Penser au "Comment" faire passer une notion, comment lui donner du sens et comment la placer dans un contexte socialement situé. Penser au "Quand" en tenant compte des périodes de Sensibilisation puis de Construction, de Structuration et de Consolidation des savoirs. Penser à donner du sens, de manière à permettre aux élèves de mobiliser leurs compétences dans différentes situations.

Nous aimerions tendre vers une formation qui s'attacherait à former des enseignants ayant une connaissance réflexive des éléments théoriques des mathématiques et suffisamment de culture épistémologique voire historique de la construction de ces connaissances pour pouvoir prendre du recul et transposer les objets de connaissances au niveau des élèves en prenant en compte la verticalité du curriculum de l'apprentissage des mathématiques.

Les compléments informatisés que nous avons testés sont-ils un moyen adéquat pour atteindre ce but ?

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bourquard, E. (1998). *Prof'Expert : une expérience d'enseignement assisté par ordinateur dans le cadre d'une formation pour adultes au Centre de Formation Professionnelle du Littoral Neuchâtelois*. Neuchâtel : Université, dossiers de psychologie, n° 53.

COROME (2001). *Mathématiques 1P-4P, Activités avec l'ordinateur*. Neuchâtel

Cuban, L. (2001). *Oversold & Underused computers in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Gagnebin A., Guignard N. & Jaquet F. (1998). *Apprentissages et enseignement des mathématiques, commentaires didactiques sur les moyens d'enseignement pour les degrés 1 à 4*. Neuchâtel : COROME.

Ghodbane, I., Maréchal, A. & Pochon, L-O. (2004). Outils informatiques et moyens d'enseignement de mathématique : l'accueil des enseignants. In L.-O. Pochon & A. Maréchal (éds), *Entre technique et pédagogie : la création de contenus multimédia pour l'enseignement et la formation* (pp. 102-109). Neuchâtel : IRDP.

Kordaki, M. & Potari, D. (2002). The effect of area measurement tools on student strategies: the role of a computer microworld. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7 (1), 65-100.

Pochon, L.-O. & Maréchal, A. (2006). *Regard sur des activités mathématiques 'supportées' par les TIC*. Neuchâtel : IRDP.

Pochon, L.-O. & Maréchal, A. (eds). (2004). *Entre technique et pédagogie : la création de contenus multimédia pour l'enseignement et la formation*. Neuchâtel : IRDP.

Autres références

Amato, S. A. (2001). *Brazilian Primary School Student Teachers' Understanding of, and Attitudes to Mathematics*. Thèse de doctorat en philosophie. Linacre College, Université d'Oxford.

Antonietti, J.-Ph. (ed) (2005). *Evaluation des compétences en mathématiques en fin de 4^e année primaire : résultats de la seconde phase de l'enquête MATHEVAL*. Neuchâtel : IRDP.

Baturo, A. & Nason, R. (1996). Student Teachers' Subject Matter Knowledge within the Domain of Area Measurement. *Educational Studies in Mathematics*, 31 (3); 235-268.

Blanchet, A. (1997). Résolution de problèmes et didactique des mathématiques. In J. Brun, F. Conne & R. Floris (eds), *Analyse de protocoles entre didactique des mathématiques et psychologie cognitive*. Actes des premières journées didactiques de La Fouly, 14-16 avril 1994 (pp. 57-76). Vich : Interactions didactiques.

Briand, J. & Chevalier, M.-C. (1995). *Les enjeux didactiques de l'enseignement des mathématiques*. Paris : Hatier.

Brousseau, G. (1996). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. In J. Brun (éd.), *Didactique des mathématiques* (p. 49). Lausanne : Delachaux & Niestlé.

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques : didactique des mathématiques 1970-1990*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Calame, J.-A. (1995). *Math 5-6... pas si mal ! : évaluation des moyens d'enseignement de mathématique en 5^{ème} et 6^{ème} années*. Neuchâtel : IRDP, commission de coordination des centres de recherche pédagogique de Suisse romande et du Tessin (CCCR) (Recherches 95.102).

Charnay, R. (1992/1993). Problèmes ouverts, problèmes pour chercher. *Grand N*, 51, 77-83.

Charnay, R. & Mante, M. (1991). *Préparation à l'épreuve de mathématiques du concours de professeur des écoles*. Paris : Hatier.

Chastellain, M. & Jaquet, F. (2001). *Mathématique 5^{ème} : livre de l'élève*. Neuchâtel : COROME.

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Danalet, C., Dumas, J.-P., Studer, C. & Villars-Kneubühler, F. (1999). *Mathématiques 4^e, LM*. Neuchâtel : COROME.

Delémont, M. & Tièche Christinat, C. (2003). *L'innovation mathématique dans le quotidien de la classe : le point de vue des enseignants de 3^P-4^P*. Neuchâtel : IRDP.

Delémont, M. & Tièche Christinat, C. (2005). *Pratiques et Discours. Le nouvel enseignement des mathématiques 1^P-4^P sous la loupe*. Neuchâtel : IRDP.

- Gagnebin, A., Guignard, N. & Jaquet, F. (1997). *Apprentissage et enseignement des mathématiques : commentaires didactiques sur les moyens d'enseignement pour les degrés 1 à 4 de l'école primaire*. Neuchâtel : COROME.
- Johsua, S. & Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.
- Lambolez, S., Perret-Clermont, A.N., Delamadeleine, Y., Lehmann, M. & Offredi, E. (2002). SUMUME : Projet d'Enseignement avec SUPports MULTIMEdias. *Colloque International "Apprendre avec l'ordinateur à l'école"*. Université Victor Segalen, Bordeaux 2, 14-16 janvier 2002.
- Morin, M.-P. (2006). Connaissances mathématiques et didactiques développées à l'aide d'un logiciel de géométrie dynamique : quelle intégration possible en enseignement des mathématiques ? *Colloque CIEAEM 57*, Italie, 23-29 juillet 2005.
- Perriault, J. (2002). *Education et nouvelles technologies : théorie et pratique*. Paris: Nathan (Collection Université).
- Pochon, L.-O. & Grossen, M. (1997). Les interactions homme-machine dans un contexte éducatif: un espace interactif hétérogène. *Sciences et Techniques éducatives*, 4 (1), 41-66.
- Pochon, L.-O. & Maréchal, A. (2003). Apport du langage XML dans un projet artisanal. *Sciences et Techniques éducatives*, 2 (1), 45-67.
- Pochon, L.-O. (2000). *Le projet "Ermitage" : définition d'un environnement hypertextuel d'apprentissage*. Neuchâtel : IRDP.
- Roditi, E. (2005). *Les pratiques enseignantes en mathématiques : entre contraintes et liberté pédagogique*. Paris : L'Harmattan.
- Tardif, J. (1998). *Intégrer les nouvelles technologies de l'information: quel cadre pédagogique ?* Issy les Moulineaux : ESF
- Tièche Christinat, C. (2000). *Suivi scientifique du nouvel enseignement des mathématiques : troisième rapport intermédiaire*. Neuchâtel : IRDP.
- Viau, R. (1994). *La motivation en contexte scolaire*. Bruxelles : De Boeck.

ANNEXES (téléchargeables séparément)

Annexe 1 : Document long sous forme Word (DDE)

Annexe 2 : Document court sous forme Word (DDA)

Annexe 3 : Document PowerPoint

Annexe 4 : Site Ermitage

Annexe 5 : Exemple de questionnaire et mode d'emploi du site Ermitage