



Outil html et exposé de l'objet mathématique

Marie Bouazzi, École nationale d'architecture et d'urbanisme de Tunis
et Université virtuelle de Tunis, Tunisie

Résumé

L'utilisation des TIC dans l'enseignement se développe. En ce qui concerne les mathématiques, de nombreux produits, cours et ressources diverses, sont disponibles sur Internet. En nous appuyant principalement sur un certain nombre de ces modèles, nous avons adapté au support html un cours de mathématiques pour les étudiants en architecture, que nous avons précédemment conçu sous forme de manuel « papier ». À la suite de ce travail, nous avons constaté que l'exposé des contenus différait notablement sur l'ancien et sur le nouveau support : tout en nous maintenant au sein d'une pédagogie « en présentiel » classique, des choix radicalement nouveaux nous ont été dictés par les contraintes et les possibilités techniques nouvelles du html. Nous exposons ici et nous analysons nos choix les plus significatifs, tels que la linéarité assouplie dans l'exposition des enchaînements logiques entre les parties du contenu, la distinction systématique des différents registres de discours, la transformation des rôles réciproques du texte et de l'image. Ce travail est une étape à la fois vers une utilisation systématique et innovante des TIC dans la fabrication de ressources en ligne de mathématiques, et vers une étude plus approfondie débouchant sur la conception de cours à distance interactifs.

Introduction

Dans le droit-fil de la tendance actuellement accélérée à l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC) dans l'enseignement supérieur, l'Université Virtuelle de Tunis (UVT) [1] progresse dans la mise en ligne d'enseignements à distance. Des cursus complets y sont déjà opérationnels dans le cadre d'une plateforme d'enseignement en environnement virtuel (VLE); dispensés et gérés entièrement à distance, même si quelques séances de face-à-face entre apprenants et tuteurs y sont intégrées, ce sont des « Full Courses », suivant la nomenclature de Engelbrecht et Harding [2]. D'autres cursus sont présents sur la plateforme en tant que ressources et aide en ligne pour des cours classiques dispensés « en présentiel » dans divers instituts et établissements supérieurs de Tunisie; suivant la même nomenclature, on pourrait les classer un peu au-delà des « Content sites » – sites de pures ressources documentaires – puisque l'UVT organise pour tous les cursus une certaine interactivité: forums entre étudiants, correspondance par courriel entre les étudiants et un enseignant responsable, suivi statistique des connexions.

Ces ressources-aides en ligne, outre leur utilité immédiate, sont pensées par l'UVT comme une étape expérimentale dans la conception de cours à distance. Les enseignants qui les utilisent « en présentiel » sont chargés de les tester, dans l'optique de les modifier progressivement afin de construire ou bien des enseignements entièrement à distance, ou bien des enseignements hybrides.

C'est dans ce cadre que nous avons été amenés à concevoir une ressource en ligne [3] pour le cours de mathématiques de l'École nationale d'architecture et d'urbanisme (ENAU) de Tunis. L'enseignement y est pour l'instant dispensé uniquement «en présentiel» et divers «ouvrages papier» étaient déjà disponibles, dont un manuel [4] expressément rédigé pour ce cours.

Nous nous sommes donc situés, dans un premier temps, dans une pédagogie «classique». La ressource en ligne que nous avons conçue est un cours complet, avec exercices et problèmes corrigés, largement parallèle au manuel «papier». Mais dans l'optique évolutive que nous venons de décrire, nous avons dépassé dès le départ la simple mise en ligne d'une reproduction pdf de l'ouvrage papier, et nous avons entièrement repensé l'exposition du contenu afin d'utiliser le format html, en tenant compte des contraintes et en essayant d'utiliser au maximum les possibilités techniques nouvelles du support.

Pour ce faire, nous n'avons pas utilisé le corpus des études théoriques concernant la recherche d'information et l'apprentissage avec documents électroniques, comme celles de A. Tricot par exemple [5], qui ne nous semblent pas déboucher immédiatement sur la conception d'un cours, et nous nous sommes inspirés d'un certain nombre de modèles pratiques : cours déjà en ligne et ressources diverses [6-15], que nous avons pris soit dans le champ des mathématiques en général, soit plus particulièrement dans des champs en rapport avec nos propres contenus : symétrie en termes de géométrie élémentaire, mathématiques liées à l'architecture et à l'art, géométrie projective appliquée à la perspective conique.

Notre travail est caractérisé par le fait que le concepteur du contenu du cours et de la démarche pédagogique – l'enseignant responsable du cours – était lui-même le technicien de la mise en œuvre du format html. Cette concentration en une seule et même personne de l'enseignant professionnel et de l'amateur moyennement expert en utilisation de logiciels informatiques a permis des choix réfléchis, à la fois assez innovants dans la présentation des contenus, et pertinents avec les buts pédagogiques visés.

Pour situer le niveau de notre innovation, on peut se référer par exemple aux figures distinguées par Arriaga et al [16]. Nous pensons avoir dépassé les degrés de l'absorption et de la superposition, dans lesquels un contenu structuré suivant une forme académique sans nouveauté est seulement agrémenté d'une présentation graphique superficielle. Sans prétendre à la génération, qui «consiste à créer quelque chose de totalement nouveau» à la fois dans la technique de communication et dans la pédagogie, nous pensons que nous nous situons dans l'augmentation, où «Les nouvelles potentialités techniques [étant] autant communicationnelles que didactiques, les produits peuvent ainsi prendre des formes plus ouvertes et dynamiques qui revalorisent sans doute l'initiative de l'apprenant et invitent l'enseignant à remettre en cause ses pratiques sans pour autant bousculer ses modèles.»

C'est pourquoi un certain nombre des changements qui nous ont été dictés par la technologie nouvelle méritent analyse et réflexion, et c'est ce dont nous allons maintenant traiter.

1. Sectionnements, continuité, repères, vue d'ensemble

Le support Web oblige à présenter des pages courtes. L'optimum est qu'une page Web s'affiche entièrement sur une fenêtre moyenne d'écran d'ordinateur, le maximum étant de trois fenêtres. De plus, l'utilisateur Web ouvre les pages au gré de ses envies, pas nécessairement dans un ordre prévu par le concepteur. Celui-ci est donc obligé de sectionner la totalité de son sujet en contenus courts, nombreux, dont chacun est complet en lui-même et chapeauté par un titre qui le délimite et le situe.

Dans la présentation « livre » au contraire, l'exposé se déroule d'une manière continue où les débuts et les fins des pages « papier » ont peu de signification (même si on évite de faire commencer un chapitre ou un paragraphe important en bas d'une page). Les titres sont beaucoup moins nombreux et les diverses parties sont reliées entre elles par des transitions qui accentuent la continuité du déroulement.

La figure 1 montre une page Web courte, d'un écran et demi, avec son titre.

On pourrait croire que le sectionnement supprime la logique longue et conduit à la perte de l'idée globale. Il n'en est rien, grâce à l'affichage en continu de la table des matières en marge de la page Web principale. L'utilisateur voit d'un œil la table des matières, qui lui donne une idée d'ensemble du sujet, et de l'autre la page principale qu'il a ouverte et qu'il situe en continu dans la logique d'ensemble grâce aux titres.

Il est bien connu que la table des matières d'un livre est un outil fondamental de la compréhension globale. Pourtant la table des matières « livre » est moins efficace que la table des matières « html » puisque la première est d'accès moins facile (il faut tourner les pages), qu'elle est moins détaillée en raison du moindre nombre de parties chapeautées par des titres, et que, surtout, le lecteur « livre », qui lit en général « dans l'ordre », ne se pose pas la question de situer à chaque instant ce qu'il lit dans l'ensemble.

On peut dire que, dans la présentation Web, bien qu'il existe toujours une progression dans l'enchaînement des parties du contenu, définie par le concepteur du cours et voisine de celle des chapitres et paragraphes du livre, la linéarité de l'exposé a été volontairement assouplie pour tenir compte des contraintes et des possibilités nouvelles du support (voir Arriaga *et al.* [16], Le paradoxe des produits éducatifs multimédias et interactifs). Cet assouplissement réfléchi, pertinent avec le contenu et la démarche pédagogique, augmente l'initiative de l'étudiant.



Figure 1

2. Distinction des registres

La page Web courte oblige/permets de clarifier la nature de chaque élément de discours, aussi petit soit-il, puisque le sectionnement en tout petits morceaux amène naturellement à placer sur des

pages distinctes les registres différents du discours : mathématiques, explications extra mathématiques, images,...

Ainsi, dans le livre, nous avons introduit au concept général de symétrie par 8 pages de culture générale où se succédaient et s'entremêlaient des images, des réflexions sur les termes linguistiques, des extraits de dictionnaires, des notes complémentaires d'histoire ou de (petite) philosophie, un peu de mathématiques. Sur le site, chacun de ces registres se trouve placé sur sa page propre (éventuellement une page en sous-fenêtre ouverte par un lien hypertexte), ce qui rend la distinction des registres parfaitement nette. La page principale montrée en figure 1 présente le concept dans le registre des images ; les quelques mots de commentaires y servent de support à deux liens hypertextes ouvrant des articles de dictionnaires. La figure 2 montre une page où le concept est éclairé par la terminologie, en l'occurrence par une discussion sur l'opportunité des termes mathématiques usuels en français et en arabe pour désigner la notion. Une sous-fenêtre, qu'on pourrait classer dans le registre « mathématiques vulgarisées par l'image », éclaire la discussion.

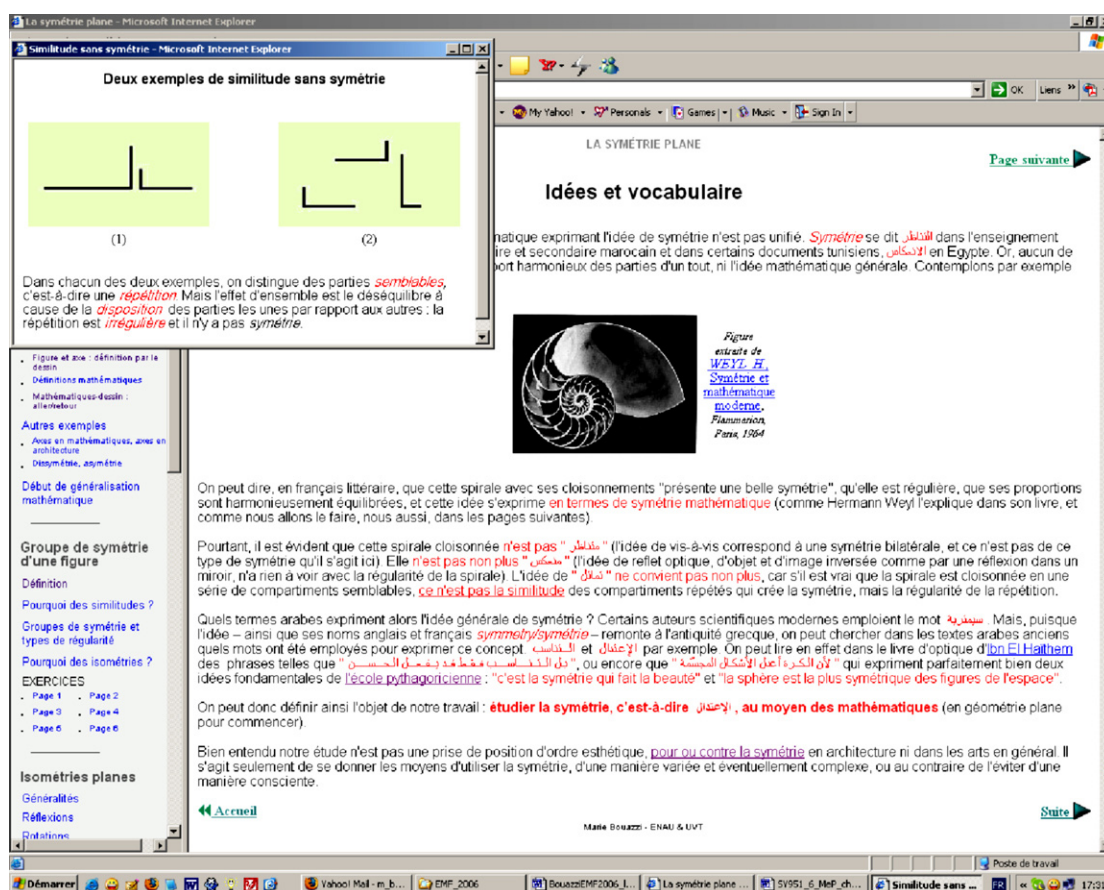


Figure 2

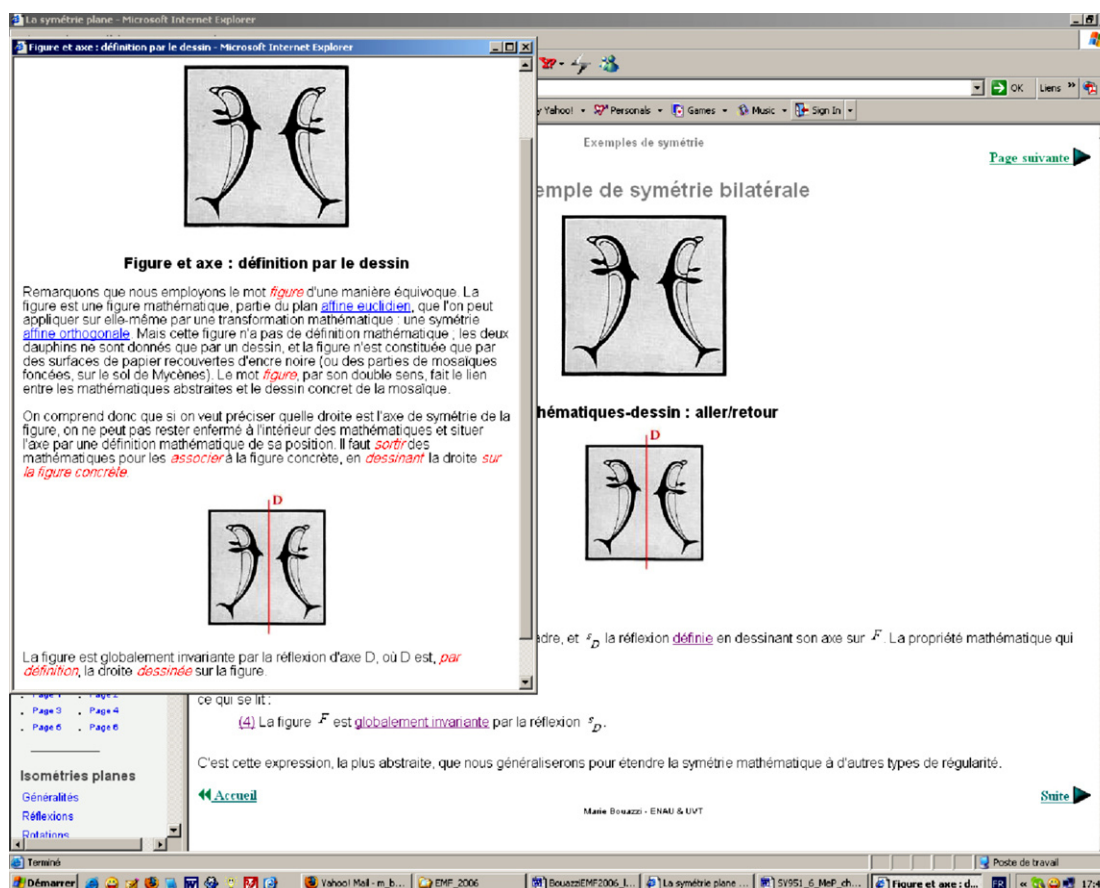


Figure 3

Plus loin dans le livre, l'introduction à une formulation mathématique générale de la symétrie était faite sur 5 pages où s'entremêlaient un point de départ assez confus mais ralliant certainement le consensus des élèves de fin d'étude de l'enseignement secondaire, du vocabulaire courant (qui n'a rien de mathématique), des clarifications sur le passage du non mathématique au mathématique, des mathématiques pures. Ces registres différents de discours sont placés sur des pages distinctes du site. La figure 3 montre une page spécifique de « géométrie pour l'architecte » : ce travail est un va-et-vient entre le non mathématique et le mathématique. La page renvoie par un lien hypertexte à une autre page, où est expliqué comment on peut définir du mathématique à partir de ce qui n'en est pas. La figure 4 montre la même page de va-et-vient, renvoyant par un autre lien à une page de cours de mathématiques absolument « classique » : définitions, propriétés, dans un ordre logique implacable et sans presque aucun éclairage intuitif.

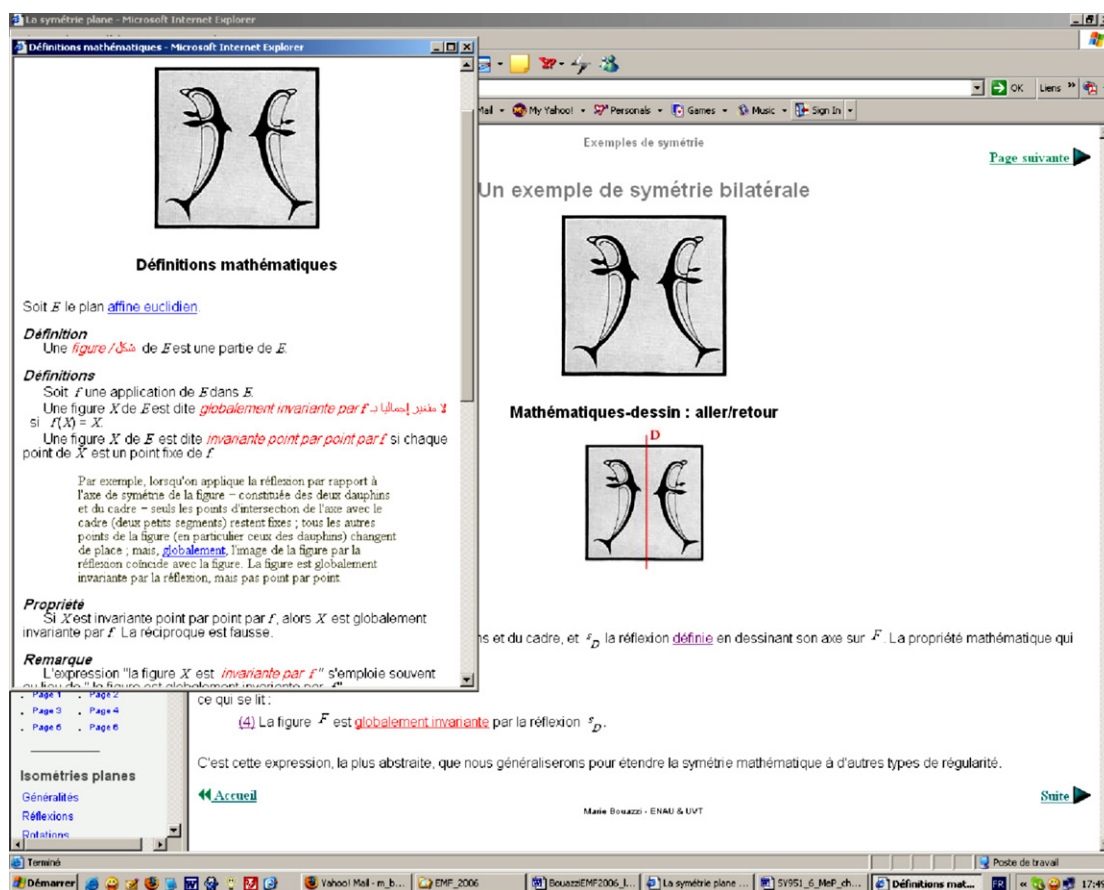


Figure 4

La clarté des distinctions est augmentée par la présence des titres des pages et par les « bulles » qui qualifient les liens.

3. Hiérarchisation des contenus

La nécessité de réduire la longueur des pages Web conduit le concepteur à hiérarchiser des niveaux dans les contenus, certains étant affichés directement sur la page principale et d'autres pouvant être consultés sur des petites fenêtres complémentaires, ouvertes par l'utilisateur au gré de ses besoins par des clics optionnels sur des liens.

Par exemple, dans la page de mathématiques montrée à la figure 5, c'est la présentation imagée de la démonstration de la propriété qui a été choisie comme principale; la démonstration, qui est secondaire pour la maîtrise du sujet, est reléguée sur une sous-fenêtre optionnelle.

Ainsi, au premier coup d'œil, l'apprenant voit-il globalement l'essentiel, ce qui facilite pour lui la compréhension d'ensemble, et il reste libre d'approfondir la question en sous-cliquant.

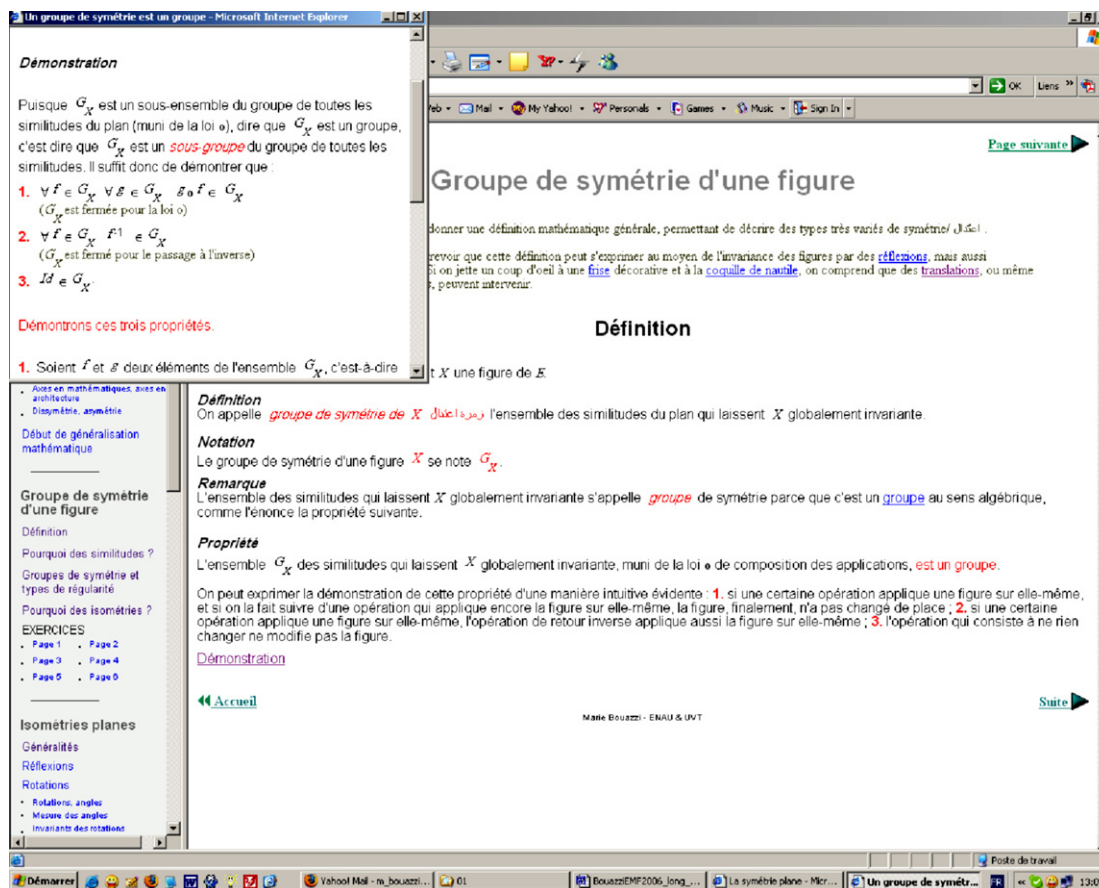


Figure 5

Il nous semble qu'une hiérarchisation aussi systématique et aussi clairement mise en valeur n'existe pas dans les supports « livres ».

4. Juxtapositions et comparaisons

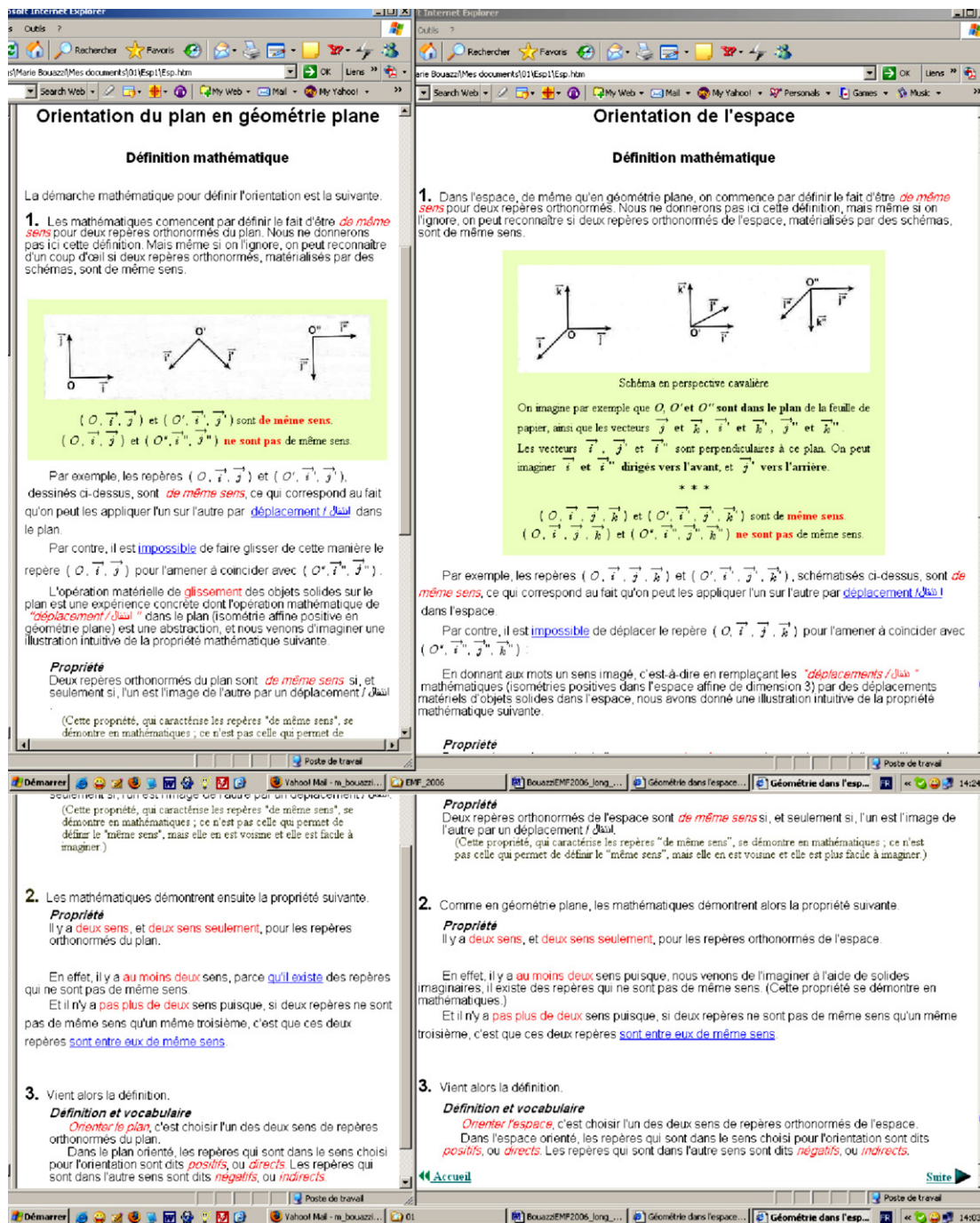


Figure 6

L'utilisation de liens hypertextes pour ouvrir plusieurs fenêtres principales simultanément permet à l'utilisateur de juxtaposer des parties analogues, par exemple, comme nous le montrons figure 6, orientation du plan en géométrie plane/orientation de l'espace en géométrie dans l'espace.

À condition que le concepteur ait observé une très grande rigueur dans sa mise en forme – rédaction, images et mise en page absolument identiques pour les démarches et concepts identiques, mise en valeur précise des différences –, les analogies/différences sautent aux yeux des utilisateurs.

5. Puissance de représentation des images, rôle des images

Dans un discours mathématique pédagogique, il est fondamental, au moment de l'introduction d'un concept nouveau, de donner d'entrée une idée du concept au moyen d'images approximatives vulgarisatrices, afin que l'élève puisse commencer à manipuler l'objet. Progressivement, la conception de l'objet se précisera dans l'esprit de l'élève et l'image approximative vulgarisée s'estompera au profit de la signification mathématique. Ces images vulgarisatrices sont traditionnellement placées au moyen de schémas, d'illustrations, et aussi au moyen des images de mots fournies par la langue dans laquelle s'exprime le discours mathématique : fort heureusement, un grand nombre des mots des mathématiques ont, dans la langue de culture générale et quotidienne utilisée, des sens multiples, différents mais reliés entre eux, dans divers registres plus ou moins courants, qui permettent à l'imagination de courir.

Tous les moyens de placer des images vulgarisatrices/évocatrices sont bons, tout en présentant tous le risque que l'élève confonde l'approximatif vulgarisateur avec la science elle-même, en d'autres termes, qu'il ne distingue pas bien le mathématique du non mathématique. L'efficacité particulière de l'image visuelle nous semble provenir à la fois de sa puissance évocatrice globale immédiate, et du fait qu'elle est assez facile à distinguer du discours mathématique qu'elle illustre. Le support html, par la facilité d'insertion de schémas, de photographies, de dessins, animés ou pas, amène à donner à l'image-dessin un rôle de premier plan tout à fait nouveau.

Nous montrons d'abord (figure 7) une utilisation de l'image comme moyen principal de communication pour un contenu dont le registre n'est pas mathématique. Le dispositif technique de la perspective conique est immédiatement compris au vu de la première image, qu'il est à peine besoin de compléter par un texte descriptif permettant de mieux la voir. Le résultat graphique de la technique, ainsi que l'évolution de l'habileté des artistes au cours du 15^e siècle, sont immédiatement appréciés au vu des trois tableaux reproduits en dessous.

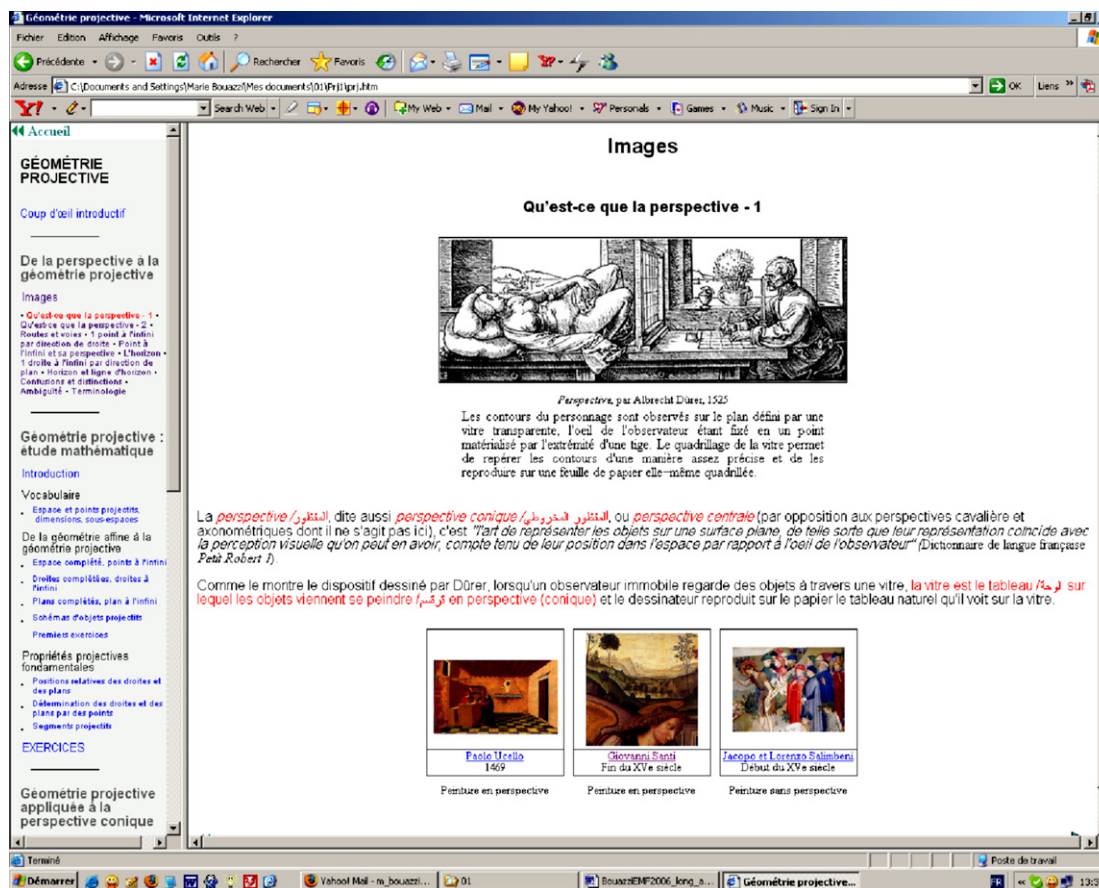


Figure 7 – La perspective, c’est ça ! Ça se voit.

La figure 8 montre l’utilisation de l’image comme moyen de communication pour la mise en place de concepts mathématiques. On y voit comment les images permettent de faire imaginer immédiatement certaines propriétés de l’espace projectif (par le fait, d’ailleurs, que la lecture des images s’appuie sur toute une histoire culturelle, et en particulier sur une grande habitude, devenue naturelle, de la lecture des perspectives et des photographies) et il n’existe aucun risque que l’étudiant puisse croire, par exemple, que l’horizon qu’on distingue au loin dans l’espace soit un objet mathématique. À partir des propriétés imaginées, non démontrées et ne reposant sur aucune définition de concepts, on pourra faire faire à l’élève des mathématiques ; par exemple, on pourra lui faire faire des démonstrations pour aboutir à d’autres propriétés, tout en le rendant conscient que ses connaissances mathématiques sont « à trous » et que, pour faire des mathématiques ou pour les appliquer, il n’a pas besoin de remplir tous les trous.

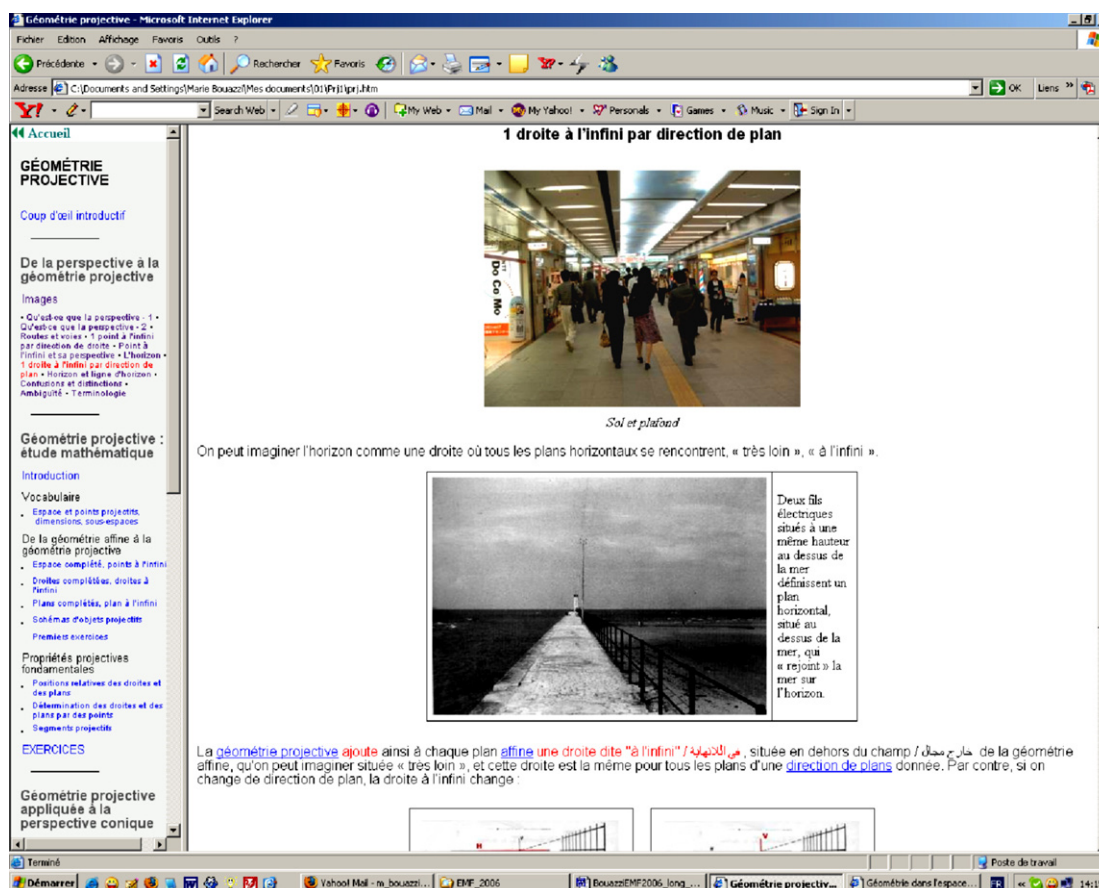


Figure 8 – Deux plans horizontaux se rejoignent sur l’horizon, ça se voit.

Conclusion

Ainsi, les possibilités et les contraintes du support informatique nous ont-ils conduits à faire des choix dans la forme d’exposition des contenus de notre matière sans que, dans un premier temps, il soit question de remettre en cause d’une manière profonde la démarche pédagogique ancienne. La ressource en ligne que nous avons conçue innove dans « l’écriture interactive » (selon la terminologie de Arriaga *et al.* [16]), c’est-à-dire dans la manière d’agencer les éléments composant l’ensemble en prenant en compte certaines des principales spécificités du support (informatique), du sujet traité (un cours de mathématique destiné à des non spécialistes : des étudiants en architecture) et du public (les étudiants, dans le cadre d’un enseignement « en présentiel »). L’interactivité que nous avons développée n’est donc pas celle qui existerait dans un cours à distance, entre étudiants et enseignants, ou bien entre les étudiants eux-mêmes. Il s’agit, dans une première phase, de l’interactivité entre l’apprenant et le contenu.

Nous avons conçu une manière nouvelle d’enchaîner les parties du discours, passant d’une linéarité continue à une linéarité « assouplie » qui permet/demande à l’élève plus d’initiative dans le processus de construction de son savoir. L’outil informatique nous a permis/imposé d’opérer une distinction très nette entre les divers registres de discours, distinction en particulier entre ce qui

est mathématiques et ce qui n'en est pas. Nous avons enfin grandement modifié les rôles relatifs du texte et de l'image, puisque l'image peut jouer dans le support html, grâce à la facilité de son insertion, un rôle principal dans la communication.

Il s'agit maintenant d'évaluer la manière dont les étudiants utilisent ces nouvelles ressources et quels en sont les résultats, pour l'instant au sein de l'enseignement classique «en présentiel». Il est particulièrement intéressant de voir si tous les étudiants en tirent parti, qu'ils soient ou non déjà cultivés, en mathématiques et en général, et qu'ils soient ou non déjà matures dans leurs méthodes de travail.

En même temps, il faudra développer le système d'évaluation automatique interactive de l'apprenant. Cependant, pour notre matière, où le travail circule continuellement entre les mathématiques et divers pans de la culture générale, les questions de réflexion demandant une réponse rédigée longue sont les plus importantes, et elles nécessiteront toujours une correction personnalisée.

Enfin, une étude plus approfondie, à la fois expérimentale et théorique, évaluant et comparant les produits éducatifs actuellement en ligne sur Internet, et utilisant des approches didactiques, cognitives, technicistes, communicationnelles, devrait déboucher sur la conception d'un enseignement interactif à distance, comportant une transformation radicale de la pédagogie du cours.

Références

[1] UVT, Université Virtuelle de Tunis, (consulté mai 2006).

<http://www.uvt.rnu.tn/uvt/index.php> et Les modules du domaine études d'Ingénierie,

<http://www.uvt.rnu.tn/uvt/modul.php?formation1=74>

[2] Engelbrecht, J., Harding, A. (2005). *Teaching undergraduate mathematics on the internet*, (Part I: Technologies and taxonomy, Part II: Attributes and possibilities). *Educational Studies in Mathematics*, Vol. 58, No. 2, 253-276.

<http://ridcully.up.ac.za/muti/webmaths1.pdf> et <http://ridcully.up.ac.za/muti/webmaths2.pdf>

[3] Bouazzi, M., (2005 – mise à jour mai 2006). *Géométrie pour l'architecte*. Module EAD de l'Université Virtuelle de Tunis.

UVT, interface d'accès aux plateformes d'enseignement à distance, <http://u7nc.uvt.rnu.tn/>

Bouazzi, M., site personnel, <http://adsl.hexabyte.tn/bouazzi/geoarch/index.htm>

[4] Bouazzi, M., (1995, 1996). *Géométrie pour l'architecte*, 1. *La symétrie plane*, 2. *Géométrie affine euclidienne dans l'espace*, 3. *Géométrie projective*. Tunis : Cérès Éditions.

[5] Tricot, A., (sous presse). Recherche d'information et apprentissage avec documents électroniques. In A. Piolat, (dir.), *Lire, écrire, communiquer, apprendre avec Internet*. Marseille : Solal.

<http://perso.wanadoo.fr/andre.tricot/AndreTricot.html>

[6] Université en ligne, (consulté mai 2006).

<http://www.uel-pcsm.education.fr/consultation/presentation/index.html>

[7] IREM2, Strasbourg, (consulté mai 2006). <http://irem2.u-strasbg.fr/spip/>

- [8] Vogel, N., (consulté mai 2006). Site personnel. <http://perso.wanadoo.fr/nvogel/index.html>
- [9] Le coin des maths, (consulté mai 2006). Collège Le Hameau.
<http://colleges.ac-rouen.fr/lehameau/maths/maths.html>
- [10] The Math Forum, (consulté mai 2006). Drexel University.
<http://mathforum.org/> et Symmetry and Pattern – The Art of Oriental Carpets,
<http://mathforum.org/geometry/rugs/symmetry/>
- [11] BibM@th, (consulté mai 2006). <http://www.bibmath.net/index.php3>
- [12] Frantz M., (consulté mai 2006). Viewpoints. Indiana University.
<http://mypage.iu.edu/~mathart/viewpoints/index.html>
- [13] Hart, G. W., (consulté mai 2006). Virtual Polyhedra. Site personnel.
<http://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/vp.html>
- [14] Mathematics Across The Curriculum, (consulté mai 2006). Dartmouth College.
<http://www.math.dartmouth.edu/~matc/index.html> et Electronic Bookshelf – Art,
<http://www.math.dartmouth.edu/~matc/eBookshelf/art/index.html>
- [15] Aslaksen, H., (consulté mai 2006). National University of Singapore. Department of Mathematics. Page personnelle, <http://www.math.nus.edu.sg/aslaksen/> et Mathematics in Art and Architecture, <http://www.math.nus.edu.sg/aslaksen/teaching/math-art-arch.shtml>
- [16] Arriaga, N. F., Collet, L., Fragoso, C. P., Godinet, H., Miège, B., Miguet, M., Oh, S. Y., Ologeanu, R., Quinton, P., Séguy, F. (2003). En quoi les TICE innove-t-elles ? Pour une analyse communicationnelle du recours aux TIC dans l'enseignement supérieur. In Moëglin, P., Tremblay, G. (Dir.), « 2001 Bogue – Globalisme et Pluralisme ». Montréal : Université de Montréal – GRICIS. <http://archive-edutice.ccsd.cnrs.fr/edutice-00000575>

Pour joindre l'auteur

Marie Bouazzi
École nationale d'architecture et d'urbanisme, Tunis
Adresse postale : Avenue THAALBI
Diar Ibn Sina, 2 passage 5
1013 MENZAH 9
TUNISIE
E-mail : m_bouazzi@yahoo.com