Colloque emf 2006 | Espace mathématique francophone
Sherbrooke • 27 au 31 mai 2006

UN NOUVEAU RÔLE DE L'INFORMATIQUE DANS LA FORMATION INITIALE DES ENSEIGNANTS

Eric Muller et Chantal Buteau

Brock University

Résumé

*En 1999 le département de mathématiques de l'université Brock a adopté un nouveau programme de mathématiques, intitulé MICA (*Mathematics Integrating Computers and Applications*), dans lequel les étudiants font un usage intensif de la technologie dans tous leurs cours de mathématiques. Parmi une des nombreuses applications de l'informatique et parmi leurs principaux projets mathématiques, les futurs enseignants développent des objets d'apprentissage (*Learning Objects). *Ces derniers sont des environnements informatiques interactifs pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Dans cette présentation, nous explorons la manière dont cette informatique s'intègre dans le programme de mathématiques de l'université Brock. Nous fournissons des exemples de travaux d'étudiants et nous soulignons l'enthousiasme et le dévouement que les étudiants dédient à leurs projets.*

Introduction – L'enseignement et l'apprentissage des mathématiques à l'Université Brock

Conscients de l'étonnant accroissement et de la diversité des logiciels mathématiques, les professeurs de mathématique de l'université Brock ont récemment modifié, de manière radicale,

l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques dans le département. Déjà au début des années quatre-vingts, la technologie fut intégrée dans les cours de mathématiques de service[1]. Toutefois, très peu fut fait dans les quinze années suivantes pour l'intégrer dans les cours des étudiants des programmes de mathématiques (Muller, 2001). Au milieu des années quatre-vingt-dix, alors que la plupart des professeurs avaient expérimenté son utilisation dans les cours de service, l'article de John Conway (1997) a apporté l'incitatif nécessaire pour la révision complète des programmes du département de mathématiques. Conway écrit "*We have to embrace technology, I don't mean just tolerate it; embrace it and celebrate it. The professional mathematics community must adapt and learn how to best incorporate technology into instruction. With the existence of powerful, inexpensive computers, I see mathematics departments rethinking their entire curriculum. Otherwise, we are out of business.*" Résultant de la révision, le Département a lancé, en 1999, un programme révolutionnaire de mathématiques appelé MICA (*Mathematics Integrating Computers and Applications).*

La formation initiale des enseignants est aussi devenue une responsabilité importante du département de mathématiques. Au Canada, l'éducation est une responsabilité provinciale, et en Ontario la formation initiale des enseignants suit généralement un modèle consécutif, c'est-à-dire dans lequel le futur enseignant complète d'abord un diplôme de premier cycle, puis candidate dans une faculté d'éducation. Il en résulte que les futurs enseignants doivent développer leurs connaissances mathématiques à l'intérieur de leur diplôme de premier cycle. Le département prend très au sérieux cette responsabilité pour les niveaux intermédiaires (années 7–8) et secondaires (années 9-12). En collaboration avec la faculté d'éducation de l'université Brock, un

[1] Nous désignons *cours de service* tout cours mathématique qui est requis par un département autre que mathématique.

programme bidisciplinaire pour l'enseignement de niveau intermédiaire a été introduit en 1990. Ce programme était innovateur par le fait que les étudiants complétaient à la fois un diplôme en science et un en éducation, les encourageant ainsi à adresser des problématiques didactiques pendant leurs cours de mathématiques. Ce programme était aussi innovateur par le fait que les étudiants suivaient plus de cours de mathématiques que le nombre minimal requis pour leur qualification d'enseignant de niveau intermédiaire.

La révision départementale s'est penchée sur les mathématiques pour les futurs enseignants résultant sur un programme offrant une étendue d'expériences mathématiques préférée à une profondeur d'expérience dans seulement un ou deux domaines mathématiques. Aussi, en collaboration avec la faculté d'éducation, un programme bidisciplinaire a été établi pour les futurs enseignants de niveau secondaire. Dans ces programmes, les étudiants utilisent la technologie de manière à soutenir leur développement mathématique et leur compréhension de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques. Autrement dit, ils développent et appliquent leurs connaissances mathématiques dans un contexte qui consolide le développement conceptuel, intègre l'utilisation de la technologie et attache de la valeur à une bonne communication de la compréhension.

Section 2 – Principes du programme MICA

Les détails de notre programme se retrouvent dans le *Brock Teaching Journal* (Ralph, 2001). Ses principes sont:

1) encourager la créativité et l'indépendance intellectuelle

2) développer les concepts mathématiques de concert avec l'usage de la technologie et des applications
3) assurer les prérequis
4) renforcer les programmes bidisciplinaires mathématiques-éducation
5) créer une mobilité verticale
6) renforcer les liens avec les autres départements

En résumé, c'est un programme mathématique qui intègre l'utilisation de l'ordinateur, les applications et la modélisation, et qui crée une mobilité verticale pour les étudiants ayant des objectifs variés de formation. Selon Bill Ralph (à apparaître) le département a créé un programme moderne de mathématiques qui encourage la créativité et la maîtrise des concepts mathématiques tout en utilisant de manière optimale les technologies modernes. Dès la première année, dans les cours de calcul et d'algèbre linéaire, les étudiants de mathématique utilisent abondamment le logiciel de calcul formel *Maple* (Maplesoft, n.d.), ainsi que "*Journey Through Calculus*" (Ralph, 1999) en calcul. Cette utilisation de logiciels mathématiques joue un rôle important pendant les quatre années du programme de mathématiques de premier cycle. Dans les trois premières années, les étudiants de mathématiques se doivent aussi de prendre un cours MICA. Une courte description du premier cours MICA se trouve à l'Appendice 1.

Dans les cours de MICA, les étudiants explorent, modélisent et programment des concepts mathématiques de leur choix. Ces cours possèdent en fait plusieurs propriétés d'une formation en modélisation, car les étudiants font face à des situations complexes impliquant un vaste ensemble d'aptitudes logiques. Ils doivent aussi traiter des situations complexes qui ne sont pas clairement définies, affronter des problèmes qui n'ont pas de solution unique, et

travailler dans un environnement de programmation qui exige une précision des détails et où l'erreur ne pardonne pas.

Section 3 – MICA et la formation initiale des enseignants

Le programme MICA ayant été accepté comme étant le programme de mathématiques de premier cycle à l'Université Brock, le département a tourné son attention sur l'éducation mathématique des futurs enseignants. D'abord, l'utilisation de technologies adéquates a été intégrée dans quelques-uns de leurs cours de mathématiques. Par exemple, dans le cours de géométrie, ils utilisent *Geometer's SketchPad* (Geometer's SketchPad, n.d.), un logiciel que le Ministère de l'éducation a licencié dans toutes les écoles ontariennes. Pour leurs études de probabilité et statistiques, ils utilisent *Minitab* (Minitab, n.d.).

Ces étudiants prennent les mêmes cours de première année en calcul et algèbre linéaire qu'une centaine d'autres étudiants qui se spécialisent en mathématiques, physique, économie, etc. Malheureusement le département n'a pas le personnel suffisant pour diviser ces cours par spécialité. Il s'en suit que les futurs enseignants n'ont pas la possibilité de réfléchir sur des problèmes d'enseignement et d'apprentissage pendant ces cours de mathématiques. Et que faire dans les cours spécifiques de MICA? Est-ce que dans ces cours, les futurs enseignants pourraient utiliser la technologie de manière à enrichir leur développement mathématique et à la fois à approfondir leur compréhension pédagogique? Le département a décidé d'intégrer le développement d'objets d'apprentissage (Learning Object). Selon Wiley (2000), un objet d'apprentissage est une composante digitale succincte et indépendante qui est développée par le

concepteur enseignant et qui peut être réutilisée par des élèves dans différentes situations d'apprentissage. En général, un objet d'apprentissage est distribué par Internet. Le résultat est que dès leur premier cours MICA, les futurs enseignants développent et programment des environnements informatiques pédagogiques pour l'apprentissage de concepts mathématiques. Un tel objet d'apprentissage doit être interactif, engageant, facile d'utilisation, et doit amener l'apprenti dans le développement d'un ou deux concepts mathématiques importants. Des exemplaires d'objets d'apprentissage sont disponibles sur le site internet du département *(Learning Objects,* n.d.*)*.

Section 4 - Exemples de travaux d'étudiants des cours MICA

Étant donné que nous sommes dans une université anglophone, nous avons traduit les explications et modes d'emploi des travaux d'étudiants que nous présentons dans cette communication. Dans les deux premiers cas, les objets d'apprentissage ont été créés par des étudiants de première année qui, au début du cours MICA I, étaient des programmeurs novices. Le contexte du troisième exemple se diffère par le fait que les étudiants possédaient déjà des habiletés en programmation. Et finalement le dernier objet d'apprentissage a été créé par deux étudiants de deuxième année dans leur cours MICA II.

Nous soulignons le fait que la qualité de ces objets montre bien la flexibilité de nos cours MICA à stimuler des étudiants de niveaux de programmation divers. En effet, les deux créateurs du troisième objet ont passé une centaine d'heures au total à créer leur objet, alors

qu'ils auraient facilement pu produire, avec leur grande habileté technique, un objet en quelques heures de programmation seulement. Et le résultat est remarquable : en plus d'une grande qualité didactique, leur objet présente une interface graphique très raffinée, accompagnée de musique et d'animations.

Objet d'apprentissage 1: nombres négatifs pour les années 6 à 8

Cet objet d'apprentissage, au sujet des nombres négatifs, a été créé par Jessica L. à l'hiver 2005. Le contexte de son objet est une aventure contenant trois missions à accomplir afin d'atteindre un trésor. Ali, un petit extra-terrestre vert, nous accompagne tout en nous offrant son aide en cas de besoin.

Dans la première mission, appelée *Lancement de fusée*, nous pratiquons à compter en ordre croissant et décroissant de moins cinq à plus cinq et vice-versa. La mission suivante, le *Terrain de stationnement*, nous demande de répondre 'vrai ou faux' à des questions au sujet de notre emplacement par rapport à différents étages (au-dessus ou au-dessous du sol) dans un terrain de stationnement. Pour accomplir cette mission, nous devons ordonner deux nombres entiers. Si nous avons besoin d'aide, les conseils d'Ali offrent des analogies entre les nombres entiers et les étages d'un terrain de stationnement. La troisième mission nous emmène au Pôle Nord. Avec l'aide d'une table des températures mensuelles moyennes, nous devons calculer les différences de températures moyennes entre le Pôle Nord et Sainte - Catherine (la ville natale de l'université de Brock). Quelques exercices à ordonner ces différences de températures moyennes s'en suivent. Un conseil très utile par Ali nous montre comment calculer la différence entre deux nombres entiers en employant des vecteurs sur la droite des nombres entiers. La dernière

mission nous défie avec un jeu composé de questions aléatoirement produites sur des sommes et des différences de nombres entiers. Pour atteindre le trésor (un dragonnet électronique), nous devons obtenir au moins 80% sur ce jeu.

Objet d'apprentissage 2: Théorème de Pythagore pour la 8ème année

Le but de cet objet, créé en 2004 par Lindsay C., est d'introduire le théorème de Pythagore au sujet des triangles rectangles et quelques applications concrètes. Il y a quatre parties principales: la révision, l'exploration, le jeu et les applications.

Avant de commencer notre exploration du théorème de Pythagore, nous sommes amenés à réviser brièvement quelques propriétés des angles droits et triangles rectangles. Une petite anecdote au sujet de Pythagore nous donne quelques informations sur le contexte historique du théorème. Ensuite, de manière interactive, nous explorons une représentation géométrique du théorème avec des triangles rectangles dont les longueurs des côtés diffèrent. Puis nous sommes guidés, étape par étape dans deux exemples, où nous devons calculer, avec l'aide du théorème, la longueur de l'hypoténuse de triangles rectangles dont les deux autres longueurs latérales sont données. Ces exemples sont présentés avec explications et figures. Et c'est maintenant à notre tour de pratiquer ce procédé étape par étape avec d'autres triangles rectangles. Ceci nous prépare au jeu de casse-tête électronique contenant douze triangles rectangles différents, pour lesquels les longueurs de deux côtés sont données et où il faut trouver la longueur manquante. Pour chaque réponse juste, il nous est dévoilé une partie de la charade dont la phrase résultante est un énoncé sur le sujet de cet objet. Dans notre aventure finale, une variété d'applications du théorème nous met au défi par des questions multiples. Ces applications sont : (1) distance d'une échelle au mur

pour monsieur le pompier ; (2) lancé d'un joueur de baseball du marbre à la deuxième base ; (3) périmètre d'une surface de deux triangles ; (4) longueur d'un pôle d'une tente circulaire ; (5) longueur de la plus longue baguette d'un cerf-volant en losange. Si nous ne pouvons résoudre le problème directement, nous pouvons voir un diagramme, et la solution complète est toujours présentée après que nous ayons donné notre réponse.

Objet d'apprentissage 3: périmètre et aire pour la 4ème année

Cet objet d'apprentissage, créé par Adam P. et Patrick C. à l'hiver 2005, se déroule dans le contexte de l'histoire de Hercule (Walt Disney). Il y a neuf étapes à franchir avant d'accéder à la bataille finale pour sauver Meg, l'amie d'Hercule. Hermes, le petit dieu de la sagesse, nous fournit quelques conseils mathématiques précieux tout au long de l'aventure.

L'aventure commence par deux étapes au sujet d'unités de longueur standard et non standard. Voyageant sur le dos de Pegasus, notre licorne blanche, nous atteignons notre prochaine étape sur l'addition et la soustraction de longueurs. Nous nous y exerçons en calculant la distance entre nous et notre entraîneur Phil et ce, tout en nous avançant ou reculant. Notre premier grand défi est une bataille contre le cyclope : pour le battre nous devons répondre correctement à cinq questions au sujet de distances dans le but de s'approcher pas à pas et de jeter une roche dans son oeil. Après avoir gagné la bataille contre le cyclope, nos trois prochaines étapes sont des questions sur le périmètre de rectangles et d'autres formes plus complexes. Nous devons ensuite aider les gens d'un village qui se voient volés tout leur poisson par le méchant centaure: en déterminant correctement le périmètre de coupes de bois, marteaux, clous, et clôture, nous parvenons à l'emprisonner. Puis nous sommes prêts à affronter nos trois

prochaines étapes : l'étude de l'aire de formes à l'aide d'une grille, des unités d'aires, et aire de rectangles. Enfin, alors que nous atteignons la porte de l'enfer, nous nous sentons près du but, mais un dernier défi nous attend! Nous devons répondre correctement à trois questions sur l'aire de différentes formes avant d'être lancé dans un jeu de feu contre Hades. Notre amie Meg ne sera sauvée que si nous sommes victorieux.

Objet d'apprentissage 4: équations différentielles (ED) séparables du premier ordre pour un cours universitaire de calcul

Créé par Danielle B. et Jen V. dans leur cour MICA II pendant l'année 2004-2005, cet objet se déroule dans le contexte d'un calendrier scolaire. Deux activités principales sont proposées à la barre de menu: le centre d'apprentissage et les examens pour la révision des ED séparables du premier ordre et les champs de directions.

Au début nous sommes dirigés vers un centre d'étude où trois matières sont proposées: équations séparables, leur champ de direction, et la représentation graphique de leurs solutions. Le calendrier scolaire commence en septembre où nous passons en revue, en mots, l'idée principale et la méthode pour résoudre le EDs séparables de premier ordre. Octobre suit avec un exemple détaillé. En novembre, nous sommes amenés étape par étape à résoudre une ED: c'était l'examen de mi-session. En décembre, une brève introduction sur les champs de direction nous est présentée et qui sont explorés en janvier par la construction détaillée de trois exemples. À partir de maintenant et ce, jusqu'à mai, nous explorons les solutions de quatre EDs séparables leur champ de direction respectif. En cliquant avec la souris sur le champ de direction, nous dessinons une solution de l'équation. Le graphe de la solution ayant le même point initial que

notre courbe nous est ensuite immédiatement présenté. Nous pouvons répéter ce processus autant de fois comme nous le voulons. Nous pouvons également demander à voir le graphe de la solution qui passe par l'origine. Enfin, nous arrivons en juin avec l'examen final composé de huit questions, six d'entre elles traite de la résolution d'une ED séparable de premier ordre et les deux autres demandent d'associer des EDs à leur champ de direction.

Section 5 – Commentaires des évaluations d'étudiants

Au moment où nos étudiants produisent leur premier objet d'apprentissage, ils n'ont pas encore commencé leur formation en didactique des mathématiques. Chris nous raconte que le développement de son objet d'apprentissage a été en soi sa première expérience d'enseignement et qu'il se réjouit d'aller en classe pour la " vraie chose" : " **…** *He (his cousin that tried the Learning Object) actually even asked me if I could give him a copy to keep just help him in case he wanted to practice later on. I can honestly say that it was quite the experience in my first form of "teaching". I am looking forward to getting in the classroom so I can do the real thing."*

Erin nous dit qu'elle réalise que l'enseignement des mathématiques n'est pas chose facile: *"I also learned a lot from programming a learning object and realized how hard it is to teach multiplication and, more generally, math."* Sa détermination dans le développement de son objet d'apprentissage a été exemplaire: elle a retouché son objet d'apprentissage coup sur coup après l'avoir testé avec des enfants. Et, comme elle le réalisa, elle en sort gagnante, car l'apprentissage de la programmation exige la pratique : *"I also learned more about*

*vb.net (*Microsoft, n.d.*) because I had to do a lot of reviewing of coding to create many of the objects in my program… I had a lot of fun with it though, and have become interested in designing mathematical programs for teaching because I enjoyed it so much."*

Il est important de noter que chaque étudiant doit tester son objet d'apprentissage avec des apprentis de niveau de connaissance mathématique correspondant à l'objet. Certains étudiants, tout comme Erin, vont bien au-delà de ce qui est suffisant pour le cours. Ils se dédient au développement de leur objet et ce, sous plusieurs aspects. Par exemple, Jacquie et Andrea ont observé que certains détails dans l'interface de l'objet pouvaient grandement contribuer à aider l'apprenti dans son "aventure d'apprentissage": "*… We found that the smallest things can help a student learn to the best of their ability (e.g.: …,Clifford's help*[2]*, having color coordinating buttons.)…*" Lindsay mentionne qu'elle a incorporé différentes méthodes d'enseignement dans son objet d'apprentissage et que ses tests avec deux apprentis ont confirmé son choix didactique: "*You can't expect every student to enjoy the same things. As a future teacher, I know that I will need to use various techniques to stimulate the interests of every students."*

Les étudiants ont affiché un dévouement remarquable pour leurs objets d'apprentissage, et ils s'en sont montrés très fiers: Adam et Patrick nous disent "*…although experiencing many set backs, we are both excited and thrilled to share our program…"* Dans le processus de conception d'objet d'apprentissage, les étudiants expérimentent à la fois l'activité mathématique et l'activité didactique des mathématiques et ce, très fréquemment pour la première fois, de façon personnalisée.

---

[2] Clifford est un petit chien que tous les enfants connaissent et qui est présent dans leur objet d'apprentissage afin d'aider l'apprenti en cas de besoin.

Section 6 - Conclusions

La création d'objets d'apprentissage mathématiques est pour l'étudiant un développement actif des mathématiques et également une activité d'apprentissage de didactique pour les futurs enseignants. Les étudiants choisissent individuellement leur projet et ils montrent beaucoup de créativité, enthousiasme et dévouement à leur création. Chaque objet d'apprentissage stimule une formulation explicite des enjeux pédagogiques reliés à l'enseignement et l'apprentissage des concepts mathématiques. D'une part, l'étudiant doit faire face à des situations complexes qui impliquent un vaste ensemble d'habiletés logiques, travailler avec des situations qui ne sont pas clairement définies, et affronter des problèmes dont les solutions ne sont pas uniques. D'autre part, l'environnement informatique est intransigeant pour les détails et l'erreur n'y est pas permise. Finalement, le développement d'objets d'apprentissage incite l'approfondissement des habiletés de communication. L'étudiant doit travailler avec le langage mathématique et communiquer sa compréhension et ses exigences à l'utilisateur de son objet d'apprentissage. Ceci doit être fait de manière engageante, tant au niveau visuel qu'éducationnel, et complètement dégagée d'ambiguïté.

Références

Conway, J. (1997). A wealth of Potential but an Uncertain Future: Today's Mathematics Departments. *Notices of the AMS, 44*(4), 439-443.

The Geometer's SketchPad Resource Center (n.d.). (see, http://www.keypress.com/sketchpad/).

Learning Objects at Department of Mathematics of Brock University (n.d.). (see, http://www.brocku.ca/mathematics/resources/learningtools/learningobjects).

Maplesoft (n.d.). (see, http://www.maplesoft.com/).

Microsoft Visual Basic Developer Center (n.d.). (see, http://msdn.microsoft.com/vbasic).

Minitab (n.d.). (see, http://www.minitab.com/).

Muller, E.R. (2001). Reflections on the sustained use of technology in undergraduate Mathematics education. In D. Holton (Ed), *The Teaching and Learning of Mathematics at the University Level: An ICMI Study* (pp. 381-394). Dortdrecht : Kluwer Academic Publishers.

Ralph, W. (1999). *Journey Through Calculus*, Brookes/Cole.

Ralph, W. (2001). *Brock Teaching*. (see, http://www.brocku.ca/ctl/pdf/Brock_Teaching_1.pdf).

Ralph, W., Pead, D., with Muller, E., (to appear). Uses of technology in mathematical modelling. In Blum W. (Ed.), *Applications and Modelling in Mathematics Education*, Kluwer Academic Publishers.

Wiley, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D. A. Wiley (Ed), *The Instructional Use of Learning Objects*, (see, http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc).

Appendice 1[3]

Le programme de mathématiques MICA a été développé autour d'une séquence de nouveaux cours qui accentue une exploration et présentation créatives des mathématiques par l'usage de technologies. Le premier cours MICA 1, d'une durée d'un semestre, est requis pour tous nos étudiants MICA ainsi que pour les étudiants dans nos programmes bidisciplinaires mathématiques-éducation expliquant l'emphase de ce premier cours sur la communication. MICA 1 est réparti en deux heures de cours et deux heures de laboratoire informatique par semaine.

Dans la première partie du cours, nous exposons deux sujets particulièrement intéressants pour l'exploration mathématique. Ceci a pour but de donner aux étudiants un sujet fertile pour l'énoncé de conjectures dont ils peuvent examiner par le design et l'implémentation d'un programme informatique élémentaire. Nous employons souvent la conjecture de Collatz ainsi que les nombres premiers en tant que point de départ parce qu'ils sont très accessibles aux étudiants. Les étudiants sont divisés en petits groupes et doivent alors réfléchir à des questions intéressantes sur ces deux sujets. Pour assurer le succès de cette séance, il est primordial d'imposer à la classe une atmosphère où *toute* spéculation soit bienvenue. Nous écrivons les conjectures au tableau et discutons de la faisabilité de les tester avec nos connaissances actuelles de programmation. Chaque étudiant est ensuite invité à énoncer une conjecture pour lui-même et à écrire un programme pour l'examiner. Leur projet comporte un programme informatique et un rapport écrit complet sur leur conjecture et ce qu'ils ont observé et trouvé. L'interface

[3] Traduction à partir d'un texte de Bill Ralph.

graphique de leur programme doit être auto-explicative, visuellement attrayante et facile à utiliser. Pour plusieurs, c'est la première fois qu'on leur demande de poser une question mathématique et l'on sent facilement leur "rigidité" au début de la classe. Mais après un moment, les conjectures commencent à jaillir rapidement et il s'avère que les étudiants ont une grande capacité à trouver des questions intéressantes.

Le but de la deuxième partie du cours est très spécifique : créer et implémenter un programme de codage et décodage, basé sur le système RSA, que des « espions » pourraient utiliser sur le terrain. Les étudiants sont d'abord introduits à l'arithmétique modulaire, l'algorithme d'Euclide du PGCD, le groupe d'entiers modulo n et le petit théorème de Fermat. Ils écrivent des programmes sur les sujets nécessaires à la théorie et le codage de tout l'algorithme du RSA. Cette partie du cours procure aux étudiants une introduction à l'algèbre abstraite et à la théorie des nombres.

La dernière partie du cours traite de systèmes dynamiques discrets et continus. Nous étudions en particulier l'équation logistique et les étudiants écrivent des programmes qui affichent les diagrammes du Cobweb et les données numériques. Quand les étudiants ont terminé leur propre programme, les cours sont donnés dans le lab permettant ainsi aux étudiants de vérifier instantanément, avec leur programme, la théorie présentée au tableau. C'est en fait très stimulant d'enseigner la matière de cette façon.

Finalement, la pièce centrale de ce cours est le projet final. Les étudiants travaillent seuls ou en équipe de deux au design et implémentation d'un programme pour tester une conjecture qu'ils auront énoncée eux-mêmes, pour examiner une application dans une autre discipline, ou, dans le cas des futurs enseignants, pour créer un objet d'apprentissage sur un sujet de leur choix.

En général, les résultats surpassent nos attentes. Les étudiants se dévouent à leur travail et leurs projets finals sont souvent très élaborés, fascinants et un vrai plaisir à noter.

Eric Muller
Mathematics Department
Brock University
500 Glenridge Avenue
St.Catharines, Ontario
CANADA L2S 3A1
emuller@brocku.ca

Chantal Buteau
Mathematics Department
Brock University
500 Glenridge Avenue
St.Catharines, Ontario
CANADA L2S 3A1
cbuteau@brocku.ca