UTILISER LES TIC DANS LE CONTEXTE DE L'ENSEIGNEMENT DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE

Frédéric Fournier • Martin Riopel Patrick Charland • Patrice Potvin





UTILISER LES TIC DANS LE CONTEXTE DE L'ENSEIGNEMENT DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE

UTILISER LES TIC DANS LE CONTEXTE DE L'ENSEIGNEMENT DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE

Frédéric Fournier • Martin Riopel Patrick Charland • Patrice Potvin







ISBN imprimé: 978-2-9817238-0-2

Conception page couverture: Alejandro Natan

Mise en pages: Alejandro Natan

Révision: Magali Laurent

Photo de la couverture: Shutterstock

© EREST (2018)

Tous droits de reproduction, d'adaptation ou de traduction réservés pour tous pays.

TABLE DE MATIÈRES

LES TIC DANS LE CADRE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE	7
ET DE LA TECHNOLOGIE	,
Programme d'enrichissement des apprentissages par l'informatique	13
Utiliser la robotique éducative en science et technologie : proposition d'un modèle d'intégration adapté à la salle de classe	25
Un jeu interactif en ligne pour favoriser la compréhension des mouvements rectilignes uniforme et uniformément accéléré : SpatioPet	41
Un wiki pour construire sa compréhension en sciences et technologie : (re)découvrons les racines latines et grecques au primaire	55
Le site W eb de classe pour favoriser l'apprentissage des sciences : du primaire à l'université	73
Soutenir le processus d'enseignement-apprentissage des sciences et technologie avec un environnement numérique d'apprentissage	93
Place de la simulation numérique dans la formation des futurs professeurs de physique du secondaire	112
Un wiki pour des expériences de physique en master enseignement	123
Enseigner l'informatique par le codage et la robotique pédagogique!	139

LES TIC DANS LE CADRE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Frédéric Fournier

Université du Québec à Montréal

DES ORDINATEURS DANS LES ÉCOLES

Au fil des années, l'accroissement des performances des ordinateurs, leur facilité d'utilisation, l'arrivée du multimédia, la mise en réseau par intranet, puis la convergence de l'informatique et des télécommunications qui ont engendré les TIC ainsi que le web 2.0 ont constitué des bonds technologiques importants ayant permis d'augmenter significativement la fonctionnalité et le potentiel pédagogique de ces outils. La rapidité avec laquelle ces technologies évoluent nous amène cependant à nous questionner de nouveau sur la manière dont elles doivent être intégrées à l'enseignement : la présence d'un ordinateur dans une salle de classe ne suffit pas à garantir une valeur ajoutée aux activités d'enseignement et peut même se révéler dans certains cas contre-productive (OCDE 2015). En effet, pourquoi «s'embarrasser» d'un ordinateur alors qu'une activité impliquant peu de matériel peut parfois être tout aussi bénéfique pour l'apprenant? D'ailleurs, les résultats provenant de nombreuses recherches portant sur l'impact des TIC en éducation ont été, au fil des ans, teintés d'un certain optimisme naïf et ont dévoilé des conclusions mitigées montrant l'importance de relativiser leurs bénéfices. En effet, même si personne ne remet en cause leur flexibilité et leur polyvalence, les TIC ne sont plus forcément perçues comme une panacée, mais plutôt comme un outil qui, pour être pertinent, doit être utilisé sous certaines conditions.

De plus, bien que la génération de nos élèves et étudiants soit née avec Internet, il existe une disparité énorme dans leur connaissance et leur bon usage de cet outil. En effet, les TIC sont le plus souvent utilisées pour rechercher de l'information, mais malheureusement peu dans leur fonction de production et de diffusion de nouveaux savoirs ou comme outil réflexif. Force est de constater que parmi les fonctions les plus utilisées, on compte très certainement le « copier-coller ». L'abondance de contenus rendus facilement disponibles nous touche aussi directement à titre d'enseignant : nous n'avons en effet plus le monopole de la transmission des savoirs, et nos élèves sont au contraire victimes d'« infobésité », terme très explicite faisant ressortir la prolifération de contenus de tous genres disponibles sur Internet.

Le terme «TIC» employé dans les différents articles de ce livre est ici générique et recouvre d'une manière plus large l'ensemble des technologies liées à l'utilisation à des fins pédagogiques de l'ordinateur et de ses fonctionnalités. En effet, au fil des années, les possibilités offertes par l'informatique ont engendré une variété de plus en plus large d'outils et d'usages. D'ailleurs, la succession d'acronymes (TIC, TI, NTIC, NTE, TICE, TUIC,...) apparus depuis plus d'une vingtaine d'années est peut-être révélatrice de la vitesse à laquelle les technologies ont évolué et se sont installées dans notre société, mais aussi de la difficulté qu'ont éprouvée les différents milieux, y compris celui de l'éducation, à leur trouver une place. Dans de nombreux pays, au fil des réformes scolaires, l'informatique a ainsi été vue comme une matière à part entière ou comme une compétence transversale à développer au sein de toutes les matières. Son intégration en éducation reste souvent un défi.

ORDINATEUR ET ENSEIGNEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Parmi les disciplines scolaires enseignées au primaire, secondaire ou encore postsecondaire, c'est très certainement en science et technologie (S&T) que l'utilisation de l'informatique est la plus riche et la plus diversifiée. En effet, outre les fonctions de recherche de données, de communication et de création de contenus associées traditionnellement aux TIC, le domaine d'enseignement des S&T a mis en place certains outils spécifiques d'un grand intérêt. Parmi ceux-ci figurent l'expérimentation assistée par ordinateur mise en place dès les années 70, la robotique pédagogique ou encore les simulations. Les TIC peuvent y être utilisées tout au long des travaux pratiques pour soutenir la démarche des élèves lors de la recherche d'informations, la récolte, le traitement, la représentation, l'interprétation ou la diffusion de données scientifiques.

De plus, jusqu'à récemment, l'ordinateur était enfermé dans les salles de classe. Cependant, l'arrivée des ordinateurs portables, tablettes et téléphones dits «intelligents» a bousculé nos habitudes et nous offre de nouvelles opportunités. Un simple téléphone cellulaire peut servir à filmer des événements, prendre des photos, enregistrer des sons et mesurer toutes sortes de phénomènes physiques. À eux seuls, ces appareils peuvent devenir des mini laboratoires portables, car ils contiennent de nombreux capteurs tels que des accéléromètres, des capteurs de pression, de température, de luminosité, de champ magnétique, de fréquence cardiaque, des GPS, des gyroscopes, etc. De plus en plus d'applications gratuites nous permettent de relever et d'exploiter ces données.

Les nouvelles technologies offrent aussi la possibilité d'illustrer les phénomènes physiques selon différentes représentations et font de la science un utilisateur privilégié de l'informatique aussi bien dans les classes que dans les laboratoires, mais aussi un outil facilitant la démarche scientifique ou technologique sur le terrain. À titre d'exemples, les logiciels de simulations et les jeux sérieux nous permettent de montrer un phénomène physique selon différentes

représentations graphiques ainsi que de superposer le *réel* et le *virtuel* :

- Un circuit électrique peut s'animer et illustrer le déplacement des électrons;
- Des logiciels permettent de voir et de tester les contraintes subies par un pont en fonction de ses dimensions et des matériaux utilisés;
- Des caméras vidéo permettent de voir en temps réel des volcans éteints ou actifs ainsi que des représentations en trois dimensions de séismes, et permettent d'observer comment se déroulent les différentes phases de l'éruption;
- De nombreux sites Internet offrent la possibilité de réaliser des dissections virtuelles d'animaux et de remplir des cahiers de laboratoire pour partager nos observations;

• ...

Les TIC nous donnent ainsi accès à une multitude d'outils favorisant l'apprentissage des sciences et technologies.

CONCLUSION

Ce livre a permis de réunir des enseignants, des chercheurs et des praticiens œuvrant dans l'enseignement des sciences et de la technologie. Il ne souhaite pas proposer un ensemble de recettes sur l'utilisation des TIC, mais entretient plutôt l'ambition d'ouvrir certaines possibilités sur une utilisation plus raisonnée de l'informatique, aussi bien pour l'enseignant que pour l'apprenant.

Au travers des multiples chapitres de ce livre, vous pourrez ainsi explorer différents usages et intégration des TIC dans le cadre de l'enseignement des sciences et technologies.

Il ne faut surtout pas perdre de vue que dans les années à venir, les TIC vont encore beaucoup évoluer et leur intégration dans le cadre scolaire restera très certainement un défi à relever. Mais ce sera pour nous tous une façon d'enrichir nos modes d'apprentissages et nous permettra peut-être aussi de revoir sous un autre angle nos pratiques afin de les rendre encore plus pertinentes.

BEAUFILS, D. et SALAME, N. (1989). Quelles activités expérimentales avec les ordinateurs dans l'enseignement des sciences?

BROUILLARD, Éric (1997). L'ordinateur à l'école : de l'outil à l'instrument, in Pochon Luc-Olivier, Blanchet Alex (eds.), L'ordinateur à l'école : de l'introduction à l'intégration, IRDP, Neuchâtel, p. 99-118.

COX, Margaret, «Informatique et apprentissage des sciences : tendances, dilemmes et conséquences pour l'avenir », RDST, 6 | 2013, 23-52.

GAUDREAU, A.; (2012) http://ticfga01.ca/2012/11/22/les-tic-des-outils-pertinents-en-science-et-technologie/

OCDE (2015). Connectés pour apprendre? Les élèves et les nouvelles technologies. Paris, OCDE. Repéré à http://www.oecd.org/fr/edu/scolaire/Connectes-pour-apprendre-les-eleves-et-les-nouvelles-technologies-principaux-resultats.pdf.

PROGRAMME D'ENRICHISSEMENT DES APPRENTISSAGES PAR L'INFORMATIQUE PEAI

Éric Durocher

Université du Québec à Montréal et École secondaire Dalbé-Viau, CSMB

L'APPRENTISSAGE COLLABORATIF EN ENVIRONNEMENT TECHNOLOGIQUE

Résumé

Depuis maintenant six ans, l'intégration des technologies de l'information et des communications (TIC) m'a amené à enseigner les sciences et la technologie d'une façon très différente de ce qu'on trouve habituellement. C'est en mettant les élèves en interaction qu'il m'est possible de les amener à douter, à remettre en question et à comprendre les différents concepts scientifiques. Les élèves évoluent dans un milieu totalement inhabituel et ils utilisent l'informatique d'une façon tout aussi inhabituelle, ce qui nous permet de produire des apprentissages durables et significatifs.

INTRODUCTION

L'intégration des technologies de l'information et des communications (TIC) en classe est une réalité grandissante dans notre milieu scolaire. C'est donc un défi de savoir comment bien réussir le mariage entre la technologie et les apprentissages.

Notre premier réflexe consiste souvent à reprendre nos habitudes « papier » et à les transposer intégralement dans le monde virtuel, mais les résultats sont souvent décevants ou inchangés par rapport à l'époque qui a précédé les TIC. Par conséquent, pour voir l'impact de l'intégration des TIC dans l'enseignement, il m'apparaît essentiel de changer radicalement notre façon d'enseigner et de faire apprendre. C'est ce que propose le programme d'enrichissement des apprentissages par l'informatique (PEAi), qui est implanté à l'école secondaire Dalbé-Viau depuis maintenant six ans.

1. LA PETITE HISTOIRE DU PEAI

C'est en enseignant les sciences à des élèves faisant face à de très grandes difficultés scolaires que j'ai entrepris des démarches afin de faire entrer les technologies de l'information et des communications (TIC) dans ma classe et ainsi pouvoir disposer d'ordinateurs portables pour mes élèves. Je voulais leur proposer une façon différente et motivante d'apprendre tout en leur offrant un outil d'aide à l'apprentissage. Le choc fut grand lorsque j'ai utilisé les ordinateurs avec eux pour la première fois. Je leur ai alors demandé de rédiger leur rapport de laboratoire à l'aide de leur nouveau portable. « Monsieur, on peut pas, Facebook est bloqué! »; «Même MSN Messenger est barré... On peut pas écrire. » Mes élèves, qui étaient pourtant très bons pour trouver des vidéos drôles sur YouTube, pour rencontrer des gens et partager des informations sur les réseaux sociaux ou pour télécharger la nouvelle version du dernier jeu à la mode, étaient incapables de travailler et d'apprendre à l'aide de l'informatique. La présence des ordinateurs s'avérerait peut-être plus périlleuse que je ne l'avais anticipé. Le cours suivant, j'entrepris donc de demander à mes élèves de prendre leurs «notes de cours » sur un logiciel de traitement de texte, faisant ainsi d'une pierre deux coups (on apprend à utiliser un traitement de texte et on prend nos notes de cours). Pendant que je tapais mes notes de cours sur mon ordinateur en les projetant sur l'écran à l'avant, je m'aperçus que la moitié de ma classe me regardait les bras croisés. Lorsque je leur demandai pourquoi ils ne prenaient rien en note, ils me répondirent : «Vous les tapez. Vous nous les enverrez. » Mes élèves avaient tout à fait raison, l'informatique ne devait pas servir à cela en classe, j'avais fait fausse route.

L'intégration de l'informatique devait prendre une tout autre forme pour permettre à mes élèves d'apprendre efficacement et pour qu'elle présente un réel avantage. Devant ce constat, ma façon d'aborder la matière, de faire des projets et des exercices allait changer complètement. Les élèves avaient maintenant accès à une quantité phénoménale d'informations présentées de façons tout aussi diversifiées : textes, photos, animations, vidéos, journaux, musées virtuels, etc. Je m'aperçus alors que mes élèves consommaient et partageaient ces explications à une très grande vitesse, et chacun pouvait y trouver la ressource adaptée à sa façon d'apprendre. Ils y construisaient et déconstruisaient leur compréhension au rythme de leurs découvertes et de leurs échanges. Ma présence devant la classe en tant que transmetteur d'informations était de moins en moins fréquente. J'étais plus souvent assis avec mes élèves à les amener à décortiquer les informations trouvées et à les aider à les comprendre. Les élèves ressentaient de plus en plus le besoin de s'aider et de partager leur compréhension.

C'est à ce moment que l'école décida de mettre en place une classe où l'intégration de l'informatique se ferait dans toutes les matières. Ma réflexion personnelle devint alors une réflexion d'équipe afin de mettre en place un environnement de travail propice à l'utilisation d'outils informatiques pour favoriser l'apprentissage des élèves.

2. LE MILIEU D'APPRENTISSAGE

Lorsque vous entrez dans la classe de PEAi, vous pouvez y voir des élèves debout, écrivant sur un tableau interactif, alors que d'autres sont assis devant l'ordinateur à écouter des documentaires vidéo, à lire des informations trouvées sur Internet ou à discuter, à échanger et à discuter (et souvent même à s'« obstiner ») à propos de leurs compréhensions respectives. Les ressources y sont multiples et diversifiées tout comme les façons de réaliser la tâche demandée.

La classe est composée de six îlots de travail de cinq pupitres chacun. Ces îlots sont placés de façon à favoriser une communication et une collaboration entre les élèves qui ont tous un portable prêté par l'école. De plus, ils font face à un tableau interactif connecté aux ordinateurs des élèves de l'équipe. Ce tableau appartient aux élèves. Il est mis à leur disposition puisqu'il constitue un outil de travail et de collaboration au sein même de l'équipe. La classe est aussi équipée de bornes sans fil permettant aux élèves de se déplacer dans leur environnement de travail tout en s'assurant de toujours avoir accès à Internet et au réseau de l'école. Les élèves de cette classe, contrairement au reste de l'école, ont accès aux réseaux sociaux, tels que Google+, Facebook et Twitter, ainsi qu'aux sites de partage de vidéos comme YouTube. Ces plates-formes deviennent pour les élèves, avec l'aide de l'enseignant, des outils d'apprentissage, de partage et de travail. La classe possède aussi une plate-forme permettant aux élèves de créer des salles de classe virtuelles leur permettant de se rencontrer à distance et ainsi de continuer ou de finaliser le travail amorcé en classe.



Figure 1 : Photo de la classe des élèves de la première secondaire



Figure 2 : Photo de la classe des élèves de la deuxième secondaire



Figure 3 : Photo de la classe des élèves de la quatrième secondaire

3. COMMENT Y APPRENONS-NOUS?

Vous aurez sans doute compris, en voyant la salle de classe dans laquelle les élèves évoluent, que l'enseignement magistral n'y occupe pas une grande place. On apprend à travers la résolution de problèmes, les défis et les projets qui font surgir chez les élèves une réponse instinctive basée souvent sur les conceptions « non scientifiques » ou les fausses conceptions existant déjà dans leurs esprits. Celles-ci vont alors se heurter aux conceptions « non scientifiques » des autres élèves de leur équipe, ce qui mène, on l'espère, et l'enseignant doit travailler dans ce sens, à une discussion et à une confrontation des idées. Toutefois, ces préconceptions

ne sont pas toujours suffisamment bien maîtrisées pour qu'ils puissent tenir un discours capable de convaincre leurs collègues qu'ils ont raison ou qu'ils réussiront à résoudre le problème avec leurs idées. Par le fait même, leurs conceptions sont ébranlées, et un doute commence à s'installer; un début de conflit cognitif se forme. C'est alors que les élèves partent à la recherche de preuves pour défendre leurs idées. L'informatique est l'outil tout indiqué pour accomplir cette tâche. Contrairement au manuel scolaire, qui renferme souvent la réponse en caractère gras rouge, les ressources numériques proposent des réponses beaucoup plus difficiles à trouver, à analyser et à valider. L'informatique offre aussi des logiciels et outils tels que des caméras photo et vidéo permettant de représenter rapidement et facilement des résultats d'expériences qui peuvent ainsi faire l'objet d'une véritable analyse au sein de l'équipe. Cette quête de sens entraîne une succession d'échanges d'informations et d'interprétations différentes et contradictoires qui conduisent les élèves à remettre en question leurs conceptions initiales et à se créer, au fil de leurs découvertes et compréhensions, une nouvelle conception commune. Ce processus est beaucoup plus marquant que lorsque c'est l'enseignant qui leur transmet l'information. Bien entendu, l'enseignant a un rôle très important dans ce processus réflexif.

3.1 L'élève doit pouvoir exercer son autonomie

L'utilisation des TIC dans cette approche pédagogique est importante, car elle permet l'accès à une grande diversité d'informations et autorise de multiples façons d'apprendre. L'élève peut consulter des vidéos, des images, des articles de recherche et même trouver des démonstrations. Pour que ce processus de recherche soit efficace et qu'il présente une bonne valeur didactique, il ne doit pas être contrôlé trop rigoureusement par l'enseignant. Ce dernier doit donc s'abstenir, par exemple, de fournir aux élèves une liste de sites Internet ou de ressources numériques

jugées pertinentes et contenant «la» réponse recherchée, car la découverte d'informations contradictoires sur Internet est une source intéressante et importante de conflits cognitifs et de discussions pédagogiques au sein de l'équipe. Lorsque, au contraire, les ressources numériques sont fournies, l'élève devine rapidement ce qu'on attend de lui ainsi que la réponse souhaitée; le processus d'apprentissage est alors rompu, et l'élève se limitera dès lors à retenir l'information désirée par l'enseignant sans nécessairement avoir compris l'essentiel. Il est néanmoins recommandé que l'enseignant ait certaines ressources en réserve, dans le cas où une équipe se sentirait bloquée.

Il est aussi très important de permettre aux élèves de se déplacer dans la classe, d'être debout, d'utiliser leur tableau, ainsi que des écouteurs pour visionner des vidéos en ligne, et même de leur donner la chance de réaliser des expériences permettant de confirmer ou d'infirmer leurs compréhensions.

3.2 Le mandat de départ

Le mandat de départ doit être soigneusement étudié et réfléchi afin que les élèves puissent atteindre le but souhaité, soit le conflit cognitif et, éventuellement, la compréhension du concept scientifique voulu. Pour y arriver, nous pouvons partir d'une question, d'un défi à relever, d'un projet à accomplir, de résultats d'expériences ou simplement demander à l'équipe de soumettre la meilleure preuve possible. Mais attention, la difficulté de cet élément de départ doit être correctement dosée afin qu'il ne soit pas trop facile ni trop difficile. S'îl est trop facile, les élèves ont tous la même réponse, ce qui met rapidement fin aux échanges et interactions de l'équipe. S'îl est trop difficile, l'équipe se décourage et s'accommode de la première définition trouvée sur Google. Il est toutefois possible, lorsque c'est nécessaire, d'ajuster la difficulté à la baisse en proposant quelques indices aux équipes. Dans le même ordre d'idée, le mandat de départ ne doit pas être trop directif afin

que les élèves puissent utiliser la méthode et les ressources qu'ils estiment appropriées.

Il est aussi très important que le mandat de départ oblige en quelque sorte l'équipe à valider sa compréhension du concept, afin que ce travail n'aboutisse pas à l'acquisition d'un concept erroné.

3.3 L'importance de l'accompagnement

L'enseignant a un rôle très important à jouer tout au long de ce processus d'apprentissage. Il doit, entre autres, s'assurer que la discussion soit possible, qu'elle ait lieu et soit constructive. Si tout le monde semble penser de la même façon ou si la discussion ne s'amorce pas, l'enseignant peut alors questionner certains élèves ou faire voter les membres de l'équipe afin de faire surgir leurs conceptions initiales. C'est aussi pour cette raison que la formation des équipes devrait être soigneusement faite par l'enseignant au préalable; nous y reviendrons plus loin. Lorsque les élèves s'aventurent pour la première fois dans cette pédagogie, il n'est pas rare qu'ils soient gênés de s'exprimer. Ils veulent souvent ne donner que la bonne réponse, car ils ont peur d'avoir tort. L'enseignant doit mettre les élèves en confiance en leur expliquant qu'ils sont inscrits en processus d'apprentissage et qu'il est normal de ne pas nécessairement avoir la bonne réponse au départ.

Il doit aussi parfois relancer la discussion. En effet, il arrive au sein d'une équipe que les élèves finissent, par exemple, par consulter le même site Internet, ce qui les amène souvent aux mêmes éléments de réponse, et ils perdent alors de vue certains aspects du mandat de départ. C'est là que l'enseignant doit sortir de ses manches des phrases un peu « douloureuses », des phrases qui sèment le doute ou qui relancent la discussion. L'enseignant n'a cependant pas besoin d'être l'un des acteurs de la discussion qui suivra ces relances. Je recommanderais même qu'il n'en fasse pas partie, car nous, enseignants, avons la fâcheuse habitude de répondre à toutes les questions qui nous sont posées. Les élèves doivent et peuvent,

avec l'informatique, trouver ces réponses eux-mêmes. Développer des réflexes pour bien comprendre les informations trouvées est un rôle primordial que doit jouer l'enseignant. En effet, au début de l'implantation de cette approche, on voit souvent des élèves quitter rapidement un très bon site Internet, car ils éprouvent de la difficulté à comprendre certains mots ou formulations. Nous devons équiper ces élèves de certaines stratégies telles que l'utilisation du dictionnaire virtuel ou la reformulation de phrase avec un petit «copier-coller» dans un traitement de texte, ou encore les inciter à demander l'aide d'un coéquipier. Cet investissement de temps est nécessaire, important et très rentable à long terme. L'enseignant doit aussi s'assurer que l'équipe ne s'enlise pas dans une conception erronée. Certaines interprétations peuvent mener ou alimenter de fausses conceptions chez les élèves. Il est donc possible d'avoir fait au préalable une recherche de ces conceptions erronées associées aux notions abordées afin d'être en mesure de les relever. Lorsque l'enseignant accompagne l'équipe dans son processus d'apprentissage, il est plus facile de voir poindre ces conceptions erronées et de donner rapidement l'occasion de les réfuter en indiquant l'existence, par exemple, d'une vidéo sur YouTube préalablement trouvée pour cette occasion et ainsi de générer, possiblement, un conflit cognitif et de relancer la discussion et la recherche.

3.4 Formation des équipes

Étant donné que la collaboration entre les membres de chaque équipe est un élément essentiel au succès de cette approche, l'enseignant doit prendre bien soin de former les équipes les plus homogènes possible. En effet, si nous plaçons, par exemple, un meneur au sein d'une équipe d'élèves plus influençables, celui-ci prendra rapidement le pouvoir et imposera, peut-être malgré lui, son opinion et ses préconceptions. Les échanges qui mènent au conflit cognitif sont alors difficiles. Si, dans le même ordre d'idée,

nous plaçons des élèves experts avec des élèves novices, ces derniers adhéreront rapidement et facilement aux préconceptions des élèves experts et n'oseront que très rarement se remettre en question et semer le doute au sein de l'équipe.

4. LES RETOMBÉES

Depuis six ans d'implantation, nous avons pu constater certaines retombées en ce qui concerne les apprentissages. Parmi celles-ci, nommons l'autonomie. En effet, les élèves deviennent rapidement autonomes avec les outils que nous mettons à leur disposition et comprennent qu'ils peuvent trouver, interpréter et analyser les informations nécessaires à leur compréhension. Cela se révèle d'ailleurs lorsque nous leur demandons de réaliser l'analyse d'une expérience en laboratoire. Des élèves de première secondaire sont capables de produire d'impressionnantes analyses. À cela se joint une très grande rapidité à se mobiliser et à envisager des solutions pour résoudre un problème ou un conflit. Une importante retombée de cette approche est la place que prend le doute dans la classe et le respect qu'on lui accorde. Les élèves, dans ce contexte de classe, remettent facilement en question leurs compréhensions et leurs conceptions initiales, ce qui permet plus facilement d'inhiber et d'attaquer leurs fausses conceptions. Nous pouvons aussi y voir une plus grande permanence des apprentissages réalisés par les élèves. Après avoir confronté et remis en question plusieurs fois leurs conceptions, nous observons une plus grande permanence des savoirs chez l'élève.

5. Conclusion

Bien entendu, cette approche est quelque peu déstabilisante. Certaines personnes se demanderont s'il est vraiment nécessaire d'utiliser les TIC dans l'enseignement alors que nos élèves en sont inondés. Sans oublier la peur de moins bien maîtriser les technologies que nos élèves. Mais notre rôle est de permettre à ces jeunes d'apprendre avec les technologies. Il est donc important, même si nous utilisons l'informatique, de réfléchir à l'acquisition des connaissances recherchées et à la meilleure façon d'atteindre cette intention pédagogique. Nous oublions trop souvent que l'informatique est un outil pour les élèves dans leur processus d'apprentissage, et que celui-ci doit s'inscrire dans une démarche didactique.

ENSEIGNANTS DE SCIENCES, AVEZ-VOUS ESSAYÉ CECI?

Remettez simplement aux équipes deux béchers identiques contenant des liquides qui semblent similaires (ils peuvent même l'être) et demandez-leur de vous dire si c'est le même liquide. Vous pourrez observer les élèves d'une même équipe trouver sur Internet chacun une façon différente d'identifier une substance inconnue (les propriétés caractéristiques de la matière). Étant donné qu'ils n'ont pas la même méthode, ils pousseront plus loin leur compréhension afin de prouver qu'ils ont raison.

Utiliser la robotique éducative en science et technologie : proposition d'un modèle d'intégration adapté à la salle de classe

Hugo G. Lapierre
Université du Ouébec à Montréal

Patrick Charland
Université du Ouébec à Montréal

RÉSUMÉ

Les idées et méthodes guidant la robotique éducative proviennent essentiellement des années 1960, lorsque, pour une première fois, furent développés et ensuite utilisés des effecteurs reliés à un ordinateur dans un cadre scolaire. Depuis les années 1990, le marché de la robotique éducative a grandement évolué, de sorte que l'on peut actuellement trouver un spectre relativement varié de ces nouvelles technologies dans les écoles. L'introduction du robot en milieu scolaire doit toutefois se faire avec certaines précautions. Afin d'éviter une certaine dérive technocrate (ou purement ludique), il nous apparaît impératif de dresser un portrait de la robotique éducative afin de garder en tête les finalités éducatives des programmes.

Introduction

Les activités de robotique ont, dans les dernières années, été graduellement intégrées aux établissements scolaires québécois. Elles se révèlent aujourd'hui comme étant une approche bien

ancrée dans plusieurs écoles, spécialement en tant qu'activités parascolaires articulées autour de compétitions de robotique. Bien que ces activités visent généralement des apprentissages très intimement liés à la robotique elle-même, la robotique peut également être utilisée en tant que technologie de l'information et de la communication (TIC) afin d'induire des apprentissages liés à d'autres disciplines, particulièrement en science et technologie (S&T).

Dans ce contexte, ce chapitre vise d'abord à dresser un bref portrait de ce qu'est la robotique éducative (RE). Nous parcourrons ainsi les différentes technologies en robotique susceptibles d'être utilisées dans le domaine de l'éducation, pour ensuite aborder plus spécifiquement celle du «kit robotique». Nous explorerons alors ses modalités d'intégration à la salle de classe en science et technologie. Finalement, nous mentionnerons quelques limites et proposerons des recommandations.

1. Robotique éducative

Pour Gaudiello et Zibetti (2013), la robotique éducative se résume à l'introduction d'une gamme technologique d'intelligences artificielles incarnées (robots) au sein de l'école. La RE émerge du récent couplage entre les sciences de l'éducation et celles de l'intelligence artificielle, son but étant de favoriser et de renouveler l'apprentissage des élèves et l'enseignement des enseignants. Jouissant d'avancées technologiques multiples, les robots modernes sont munis de capteurs précis et de processeurs puissants qui leur permettent d'explorer et d'interagir avec leur environnement. On les retrouve un peu partout : tant sur la terre ferme qu'au fond des océans, dans les usines, dans les hôpitaux et, dans le cas qui nous intéresse particulièrement, dans les écoles.

Les activités de robotique en milieu scolaire possèdent un potentiel éducationnel énorme afin d'améliorer l'enseignement en classe (Papert, 1993), et ce, pour plusieurs raisons. D'abord, la RE est considérée comme une TIC en enseignement puisqu'elle possède un double statut : la RE peut être abordée en tant qu'objet de savoir et en tant qu'outil éducationnel. En effet, le robot peut être perçu comme un dispositif technologique pouvant être étudié, construit et programmé, mais peut également être utilisé comme une ressource pédagogique ou didactique diffusant des innovations tant en contextualisant qu'en transmettant des savoirs ou des compétences.

De plus, ce double statut dont profite la RE permet une souplesse sur le plan des modalités d'apprentissage (Tejada et coll., 2006) : dépendamment du type de technologie en RE, le robot peut être utilisé comme plate-forme de construction ou de programmation, comme compagnon d'apprentissage robotisé à l'élève ou encore comme environnement technologique motivant permettant la contextualisation d'apprentissages externes à celle-ci. Il devient donc possible de réaliser des apprentissages « au sujet » de la robotique, « par » la robotique et « dans » la robotique. Nous nous inspirons des travaux de Charland (2008), qui proposait un modèle théorique de l'apprentissage des S&T, afin d'offrir un modèle d'apprentissage en robotique éducative.

1.1. « Au sujet de » la robotique

L'apprentissage au sujet de la robotique, axé sur le contenu : il s'agit de l'acquisition de connaissances relatives à la robotique et des habiletés requises pour acquérir ces connaissances. La robotique est objet d'apprentissage. Les apprentissages visés sont donc directement liés à celle-ci : ingénierie (mécanique, électrique, électronique) et science de l'informatique (entre autres : intelligence artificielle, programmation, fonctions mathématiques, algorithmes et bases de données).

1.2. «Par» la robotique

L'apprentissage par la robotique, comme ressource pédagogique et comme agent d'apprentissage : la robotique est un outil puissant de contextualisation pour des objets d'apprentissage externes à celle-ci. Ainsi, des savoirs et compétences antérieurs au sujet de la robotique sont mobilisés, soit par l'éducateur lors de la préparation de l'enseignement, soit par l'apprenant lors de son propre apprentissage, afin d'engendrer des savoirs ou des compétences au sujet d'autres disciplines.

1.3. « Dans » l'environnement robotique

L'apprentissage dans l'environnement robotique, en tant qu'environnement matériel robotisé : il s'agit de faire des apprentissages externes à la robotique en l'utilisant comme une technologie préfabriquée et préprogrammée. Aucun savoir ou compétence quant à la robotique n'est alors requis ou mobilisé.

Ainsi, «robotique éducative » est le terme très largement utilisé afin de décrire l'utilisation de la robotique comme outil didactique. La RE se distingue donc de l'éducation à la robotique, dont le but est uniquement l'étude du robot en tant qu'objet de savoir, notamment par son double statut (didactique/objet), qui se décline en trois modalités d'apprentissage. Nous nous tournons à présent vers les différents types de technologie qui sont fréquemment utilisés en RE en vue de s'intéresser à leur intégration à la salle de classe de S&T.

2. Types de technologie pour enseigner les S&T

À cause du caractère tant mécanique qu'électronique du robot, la RE a évolué différemment selon ces deux axes, créant par le fait même plusieurs types de technologie éducative. Ces technologies se différencient certes par leur physique, leur interactivité ou leur programmabilité, mais surtout, par des possibilités éducatives bien distinctes.

Ainsi, trois types de technologie sont généralement utilisés dans les écoles : l'humanoïde et l'animat, le logiciel de simulation de robotique ainsi que le kit robotique. Toutefois, dans le cas présent où la RE doit permettre des apprentissages en S&T, nous insisterons davantage sur le «kit robotique» puisqu'il s'agit actuellement, selon nous, de la technologie la plus motivante et profitable à l'enseignement des S&T. Nous passerons tout de même succinctement sur les deux autres.

2.1. Humanoïde et « animat »

L'humanoïde (robot comportant une physionomie humaine) et l'animat (robot comportant une physionomie animale) sont principalement caractérisés par le design matériel et informatique qui les constitue. Munis de différents capteurs, et parfois d'un système de reconnaissance vocale, ils sont présentement utilisés en tant que compagnons d'apprentissage robotisés grâce auxquels l'élève vient, par exemple, réviser ses apprentissages en interagissant avec eux. Toutefois, cette technologie est généralement entièrement préfabriquée et préprogrammée par le manufacturier. Son utilisation dans le milieu scolaire est actuellement relativement rare, à cause notamment du fait que les rétroactions du robot doivent nécessairement être programmées par le fabricant, ne laissant ainsi que très peu de latitude aux éducateurs. Elle se limite également, pour l'instant, à des apprentissages en langue seconde ainsi qu'au développement d'interactions sociales «par» et «dans» la robotique. Ainsi, bien qu'impressionnante et ludique, cette technologie se révèle peu avantageuse pour l'apprentissage des S&T, du moins jusqu'à ce que la programmation devienne plus accessible aux éducateurs.

2.2. Logiciel de simulation en robotique

Le logiciel de simulation, quant à lui, est une technologie directement liée à l'utilisation de l'ordinateur où le matériel de robotique adopte un rôle plus ou moins facultatif. L'interactivité physique est peu présente, puisque l'accent est essentiellement mis sur la programmation. Le logiciel permet à l'élève de programmer des dessins ou des déplacements de robots virtuels à l'écran. La finalité est dans ce cas limitée à l'apprentissage particulier « au sujet de » la programmation ou de disciplines et compétences connexes, telles que les mathématiques et la résolution de problème. Ainsi, bien que cette technologie soit hautement accessible et très efficace pour l'apprentissage de la programmation, elle se révèle peu utile à l'enseignement des S&T.

2.3. Kit robotique

C'est dès le début des années 1960 que Seymour Papert, admis comme étant le père de la RE, développe le premier « kit robotique », puis explore son potentiel éducatif pour aboutir à la maxime suivante : low floor (accessible), high ceiling (complexifiable) and wide walls (déclinable) : ce type de technologie permet d'adopter une approche intuitive et simple de la robotique qui peut, par la suite, être grandement complexifiée et se décliner selon la motivation et les différents intérêts des élèves (Papert, 1981).

Le kit robotique consiste en un ensemble de différentes composantes permettant à l'apprenant la construction personnalisée de robots. Les composantes que l'on retrouve généralement dans un kit robotique sont les suivantes :

- Des éléments structurels qui permettent une construction en assurant une liaison avec les autres composantes;
 - · Des effecteurs qui permettent des actions;
- Des capteurs qui permettent une communication entre la machine et son environnement;
- Un microprocesseur qui permet le contrôle des données entrantes et sortantes;
 - Un logiciel permettant la programmation.

C'est donc à l'aide d'un ensemble de pièces mécaniques et informatiques, souvent préfabriquées, que l'élève est amené à modeler physiquement un robot par la conception et la construction, pour ensuite lui inculquer un comportement grâce à la programmation. Émergeant aujourd'hui comme un outil permettant des activités amusantes de « main à la pâte » dans un environnement attirant et répondant à la curiosité des élèves, le kit robotique est un dispositif technologique offrant une autre possibilité évidente d'apprentissage par rapport aux cours magistraux et aux activités de laboratoire traditionnelles où l'apprenant, à l'aide « d'un ordinateur connecté au monde physique » (Nonnon, 2002), évolue selon une séquence pédagogique préparée et contrôlée par l'enseignant.

Le kit robotique permet ainsi un large éventail d'activités éducatives, vu qu'il peut être utilisé tant comme objet que comme outil : cette technologie permet, à elle seule, des apprentissages «au sujet de », «par » et «dans » la robotique. Somme toute, c'est pour ces raisons que le kit robotique est présentement le type de technologie en RE le plus fréquemment utilisé tant dans le domaine général de l'éducation que dans celui plus spécifique qu'est la S&T.

3. MODÈLE D'INTÉGRATION DE LA RE À LA SALLE DE CLASSE

Comme mentionné dans l'introduction, l'intégration du kit robotique au sein de l'école s'est faite, jusqu'à maintenant, principalement grâce à l'apprentissage par compétition. Cette méthode vise principalement des apprentissages limités « au sujet de » la robotique et « par » la robotique. Lors de ces activités, certains apprentissages en S&T sont nécessairement réalisés « par la bande », considérant que la robotique touche au domaine de l'ingénierie mécanique et électrique. Toutefois, ces apprentissages demeurent mineurs et ponctuels, d'autant plus que les compétitions de robotique sont généralement coûteuses, limitées à un nombre restreint de participants, longues à organiser et habituellement préparées en contexte parascolaire.

Tableau 1 : Croisement entre l'apprentissage des S&T et de la robotique					
Discipline		Robotique			
		Au sujet de	Par	Dans	
Technologie	Au sujet de	Au sujet des S&T et Au sujet de la robotique	Au sujet des S&T Par la robotique	Au sujet des S&T Dans la robotique	
Science &	Par	Au sujet de la robotique Par les S&T	Par les S&T et Par la robotique	Par les S&T Dans la robotique	

Ainsi, il importe d'utiliser des méthodes d'enseignement qui visent plus directement des apprentissages en S&T avec la robotique et qui seraient, par le fait même, plus efficaces en matière de temps et d'énergie. C'est donc en considérant que les S&T peuvent être considérées comme un contenu de savoir, comme source de questionnements et comme une méthodologie que nous croisons les modalités d'apprentissage des S&T à celles de la robotique (voir tableau 1). De ce croisement émergent six possibilités d'intégration du kit robotique à la classe de S&T, que nous présentons succinctement ci-après.

3.1. Au sujet des S&T et au sujet de la robotique

L'intégration du kit robotique à la salle de classe en S&T peut permettre, au sein d'une même activité, des apprentissages en robotique et en S&T. S'échelonnant habituellement sur plusieurs périodes, ces activités sont guidées par l'apprentissage par projet ou par problème. Les élèves doivent donc s'approprier de nouveaux savoirs et compétences, tant en robotique qu'en S&T, afin de résoudre une problématique ou de construire un objet.

Un exemple d'activité « au sujet des » S&T et « au sujet de » la robotique fréquemment retrouvée au secondaire est la construction

et l'automatisation d'une serre : les élèves doivent nécessairement comprendre l'effet de serre pour concevoir puis construire une serre dont la température doit être stable grâce à l'utilisation de capteurs, d'effecteurs et de la programmation. D'autres exemples de telles activités seraient l'automatisation d'une collecte de données ou encore l'automatisation d'une expérience de laboratoire (voir l'encadré concluant ce chapitre).

3.2. Au sujet des S&T par la robotique

C'est en considérant la robotique comme une ressource pédagogique et un agent d'apprentissage qu'elle peut être utilisée afin de contextualiser des apprentissages en S&T. Les savoirs et compétences antérieurs en robotique sont donc mobilisés afin d'engendrer de nouveaux savoirs ou compétences « au sujet des » S&T.

Ainsi, il est possible d'utiliser le caractère motivant et ludique du kit robotique pour ancrer l'enseignement dans la réalité et dynamiser les apprentissages en S&T. Par exemple, la déconstruction et l'explication du fonctionnement d'un capteur de luminosité, généralement présent dans le kit robotique, peut mener à l'apprentissage des propriétés de la lumière, des couleurs et de la transformation de l'énergie. De plus, un parallèle pourrait être établi entre ce capteur et l'œil humain. Une activité similaire pourrait être réalisée avec le capteur de température et le capteur sonore. Aussi, plusieurs concepts prescrits de l'univers technologique peuvent être couverts grâce à l'utilisation de la robotique, tels que les types de mouvement, les types de liaison, la transformation du mouvement, la transformation de l'énergie et les machines simples (Gouvernement du Québec, 2007).

3.3. Au sujet des S&T dans la robotique

L'apprentissage « au sujet des » S&T et « dans » un environnement robotique sont des activités où le kit robotique est utilisé comme outil pour réaliser de nouveaux apprentissages en S&T. En effet, la plupart des kits robotiques permettent une collecte de données en continu et, donc, l'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO). Il devient alors possible d'intégrer le kit robotique à la salle de classe en S&T en tant que matériel de laboratoire classique en chimie et en physique (thermomètre, pH-mètre, baromètre, colorimètre, accéléromètre, gyroscope, agitateur, etc.), ou encore comme système mobile de collecte de données afin d'étudier les sciences à l'extérieur.

3.4. Au sujet de la robotique par les S&T

Les activités d'apprentissage « au sujet de » la robotique « par » la S&T sont généralement guidées par l'apprentissage par problème, par défi ou par objectif où les S&T contextualisent une problématique qui sera résolue par la construction et la programmation d'un objet technologique robotisé. Les savoirs et compétences antérieurs en S&T sont mobilisés pour comprendre une mise en situation afin d'engendrer de nouveaux savoirs ou compétences « au sujet de » la robotique.

Par exemple, il pourrait s'agir de la construction et de la programmation d'un agitateur, instrument utile dans un laboratoire en chimie; de la construction et de la programmation d'un véhicule autonome pouvant se rendre et circuler sur la Lune; ou encore la construction et la programmation d'un bras téléguidé pouvant manipuler des matériaux radioactifs.

3.5. Par la robotique et par les S&T

Les S&T, en tant que méthodologie et source de questionnements, et la robotique, en tant qu'agent d'apprentissage, sont utilisées afin de contextualiser et dynamiser des apprentissages « au sujet de » disciplines externes à celles-ci. La RE permet ainsi des activités à portées interdisciplinaires.

Ainsi, l'apprentissage de plusieurs concepts mathématiques peut être effectué par une contextualisation scientifique ou technologique et par le pouvoir de concrétisation de l'abstrait qu'offre la robotique. Un exemple intéressant est, avec le langage de programmation, l'apprentissage de concepts mathématiques comme les variables, les constantes, les fonctions, les opérations, les valeurs booléennes, la notation binaire, etc.

3.6. Par les S&T dans la robotique

L'utilisation des S&T, en tant que méthodologie et source de questionnements, jointe à l'utilisation de la robotique en tant qu'outil technologique, permet la réalisation d'activités « au sujet de » disciplines externes à celle-ci.

Par exemple, différentes problématiques urbaines (îlots de chaleur, ombrage quasi constant créé par de grands immeubles, assèchement des sols à cause du surbétonnage) peuvent être étudiées grâce à l'appareillage de la méthodologie scientifique et de l'ExAO par le kit robotique.

En conclusion, il est important de spécifier que ces différentes complémentarités entre S&T et robotique ne sont pas exhaustives : nous n'avons pas abordé, notamment, l'éducation « pour » les S&T, où la valorisation sociale des sciences et de la technologie pourrait être effectuée par l'utilisation de la robotique. Aussi, cette catégorisation n'est pas hermétique : il pourrait très bien être possible de produire une séquence d'apprentissage « au sujet des » S&T qui alternerait, par exemple, entre « par » et « dans » la robotique.

4. LIMITES ET RECOMMANDATIONS QUANT À L'UTILISATION DU KIT ROBOTIQUE

L'intégration de la robotique éducative à la salle de classe en S&T, même avec la plus appropriée des technologies, demeure, selon nous, un défi de taille, et ce, pour plusieurs raisons. Nous souhaitons donc discuter de quelques limites quant à l'introduction du robot dans le contexte éducatif québécois en S&T. Nous terminons ce bref chapitre par des recommandations en ce qui concerne l'utilisation du kit robotique à la lumière de notre expérience, de nos travaux et de nos recherches.

4.1. Limites

Une première limite quant à l'utilisation du kit robotique en salle de classe est que, évidemment, afin de l'utiliser en S&T, les enseignants et éducateurs en S&T doivent nécessairement être formés ou du moins initiés à l'ingénierie et à la programmation. Le tout se révèle actuellement problématique considérant la rareté des formations continues. Les enseignants se voient donc contraints à l'autoformation, processus inévitablement coûteux et risqué.

De cette première limite en découle une seconde : vu le manque d'éducateurs qualifiés à la fois en S&T et en robotique, il existe présentement peu d'activités mélangeant ces deux disciplines. De plus, considérant le fait que les programmes en S&T au secondaire sont déjà très chargés, ces activités devront nécessairement être « efficaces » en matière de temps et d'énergie.

Enfin, nous rappelons que l'utilisation de la robotique dans un contexte scolaire est un phénomène encore nouveau : avant de foncer tête baissée vers des programmes où le kit robotique est central, nous devons comprendre davantage ce que la RE peut offrir à l'apprenant et à l'éducateur, surtout considérant le coût du matériel et de la formation du personnel enseignant.

4.2. RECOMMANDATIONS

Il nous importe de souligner que, bien que la RE semble très prometteuse, son utilisation n'apporterait pas systématiquement des bénéfices. En effet, des études démontrent que, lorsque certains facteurs sont manquants à son utilisation, la robotique éducative n'apporte aucune retombée positive visible. Les facteurs suivants doivent donc être considérés avec l'utilisation du kit robotique (Benitti, 2012) :

- Les élèves doivent avoir suffisamment d'espace afin de pouvoir étendre le matériel, spécialement lors de la construction, pour tester leurs solutions;
- Les équipes de travail doivent être constituées de deux ou trois élèves au maximum;
- La tâche exigée doit être pertinente, réaliste et en relation avec d'autres tâches et disciplines scolaires;
- Les leçons et les didacticiels en robotique doivent être courts et reliés à la résolution de problème;
- Les élèves doivent s'approprier le matériel de construction avant d'être confrontés à une tâche de conception;
- Pour les élèves du primaire, les liens entre les activités de robotique et la science ont besoin d'être explicités très clairement;
- La tâche doit être ouverte et doit intéresser l'élève durant tout le processus;
- L'enseignant doit produire rapidement des rétroactions afin que les élèves ne demeurent pas bloqués ou démotivés;
- Le rôle de l'enseignant quant à la stimulation des élèves et la création d'attitudes positives envers leurs travaux scolaires est important. C'est, en définitive, l'enseignant qui influence leur perception de la robotique.

CONCLUSION

Bien que comportant plusieurs défis, la robotique éducative, spécialement avec le kit robotique, se révèle être une technologie de l'information et de la communication accessible et motivante. Nous croyons fermement qu'elle est susceptible, à certaines conditions, de favoriser et de renouveler de manière importante tant l'apprentissage des S&T que son enseignement. À l'aube d'une possible «robolution» (Bonnel, 2010), il nous apparaissait primordial de dresser un portrait des finalités éducatives des technologies robotisées afin d'exposer certaines modalités quant à son intégration à la salle de classe en S&T. En espérant que ce chapitre vous ait éclairé sur les possibilités qu'offre la RE.

ENSEIGNANTS DE SCIENCES, AVEZ-VOUS ESSAYÉ CECI?

Nous vous proposons d'automatiser un laboratoire de chimie avec l'utilisation du kit robotique :

Le titrage est un apprentissage important en laboratoire du quatrième secondaire : il nécessite une bonne compréhension de la stœchiométrie (ou de la conservation de la masse) de la part de l'élève, en plus de certifier la précision de ses manipulations en laboratoire. Son apprentissage est parfois long, s'étirant ainsi sur plusieurs périodes.

En équipe de deux, et après avoir effectué un premier laboratoire classique sur le titrage, les élèves devront construire puis programmer un système permettant l'automatisation de ce titrage. Ils devront donc utiliser un moteur afin de gérer le débit de la burette en fonction de la donnée mesurée par un capteur de luminosité, qui devra être préalablement calibré par l'élève en fonction de la zone de virage. Cette activité pourra être présentée aux élèves sous forme de problématique afin de justifier le recours à la robotique.

Il s'agit donc de faire des apprentissages « au sujet de » la science et « au sujet de » la robotique. De plus, du moment que le système d'automatisation du titrage est construit, il peut être réutilisé dans les laboratoires subséquents afin d'apprendre « dans » la robotique.

BIBLIOGRAPHIE

BENITTI, F-B-V. (2012). «Exploring the educational potential of robotics in schools: a systematic review», Computers & Education, vol. 58 (2012), 978-988.

BONNEL, B. (2010), Vive la robolution, Paris, Éditions JC Lattès.

CHARLAND, Patrick (2008). Proposition d'un modèle éducationnel relatif à l'enseignement interdisciplinaire des sciences et de la technologie intégrant une préoccupation d'éducation relative à l'environnement, thèse, Montréal (Québec, Canada), Université du Québec à Montréal, doctorat en éducation.

GAUDIELLO, I., et ZIBETTI, E. (2013). «La robotique éducationnelle : état des lieux et perspectives », *Psychologie française*, 13, 17-40.

Gouvernement du Québec (2007). *Programme de formation de l'école québécoise. Science et technologie. Deuxième cycle du secondaire,* Québec : ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

NONNON, P. (2002). « Robotique pédagogique et formation de base en science et technologie », ASTERN, 2002, 34.

PAPERT, S. (1981). « Computer-based microworlds as incubators for powerful ideas », in R. Taylor (Ed.), *The computer in the school: Tutor, tool, tutee*, pp. 203-210, New York: Teachers College Press.

PAPERT, S. (1993). Mindstorms: *Children, computers, and powerful ideas*, 2nd ed., New York, NY: Basic Books.

TEJADA, S., TRAFT, N., HUTSON, M., BUFFORD, H., DOONER, M., HANSON, J., RADLER, A., et MAUER, G. (2006). « Educational robots: Three models for the research of learning theories and human-robot interaction », in *Proceedings of the AAAI 2006 Robotics Workshop Boston*, July 16th-20th, pp. 70-76.

Un jeu interactif en ligne pour favoriser LA COMPRÉHENSION DES MOUVEMENTS RECTILIGNES UNIFORME ET UNIFORMÉMENT ACCÉLÉRÉ: SPATIOPET

Patrice Potvin

Université du Québec à Montréal

Alexandre Ayotte

Université du Québec à Montréal

François Thibault

Université du Ouébec à Montréal

Résumé

L'article présente d'abord quelques grandes difficultés didactiques vécues par les enseignants de physique-mécanique, comme celles liées aux changements conceptuels, aux articulations qualitatif/quantitatif et aux concepts impliquant des évolutions (déplacements) dans le temps, comme le mouvement rectiligne uniforme (MRU) et le mouvement rectiligne uniforme (mru) et le mouvement rectiligne uniformément accéléré (mru). Il présente ensuite en détail l'application informatisée SpatioPet, qui a été développée par des didacticiens des sciences et des analystes en informatique de l'UQAM. Il explique finalement en quoi cette application, disponible gratuitement en ligne, peut contribuer à aplanir certaines de ces difficultés.

1. Les défis de l'enseignement de la physique-mécanique

Depuis maintenant quelques années, les professeurs de science et technologie qui enseignent la physique en cinquième secondaire (option) sont invités à relever le défi des nouveaux programmes. Bien que peu différents des anciens, ces programmes sont dits « par compétences » et renouvellent ainsi l'invitation faite aux enseignants d'aller au-delà d'une présentation magistrale, statique ou exclusivement déductive des concepts, lois et principes de la physique.

Pourtant, ces professeurs, alors qu'ils enseignaient la mécanique en particulier, étaient déjà aux prises avec des défis « classiques » considérables du point de vue didactique. La mécanique est en effet le «berceau des conceptions non scientifiques » (Potgieter, Malatje, Gaigher, et Venter, 2010) qui produisent des erreurs fréquentes et récurrentes dans les réponses que les élèves donnent à des questions scolaires. Ces conceptions, qui témoignent d'une inventivité toute « constructive », s'inscrivent toutefois souvent en infraction avec les règles telles qu'admises comme scientifiques par les communautés de chercheurs et telles qu'elles devraient être présentées en classe, après avoir fait l'objet d'une transposition et d'une adaptation. Or, il est aujourd'hui largement admis que les enseignants ne peuvent pas se contenter d'enseigner « par-dessus » ces conceptions sans en tenir compte, sous peine de faire apprendre des conceptions qui n'apparaissent valables que « pour l'examen » et qui ne changent rien à la vision que les élèves entretiennent de la réalité qui les entoure. Cependant, parvenir à tenir compte de l'ensemble des conceptions possibles de tous nos élèves, et agir convenablement sur chacune d'elles, est un défi colossal, quasi impossible, qui nécessite un diagnostic laborieux, une patience d'ange et une rétroaction impeccable.

De plus, dans certains cas, les «changements conceptuels» souhaités sont difficiles à obtenir parce que l'enseignement se concentre trop sur la «mise en mathématiques» de la physique. Si cette mise en mathématiques apparaît certes utile pour mieux réussir l'examen et si elle permet une codification des principes indispensables pour obtenir des prédictions précises et des explications plus opérationnelles, elle peut parfois, si on en abuse, se substituer aux compréhensions réelles des principes qu'elle cherche

pourtant à représenter. Plusieurs enseignants ont conséquemment inventé toutes sortes de stratégies pour établir de meilleurs liens entre les compréhensions qualitative et quantitative des phénomènes: graphiques simplifiés position-temps, distance-temps et accélération-temps; mise en phrases d'équations mathématiques (et vice-versa), de problèmes ouverts, etc. Ceci s'avère cependant difficile à opérationnaliser, et les meilleures initiatives renvoient plus souvent à une alternance qualitatif/quantitatif (ou, à la limite, à un séquençage) qu'à une réelle intégration des deux.

Ajoutons à cette liste de défis déjà considérable les difficultés reliées à l'étude du mouvement (et donc de choses qui se déplacent, accélèrent, tournent, etc.) à partir d'outils qui, eux, présentent des images statiques (livres, cahiers, affiches, etc.). Établir la différence, par exemple, entre l'accélération et la vitesse n'est pas une mince affaire avec un tableau noir. En l'absence des nuances très subtiles que nécessite cette distinction, en l'absence d'une vigilance parfaite sur le propos tenu, en l'absence d'un renforcement impeccablement rigoureux, fréquent et continuel, les confusions sont plus que possibles; elles deviennent courantes. Tout dépend alors de la qualité de l'interaction entre l'élève et l'enseignant, car les interactions élèves-réalité ne sont pas souvent directes, sauf en laboratoire, où les tests expérimentaux sont riches, mais compliqués à élaborer (et donc souvent peu nombreux). Ils y sont parfois même impossibles à réaliser, et l'enseignant n'est pas toujours en mesure, durant ces séances, d'expliquer les phénomènes au fur et à mesure qu'ils se déroulent (il ne peut non plus être « partout à la fois ») ou de faire remarquer les détails cruciaux qui font la différence lorsque la compréhension est difficile.

Pour pallier ces dernières difficultés, on a proposé depuis plusieurs années des solutions informatisées. Ce sont des laboratoires virtuels, des applications robotisées ou des micromondes qui permettent aux élèves d'explorer la réaction d'objets soumis à des forces ou des variations de toutes sortes de paramètres (Fournier, 2007; Masson, Legendre, Vazquez-Abad, Potvin, et Riopel, 2007; Nonnon, 2007;

Potvin, 2010; Riopel, Potvin et Vazquez-Abad, 2009; Weller, 1995) et de prendre des mesures facilement. Ces solutions sont souvent très intéressantes, mais elles ne sont pas nécessairement bien adaptées aux besoins particuliers des enseignants ni à leurs personnalités respectives, aux séquences qu'ils développent et aux objectifs précis qu'ils poursuivent. De plus, les coûts associés à leur utilisation en classe sont souvent très élevés (disponibilité des postes, logiciels dispendieux, soutien technique précaire, etc.).

Finalement, les enseignants doivent également relever le défi des perceptions. La physique est en effet souvent perçue au départ comme aride et laconique (« plate »), alors que la comprendre est si gratifiant! La mécanique nous permet ainsi de jeter un regard neuf sur le monde environnant; un regard plus « exact » qui nous offre la possibilité de mieux le maîtriser, autorise des prédictions et élargit les horizons. Comme on le dit pour la nutrition : l'appétit vient en mangeant. Mais encore faut-il réussir à la faire prendre, cette « première bouchée ». Et pourquoi pas à l'aide d'une bonne blague, même si celle-ci est d'un goût un peu douteux?

2. Un élément de solution aux défis de l'enseignement de la mécanique : APPRENDRE LA DYNAMIQUE DANS UN MICROMONDE... PAR LA FLATULENCE!

SpatioPet est un jeu informatisé en ligne disponible gratuitement. Il a été développé à l'UQAM par un professeur et un ingénieur en informatique à partir des besoins connus des enseignants ainsi que de certains principes de la didactique. Il s'adresse à toutes sortes de publics : joueurs ludiques, élèves sérieux et enseignants en physique mécanique, et ne nécessite qu'un lien Internet et un navigateur. Il favorise, mais ne garantit pas, le développement de connaissances et de compétences en science et technologie par la conception et le vécu de situations d'apprentissage. Il permet, entre autres, le développement de la CD1 : Chercher des réponses à des questions d'ordre scientifique... et la compréhension des vecteurs (composantes X, Y et résultantes), des deux premières

lois de Newton (Inertie et F = ma) et de leurs implications, du mouvement rectiligne uniforme (MRU) et du mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA), et permet d'étudier la chute libre, la balistique et d'autres thèmes apparentés, mais n'aborde pas les collisions ou le mouvement circulaire.

Il s'agit d'un laboratoire virtuel interactif qui met en scène une « baleine-géante-unicellulaire-télécommandée-de-l'espace » qui se propulse dans le vide interplanétaire par des éjections de gaz (qui rappellent des « flatulences ») qu'elle peut émettre par le postérieur (accélérations) ou par les oreilles (pour assurer sa rotation). Son objectif est de se déplacer dans l'espace jusqu'à atteindre une cible tournoyante. Pour contrôler la baleine, l'apprenant « programme » sur une grille temporelle les moments où elle va « flatuler », en cliquant tout simplement sur les espaces qui correspondent à des durées fixes d'une (1) seconde. Une fois sa programmation faite, il appuie sur « départ », et la baleine exécute le « plan de vol ». Cette séparation « chronologique » de l'action et de la « programmation » oblige alors un effort de réflexion considérable.

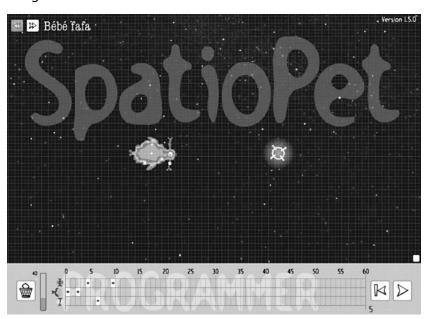


Figure 1: Un tableau « facile » de SpatioPet

La baleine doit alors se faufiler entre des objets (si elle les touche, elle «meurt» et on doit modifier la programmation), attendre l'ouverture de portes et résister à l'attraction gravitationnelle de planètes voisines. Toutes sortes de contraintes surprises peuvent aussi attendre la baleine : obligation de «flatuler» à certains moments, interdiction à d'autres, obstacles qui bougent, nombre de «pets» maximum, cible mouvante, etc. À la fin, les scores sont affichés et comparés avec ceux des usagers ayant déjà réussi les «tableaux»: des scores de vitesse, des scores «verts» (écologiques : usage de moins de flatulences «polluantes») et des scores de réussite à remplir en effectuant le moins d'essais possible, etc.

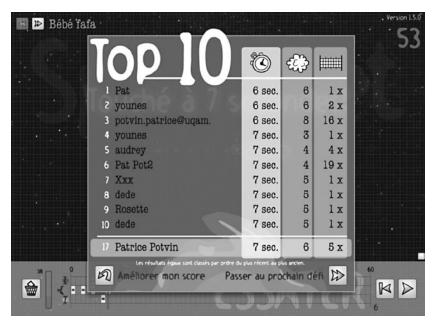


Figure 2 : Les scores affichés lors de la réussite d'un tableau

L'aspect le plus intéressant du jeu est que non seulement il rend disponibles des séquences de tableaux déjà construites (qui abordent certaines difficultés classiques), mais il autorise aussi la construction de séquences complètes de tableaux par les enseignants. Ces derniers, à partir de la connaissance qu'ils ont de leurs élèves et de leurs difficultés spécifiques, peuvent alors inventer de toutes pièces des labyrinthes, des parcours et des défis particuliers, en ajustant tous les paramètres modifiables (gravité, maximums, obstacles, mouvement des obstacles, etc.), et les soumettre à leurs élèves. Ils peuvent également partager ces séquences avec d'autres enseignants « branchés » grâce à un blogue. Ils peuvent alors soumettre ces séquences à leurs élèves en laboratoire d'informatique ou en devoirs à faire à la maison. Dès lors qu'un élève a terminé une séquence, un « courriel-rapport » est automatiquement envoyé au concepteur de la séquence autorisant un « monitoring » facile des efforts des élèves. À travers de telles possibilités d'interaction et d'échange de performances, d'idées, de tableaux et de scores, SpatioPet crée un « espace web 2.0 » d'un grand potentiel.

La programmation par les élèves des « plans de vol » contraint ces derniers à des choix qui mènent la baleine à toujours se trouver à des valeurs de distances qui sont entières ou demientières, permettant alors d'effectuer des dénombrements simples (ex : un déplacement de six mètres cinquante en trois secondes) qui facilitent les liens entre la compréhension qualitative et la compréhension quantitative. La « baleine » laisse d'ailleurs des traces de son passage (à chaque seconde), permettant de mieux voir les mouvements et leurs variations à partir d'observations et de décomptes simples. Pour ceux qui veulent aller encore plus loin, un bouton spécial permet de « copier » les coordonnées de la baleine à chaque seconde, de manière à les « coller » dans un tableur (Excel, par exemple) pour en faire un traitement quantitatif plus poussé.

Il est cependant possible pour un usager de jouer à SpatioPet et même d'en devenir un champion sans avoir compris quoi que ce soit de la mécanique qui la sous-tend. Il revient alors à l'enseignant d'imaginer des usages et des contraintes qui vont orienter les élèves vers les objectifs que celui-ci a identifiés. Parmi les usages possibles, on peut :

- construire des tableaux « difficiles » qui nécessitent qu'on comprenne bien le mouvement et ses influences pour le réussir et faire vivre ces tableaux aux élèves, en classe ou en devoirs, individuellement ou en équipe (pour susciter les discussions);
- demander aux élèves de traduire en langage mathématique les déplacements de la baleine à l'aide de d = vt et de d = ½at² + v,t pour chaque tableau réussi;
- exiger des élèves qu'ils construisent des graphiques de position, de vitesse et d'accélération (en fonction du temps) qui correspondent aux réalités des programmations inscrites permettant de réussir les tableaux;
- se servir du jeu pour anticiper avec les élèves des trajectoires possibles compte tenu des plans de vol choisis ou pour faire ressortir leurs conceptions inappropriées;
- évaluer la compréhension qualitative des élèves des MRU, MRUA et autres en créant des «séquences-tests» (certains tableaux peuvent en effet être conçus comme des tests à choix multiples ou comme des questions plus ouvertes, avec des maximums d'«essais» à respecter);
- etc.

SpatioPet est donc intéressante non seulement parce qu'elle fournit un environnement riche, mais aussi parce qu'elle permet aux enseignants de créer leur matériel pédagogique comme ils l'entendent. Aucune compétence en programmation n'est nécessaire. L'interface est très facile à utiliser et continue de s'améliorer à partir des commentaires des utilisateurs.

Nous avons aussi prévu de construire des séquences d'enseignement et du « matériel pédagogique » qui soutiendront une utilisation fertile de SpatioPet durant les prochains mois.

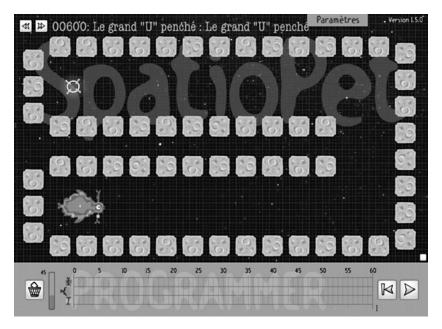


Figure 3: Un tableau plus difficile

3. QUELQUES RÉFLEXIONS DIDACTIQUES

L'application SpatioPet permet, à notre avis, d'aplanir plusieurs difficultés classiques liées à l'apprentissage de la physique. On connaît assez bien les limites des approches pédagogiques où l'on offre d'abord un contenu explicite (lois, principes, algorithmes de résolution), pour ensuite passer aux exercices pratiques. Même s'il a été longtemps présumé que c'était là la meilleure manière de développer des compréhensions authentiques, on ne va guère plus loin, en réalité, que la production de bonnes réponses aux examens. Cette façon de faire, si elle constitue vraisemblablement le plus court chemin qui mène à la réussite scolaire, ne fait pourtant pas des physiciens, ni même des personnes capables de réflexions scientifiques sur les mouvements. On en tient pour preuve ces moments où l'on change une virgule dans le problème et où l'élève en perd conséquemment tous ses repères et échoue.

Nous croyons qu'il faut plutôt fournir aux élèves des environnements immersifs et ouverts, qui autorisent une exploration libre, bien que balisée (programmation «bridée», obligation de toucher la cible, etc.), mais surtout, des essais-erreurs répétés, quitte à ce que cela s'étende quelque peu dans la durée, qui permettent qu'on teste soi-même ses propres hypothèses et contre-hypothèses, et qu'ainsi on apprenne par l'erreur. Cette façon de faire, où l'on suggère d'intégrer une compréhension intuitive (implicit competence) au savoir explicité (les explications de l'enseignant : explicit knowledge) n'est pas sans rappeler les modèles les plus efficaces de l'apprentissage d'une langue étrangère (Netten et Germain, 2012), où l'immersion est perçue à la fois comme indispensable et insuffisante. SpatioPet, nous croyons, permet cette immersion dans un micromonde gouverné par les lois de la mécanique et où les problèmes à résoudre se succèdent, à l'image d'une immersion dans une province anglaise, où il faut bien finir par comprendre et se faire comprendre si on veut fonctionner.

Nous croyons aussi que SpatioPet permet de créer des tableaux qui abordent certaines difficultés conceptuelles classiques. En effet, les élèves croient souvent que si un objet est en mouvement, [c'est parce qu'] « une force agit sur cet objet » (Thouin, 2001, p. 38), que «si un objet accélère, [c'est parce qu']une force de plus en plus grande agit sur lui » (Ibid.), qu'« il faut appliquer une force constante pour qu'un objet se déplace à vitesse constante » (Ibid., p. 39), ou « que les objets se déplacent dans le sens de la force ». On peut facilement créer des tableaux quelque peu «fourbes», où un élève qui adhèrerait à ces idées frapperait un mur, littéralement, ou un objet en déplacement, et comprendrait alors son erreur par l'expérience vécue et ressentie. SpatioPet permet également de créer des gravités artificielles dans n'importe quelle direction et de voir le comportement de la baleine dans ces circonstances. De nombreuses surprises se produisent alors, qui exigent qu'on distingue très nettement la vitesse de l'accélération, sinon, c'est l'écrasement

4. Conclusion

L'application SpatioPet permet, à notre avis, de réduire plusieurs difficultés classiques inhérentes à l'enseignement des MRU, MRUA, composantes et résultantes du mouvement, et d'autres contenus de physique-mécanique. Elle permet aussi de rendre les élèves plus actifs dans leur apprentissage, conformément aux exigences des nouveaux programmes qui prescrivent, entre autres, le développement de compétences de résolution de problème. Le jeu permet en effet la construction (par les enseignants) et le vécu (par les élèves) de tels problèmes et donne selon nous « la possibilité aux élèves d'expérimenter librement leurs hypothèses sans les contraintes du matériel de laboratoire et d'avoir une rétroaction immédiate » (Baxter, 1995), ce qui est présenté par l'auteur comme un « avantage réel pour favoriser l'apprentissage en science et technologie ».

Nous croyons également, après de nombreuses séances d'expérimentation avec des enseignants et des élèves, que le « jeu » et sa connotation humoristique deviennent rapidement, aux yeux des utilisateurs, un « terrain » extrêmement fertile pour favoriser l'étude de la cinématique. Ainsi, les sourires que la « baleine qui pète » va produire au départ font place rapidement à de sérieuses discussions, à des tests d'hypothèses, à des appels à la rigueur, à des calculs, à de grandes surprises et à des remises en question. Toutes ces choses qui nous permettent de nous rendre compte que les gens apprennent.

On peut accéder à SpatioPet à cette URL : «http://spatiopet. labmecas.uqam.ca/». Suivez les indications pour vous inscrire. On vous souhaite bien du plaisir avec vos élèves!

Enseignants de sciences, avez-vous essayé ceci?

Faites une projection du jeu sur écran ou sur TBI et jouez avec la classe : ouvrez la séquence de jeu intitulée «Challenge 01 » et demandez aux élèves de discuter des meilleurs choix pour que la baleine touche rapidement la cible. Laissez venir les désaccords avant de tester les possibilités. Faites voter les élèves sur les choix à faire dans la construction des plans de vol. Provoquez ainsi des «conflits sociocognitifs ». Puis laissez le jeu leur enseigner (à votre place) ce qu'étaient les meilleures réponses.

Note: certains segments de cet article ont déjà été publiés dans *Spectre*, la revue de l'Association pour l'enseignement des sciences et de la technologie au Québec (AESTQ). Nous remercions la rédaction d'avoir donné leur accord à cette utilisation.

BIBLIOGRAPHIE

BAXTER, G. (1995). « Using Computer Simulations to Assesss Hands-On Science Learning », *Journal of Science Education and Technology 4*(1), 21-27.

FOURNIER, F. (2007). «Enseigner les sciences en utilisant les TICE», in P. Potvin, M. Riopel et S. Masson (Dir.), *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*, Québec, Multimondes.

MASSON, S., LEGENDRE, M.-F., VAZQUEZ-ABAD, J., POTVIN, P., et RIOPEL, M. (2007). Analyse du développement d'une classe de coordination au cours de l'utilisation de micromondes historiques. Communication présentée au Congrès annuel de l'ACFAS.

NETTEN, J., GERMAIN, C., (2012). «A new paradigm for the learning of a second language: the neurolinguistic approach », *Neuroeducation*, 1(1), 85-114.

NONNON, P. (2007). «Enseigner les sciences avec des expérimentations assistées par ordinateur», in P. Potvin, M. Riopel et S. Masson (Eds.), *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*, Montréal, Multimondes.

POTGIETER, M., MALATJE, E., GAIGHER, E., et VENTER, E. (2010). «Confidence versus performance as an indicator of the presence of alternative conceptions and inadequate problem-solving skills in mechanics», *International journal of science education*, 32(11), 1407-1429.

POTVIN, P. (2010). Regard épistémique sur une évolution conceptuelle en physique : une recherche qualitative qui s'intéresse à l'intuition en sciences, Éditions Universitaires Européennes (EUE).

RIOPEL, M., POTVIN, P., et VAZQUEZ-ABAD, J. (2009). *Utilisation des technologies pour la recherche en éducation scientifique*, Québec, Presses de l'Université Laval.

THOUIN, M. (2001). *Notions de culture scientifique et technologique*, Québec, Multimondes.

WELLER, H. G. (1995). « Diagnosing and Altering Three Aristotelian Alternative Conceptions in Dynamics: Microcomputer Simulations of Scientific Models », *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 271-290.

Un wiki pour construire sa compréhension en sciences et technologie : (re)découvrons les racines latines et grecoues au primaire

Ghislain Samson

Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR)

Martine Trudel

École Plein Soleil

Pierre Lachance

RÉCIT¹ national M-S&T

Danielle Beauséjour

Commission scolaire de l'Énergie

Danielle Pittet

École La Providence

RÉSUMÉ

L'objectif du présent texte consiste, dans un premier temps, à exposer les grandes étapes d'un projet wiki réalisé dans des classes du primaire. Dans un deuxième temps, à exposer les retombées pédagogiques et didactiques auprès des élèves et des enseignantes et, dans un troisième temps, à discuter des apports et de l'incidence d'un tel projet sur les pratiques de ces enseignantes.

^{1.} Le RÉCIT est un réseau de personnes-ressources au service du personnel scolaire dans les écoles du Québec. Ce réseau œuvre pour assurer l'intégration pédagogique des TIC en développant la compétence professionnelle du personnel enseignant.

1. Introduction: LA PLACE DES TIC

Il existe de nombreuses façons d'utiliser les technologies dans l'enseignement. Trop souvent, les technologies de l'information et de la communication (TIC) ne constituent qu'une intégration partielle ou de surface dans des activités pédagogiques existantes. Pourtant, les technologies récentes permettent véritablement d'apporter une valeur ajoutée concernant la mise en place de séquences didactiques où l'élève joue un rôle actif.

Un des biais liés à l'utilisation des TIC consiste à considérer le Web comme un réservoir inépuisable de savoirs. Wikipédia, cette encyclopédie libre utilisée par les internautes, en est une preuve. Pour lutter contre cette représentation, et donc parvenir à un enseignement des sciences et technologie² (S&T) qui met en avant l'apprentissage d'une attitude scientifique, de démarches et de concepts organisateurs ainsi qu'une approche métacognitive³ (Giordan, 1999), il faut rompre radicalement avec cette pratique qui consiste à aller chercher le savoir scientifique. Il devient donc nécessaire de viser une véritable intégration des TIC et de permettre aux élèves de contribuer à une communauté d'apprentissage par la construction des savoirs.

On le constate au quotidien : les TIC modifient radicalement l'accès à l'information et aux médias. Tous les phénomènes scientifiques se trouvent être expliqués, que ce soit dans les encyclopédies en ligne (voir des exemples en note de fin de texte), dans des sites de vulgarisation scientifique ou dans les nombreuses pages Web. Cependant, la consultation de ces documents, pas

^{2.} Nous préférons l'utilisation du mot « sciences » au pluriel, car, selon nous, il existe des sciences (astronomie, biologie, chimie, etc.), alors que le mot « technologie » est employé au singulier dans le sens, par exemple, d'ingénierie, ce qui permet de bien le distinguer des technologies de l'information et de la communication (TIC). La formulation « science et technologie » est toutefois utilisée au singulier lorsque nous référons au Programme de formation de l'école québécoise.

^{3.} Dans le cadre du projet de wikiracines, les enseignantes ont amené les élèves à réfléchir sur ce qui se passait dans leur tête pendant l'utilisation des racines latines et grecques. Le raisonnement des enfants est très important.

plus que la lecture de livres de sciences, ne permet une véritable éducation scientifique visant à développer une attitude scientifique et des savoir-faire ainsi qu'à construire durablement des concepts scientifiques.

Les véritables enjeux concernant l'enseignement des sciences et de la technologie dans un contexte d'intégration des TIC se situent donc dans le domaine des usages pédagogiques qui seront développés par les enseignants. C'est dans cette optique que le projet de wikiracines⁴ a pris forme en 2011-2012 et s'est poursuivi en 2012-2013. L'objectif du présent chapitre est d'exposer, dans un premier temps, les grandes étapes du projet. Dans un second temps, nous dégageons les retombées pédagogiques et didactiques auprès des élèves et des enseignantes. Dans notre texte, la communauté d'apprentissage est vue comme un moyen de soutenir la cognition située et distribuée. Le raisonnement scientifique des enfants y est également pris en compte. Enfin, dans un troisième temps, nous discutons des apports et de l'incidence d'un tel projet sur les pratiques des enseignants et suggérons des pistes pour exploiter les TIC, mais plus particulièrement le wiki.

2. LES GRANDES ÉTAPES DU PROJET

Ce projet est né d'une réflexion sur plusieurs années dans le but de créer un dictionnaire sur les racines latines et grecques. Biologiste de formation, l'un des auteurs rêvait d'un ouvrage vulgarisé et adapté pour les élèves où les mots ou concepts rencontrés en sciences et technologie pourraient être retrouvés (construits) par les jeunes.

Ainsi, Samson et Gagné (2010-2011) ont proposé un projet d'innovation pédagogique visant l'utilisation des racines latines et grecques pour appréhender des concepts abstraits et des mots difficiles. Au départ, le projet avait pour but de mettre en relation

^{4.} http://wikiracines.recitmst.gc.ca/Accueil.

des étudiants universitaires, dans le cadre d'un cours de didactique, avec des élèves du primaire ou du secondaire. L'idée était toutefois prématurée puisque plusieurs éléments restaient à ficeler avant d'en arriver à cette étape.

Une fois le projet FIP (Fonds d'innovation pédagogique) accepté par les instances de l'UQTR (2010-2011), il y a eu quelques travaux de réflexion et de préparation. Mais le réel travail de terrain a débuté en 2011, lorsque des enseignants du primaire et du secondaire ont été invités à participer au projet. Pour les besoins du texte, seules les expériences du primaire font partie du projet.

Après quelques rencontres avec des enseignants et des conseillers pédagogiques du RÉCIT⁵ national en M-S&T et du RÉCIT local de la C.S. de l'Énergie, l'idée d'un wiki est apparue comme la pièce maîtresse de ce projet. Un wiki est un site Web dont les pages sont modifiables par les collaborateurs afin de permettre l'écriture et l'illustration collaboratives des documents numériques qu'il contient. Notre site comporte une structure de base permettant aux apprenants d'entrer de nouvelles racines ainsi que des défis à relever pour découvrir et comprendre le sens de nouveaux mots.

Afin de faciliter la tâche aux élèves et aux accompagnateurs (professeurs, enseignants, conseillers pédagogiques, etc.), nous mettons à leur disposition deux types de tutoriels, à savoir des capsules vidéo ainsi qu'une procédure écrite pas à pas, étape par étape, décrivant par exemple la marche à suivre pour le dépôt d'images ou la création d'une racine.

Une fois la structure wiki⁶ développée, il y a eu le lancement du concours dans les classes du primaire. À cet effet, une lettre a été envoyée aux parents pour expliquer le concours et les inviter à devenir des complices des enfants dans la recherche de racines

^{5.} http://recitmst.qc.ca/.

^{6.} Lorsque les enfants voulaient ajouter une racine, ils devaient décider s'îl s'agissait d'un préfixe ou d'un suffixe, d'une racine latine ou grecque. Par la suite, pour chacun des concepts, ils devaient écrire le sens donné, fournir au moins un exemple, identifier le texte d'origine à la base du choix du concept retenu ainsi qu'une illustration du concept.

et de mots complexes. Plusieurs élèves ont participé au projet avec un intérêt et un enthousiasme certains. Nombreux sont ceux qui voyaient des racines partout (boîte de céréales, contenant de peinture, affiche dans un établissement hospitalier, texte de journal, etc.). Il fallait expliquer aux élèves ce qu'était le projet, nos intentions, nos visées, mais aussi le fonctionnement du wiki. Le mot «wiki» signifie «vite» en hawaïen. Il a été choisi par Ward Cunningham lorsqu'il créa le premier wiki, qu'il appela « wiki wiki iWeb». Il utilisa l'expression « wiki wiki » (un redoublement qui signifie «très rapide», «très vite»; «wiki» se traduit par quick en anglais, et le redoublement apporte une accentuation du terme), car c'est le premier terme hawaïen qu'il a appris lorsqu'il a dû prendre un autobus à la sortie de l'aéroport. Pour la création de son site, il voulait un terme amusant pour dire «rapide». D'ailleurs, dans l'URL du site apparaissait uniquement le terme « wiki », ce qui a probablement poussé les visiteurs à l'appeler ainsi.

2.1. Le site wiki

Globalement, notre site se voulait une coquille dans laquelle les élèves pouvaient incorporer des mots en construisant le sens à partir d'un concept travaillé en classe ou d'un mot rencontré en cours de lecture, par exemple. Afin de favoriser la compréhension et la rétention des mots travaillés à l'intérieur du wiki, nous avons invité les élèves à les contextualiser à travers quatre étapes, soit le sens du mot, des exemples provenant de la même racine, la composition d'un texte contenant ce terme et, finalement, une illustration de celui-ci. Nous avons choisi d'amener les élèves à illustrer les concepts travaillés à l'intérieur du wiki, car le dessin utilisé dans un tel contexte constitue pour l'élève, au même titre que l'écrit, un moyen d'expression, mais aussi de communication. L'élève utilise le dessin comme un langage (Baldy, 2002; Wallon, 2001) qu'il nous est possible de lire.

La figure 1 illustre le cas d'un enfant ayant utilisé le wikiracines pour illustrer sa compréhension du solénoïde.

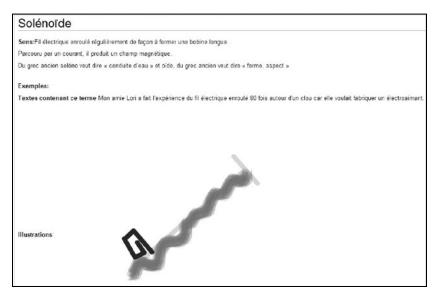


Figure 1: Représentation d'un solénoïde selon Antoine, 9 ans

À la suite d'activités préparatoires lors d'une sortie au Centre de démonstration en sciences (CDES) du Collège Laflèche, un élève a décidé de définir et d'illustrer sa compréhension du solénoïde. L'ajout d'un dessin tiré du réseau Internet ou d'une photo prise serait possiblement plus près de la réalité. Toutefois, pour notre part, nous avons plutôt choisi de demander aux enfants d'illustrer les concepts travaillés en classe à l'aide d'une tablette graphique et du logiciel Sumopaint, parce que nous croyons que cela nous permet d'en apprendre davantage sur les représentations des élèves.

Le dessin est le mode de communication privilégié ici, puisqu'il permet d'appuyer et d'illustrer les écrits; il peut aussi aider l'élève à mieux comprendre son environnement. Le dessin est une représentation graphique des images mentales qu'il se fait de l'objet (Baldy, 2002). En effet, l'auteur stipule qu'« à chaque moment du développement, l'enfant qui dessine perçoit et se représente

l'espace des lieux et des objets, élabore un vocabulaire de formes graphiques, applique des conventions, mémorise des modèles et des procédures, contrôle son tracé, etc.» (p. 10). Les dessins produits par les élèves nous fournissent des renseignements sur leur raisonnement puisque ceux-ci recourent à des outils cognitifs variés : représentations, connaissances, catégories mentales, schémas, modèles internes signifiants, intentions, etc. (Baldy, 2002). La figure suivante en est un exemple, car elle représente la conception d'un enfant par rapport au concept d'atome.

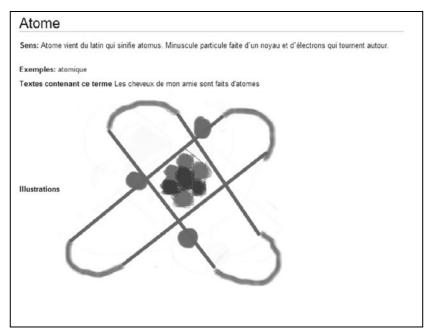


Figure 2 : L'atome tel que décrit et perçu par Josiane, 8 ans

Pour cette élève, l'utilisation des couleurs différentes (particules du noyau) laisse supposer qu'elle a vraiment compris la présence des particules neutres et positives que constitue le noyau. De même, on peut y déceler le mouvement des électrons. Si la description est plutôt sommaire, le dessin est très parlant et témoigne de sa compréhension d'un concept aussi complexe que l'atome.

2.2. Les différentes activités

Afin d'amener les élèves à problématiser, nous avons inclus dans le site une section présentant des problèmes pouvant être plus facilement traités par la maîtrise des racines latines et grecques, dont en voici un exemple :

Martine, une enseignante du primaire, expose la situation où des élèves se questionnent sur le sens du mot « abiotique ». Connais-tu des mots débutant par A? Anaérobique... qui signifie « sans oxygène » ou « en absence d'oxygène ». Donc abiotique... pourrait vouloir dire « sans » ou « en absence de »... En fait, « abiotique » peut prendre le sens d'un milieu où les organismes ne peuvent vivre. Le vent peut être considéré comme un facteur abiotique.

Après ces quelques moments d'échanges, certains élèves font alors des liens avec les mots : antibiotique, probiotique, etc. Nous voilà donc repartis pour de belles discussions et des recherches intéressantes autour des racines latines et grecques.

La première phase du projet s'est déroulée pendant l'année scolaire 2011-2012 jusqu'à l'événement de juin appelé « Bain wiki ». Comme deux écoles ont participé de manière plus active au projet, l'idée était de rassembler les jeunes pour leur permettre de partager leurs savoirs, mais aussi pour recueillir des éléments visant à améliorer ou à consolider les acquis du wiki. Lors de cette rencontre, des élèves de troisième et de quatrième année étaient jumelés à des élèves de cinquième et de sixième, formant ainsi un quatuor pour participer à des ateliers. Quatre ateliers ont été retenus, soit 1) préparation de défis ou de problèmes; 2) résolution de problèmes à partir de racines; 3) invention de racines rigolotes; et 4) illustration de concepts à partir d'outils informatiques.

Cette rencontre, qui s'est tenue sur une demi-journée, s'est avérée fort intéressante du point de vue didactique et pédagogique. Ce fut une occasion d'enrichir nos collaborations et la communauté d'apprentissage.

3. LA COMMUNAUTÉ D'APPRENTISSAGE FORMÉE PAR ET POUR LES ÉLÈVES EN VUE DE SOUTENIR LA COGNITION SITUÉE ET DISTRIBUÉE

Faire le choix de considérer la classe comme une communauté d'apprentissage, ou ici le projet de wiki, c'est accepter de considérer l'apprentissage comme étant non seulement une tâche cognitive, mais aussi une forme de participation à une activité intellectuelle à l'intérieur d'un groupe (Brown et Duguid, 1991; Wolfson, et Willinsky, 1998). Pour Piaget (cité dans Xypas, 1997), le groupe constitue le milieu naturel de l'activité intellectuelle, et la coopération en est l'outil essentiel au développement de la pensée rationnelle. Ici, la classe déborde même la réalité physique puisque deux groupes d'élèves d'écoles différentes et de niveaux variés ont participé à l'expérimentation.

Pour Clancey (1995), la connaissance humaine peut être vue comme la capacité à coordonner son comportement et à s'adapter dynamiquement aux changements qui surviennent dans l'environnement. Dans cette optique, la cognition située constitue une grille de lecture qui sert de cadre de référence afin d'étudier les raisonnements des élèves et les contextes dans lesquels ils ont été produits. Elle s'intéresse à la trajectoire de participation dans laquelle s'engage l'élève à l'intérieur de la communauté apprenante (Wolfson et Willinsky, 1998).

Afin d'être opérant et de stimuler l'apprentissage, le contexte à l'intérieur duquel s'insère la communauté d'apprentissage (Trudel, 2008) doit favoriser les échanges, la coopération, l'action, la réflexion, le questionnement, le doute et l'initiative. L'élève impliqué, qui sent qu'il a du pouvoir sur ses apprentissages, sera beaucoup plus motivé à se donner des moyens concrets afin de combler les écarts qu'il perçoit entre ce qu'il maîtrise et ce qu'il aimerait maîtriser. Les quelques verbatim tirés des propos d'élèves viennent appuyer ces idées. En redonnant à l'élève le pouvoir qui lui revient et en lui permettant d'interagir avec ses pairs, nous corroborons les critères élaborés par Shuell et Moran (cités dans

Ronholt, 2000), qui soulignent qu'afin de favoriser l'apprentissage, il faut tenir compte des points suivants :

- 1. La nature socioculturelle de l'apprentissage;
- L'importance de permettre aux élèves de vivre des tâches significatives et authentiques;
- 3. L'importance de la motivation, de l'intérêt et des émotions;
- 4. La nature spécifique du domaine d'apprentissage.
- 5. La cognition située⁷ ou distribuée⁸ encourage l'apprentissage expérientiel, où la théorie et la pratique sont intimement liées. L'action éducative en contexte de classe alimente le processus de réflexion menant à la conceptualisation, alors que la réflexion influence à son tour l'action. Un tel cycle où la théorie et la pratique sont perçues comme des composantes en interaction a pour avantage que chacune d'elles contribue à alimenter l'autre.

4. LE RAISONNEMENT SCIENTIFIQUE

L'étude du raisonnement scientifique⁹ constitue un intérêt puisque, malgré de nombreuses réformes en éducation, les élèves ne semblent pas toujours conscients de ce qu'ils savent et de l'importance de cette connaissance dans leur développement. Trop souvent, ils mémorisent des connaissances partielles sans être capables de s'en faire une représentation efficace et juste (Kuhn, s.d.; Trudel, 2008). Or, le projet de wiki veut justement contrer cette difficulté.

^{7.} De manière très simpliste, la cognition située correspond ici à la contextualisation des apprentissages, au sens donné.

^{8.} Dans un sens très vulgarisé, la cognition distribuée signifie pour nous la puissance que peut exercer une communauté d'apprentissage par des échanges, par la construction collective.

^{9.} Le but visé dans le cadre du raisonnement scientifique est d'étendre notre connaissance du monde, de tenter de comprendre ou de résoudre des problèmes. Le mot « science », du latin scientia, est un terme utilisé pour décrire la connaissance ainsi que les activités qui conduisent à acquérir ces connaissances. La science désigne à la fois le produit et les processus conduisant à la connaissance scientifique. C'est particulièrement cette deuxième partie qui nous intéresse ici.

Ainsi, notre intention plus ou moins avouée était que les enfants deviennent compétents à réfléchir et à apprendre, puisque nous croyons que ces habiletés les aideront dans leur vie d'adultes. Mais, comme le souligne Kuhn (s.d.), cela ne semble pas suffisant d'y croire. Selon lui, c'est lorsque les enfants investissent du temps et maintiennent les efforts requis afin de développer et de pratiquer leurs habiletés intellectuelles qu'ils vont prendre conscience que l'apprentissage et la connaissance en valent la peine.

À la lumière de nos expériences et de nos nombreuses observations, la plupart des jeunes enfants possèdent déjà plusieurs habiletés nécessaires afin de s'engager dans la pensée scientifique. Pourtant, à l'âge adulte, ils démontrent trop souvent peu de capacité à s'investir dans les tâches requérant de l'investigation et de l'inférence, par exemple.

Au primaire, la classe de science et technologie peut être pour l'élève une occasion d'explorer le monde, mais aussi un lieu et un moment pour tenter de répondre aux nombreuses questions qu'il se pose. Pour Zimmerman (2005), le raisonnement scientifique implique généralement une combinaison de la compréhension conceptuelle et d'une habileté à recourir à des situations d'enquête (investigation scientifique).

En sciences et technologie en général, l'élève, afin de développer son raisonnement, doit exercer son habileté à formuler des hypothèses ou des théories et être en mesure de se donner les moyens de vérifier celles-ci dans le but de les confirmer ou de les infirmer. De plus, l'élève doit développer sa compétence à justifier et à argumenter la connaissance qu'il aura développée à travers son travail d'investigation. Dans le cadre du projet, l'élève devait s'assurer de la validité de ses propos puisqu'il savait que le résultat serait exposé aux visiteurs du site. Néanmoins, comme il s'agit d'enfants, la production déposée n'était pas nécessairement toujours exacte du point de vue scientifique et de la langue écrite, idée même d'un wiki (à noter qu'un étudiant universitaire accompagnait alors le groupe).

Pour Zimmerman (2005), l'investigation scientifique implique de nombreuses procédures et des activités conceptuelles telles que : se poser des questions, émettre des hypothèses, planifier des expérimentations, faire des prédictions, utiliser des appareils, observer, mesurer, faire preuve de rigueur et de précision, enregistrer et interpréter des données, consulter des registres de données, évaluer la preuve, vérifier, réagir aux contradictions ou aux données discordantes, présenter et évaluer les arguments, construire les explications (pour soi et pour les autres), coordonner la théorie et la preuve, réaliser des statistiques et des calculs, faire des inférences, formuler et réviser des théories et des modèles.

Devant une telle complexité, les chercheurs ont senti le besoin de diviser le domaine en deux parties distinctes, à savoir la science et la technologie, qui conservent toutefois entre elles une relation d'interdépendance.

4.1 L'importance de la connaissance des concepts scientifiques dans le raisonnement

Devant un nouvel objet d'apprentissage, l'élève n'est pas complètement néophyte. Il possède déjà dans sa mémoire des connaissances qui serviront de base à la construction d'un nouveau modèle ou à la bonification d'un modèle déjà existant. Le modèle, dans le cadre de notre projet, peut être représenté ici par un concept. Le raisonnement ne se fait pas à vide; il est suscité par l'activité de l'élève, ses actions, ses observations, les informations qu'il perçoit à l'aide de ses sens, ses interrogations, ses interactions langagières, les obstacles qu'il rencontre, les contradictions qu'il perçoit et qui le font douter.

Le raisonnement scientifique fait référence à une activité mentale, à un processus qui est activé et au cours duquel des connaissances sont appliquées afin d'atteindre un but (Evans, 1993, cité dans Zimmerman, 2000). Les connaissances ne sont pas des unités isolées et indépendantes les unes des autres. L'élève tisse

des liens entre les diverses informations qu'il traite. L'élaboration de ce réseau constitue la structure conceptuelle de l'élève. Dans notre projet, cet aspect est mis en évidence lorsqu'il définit le sens du mot et qu'il compose une phrase contenant le concept traité.

Les relations thématiques constituent, pour l'élève, des aspects essentiels de la connaissance. Ce dernier se fait une représentation d'un mot ou d'un objet et y associe d'autres mots qui portent sur le même thème. Ces mots, lorsqu'associés au sein d'une même catégorie, pourront être traités de façon équivalente dans la pensée et le langage de l'élève (Murphy, 2002, cité dans Trudel, 2008).

Dans l'apprentissage des sciences et de la technologie, la conceptualisation et la modélisation par l'élève sont déterminantes puisqu'un concept prend tout son sens lorsqu'il est construit dans des situations signifiantes et contextualisées ou situées. Cette compréhension n'est pas immuable; elle est donc susceptible d'évoluer, de se bonifier ou de se modifier, et ce, plus particulièrement dans le contexte d'une communauté d'apprentissage¹⁰. Les occasions de réutilisation par l'élève du concept qu'il aura développé à partir d'une racine latine ou grecque, deviendront des occasions de construire une représentation plus complète de ce concept (Brown, Collins et Duguid, 1989). Selon nous, le wiki permet cette conceptualisation et cette modélisation par l'élève, contrairement à la navigation sur le Web. Le wiki ouvert se veut une façon de répondre aux besoins variés des enfants, dont la culture. Dans le PFEQ, les pistes de développement pour les repères culturels sont limitées. L'appropriation des racines, à travers un wiki ou pas, constitue une piste intéressante pour atteindre l'une des finalités de l'enseignement/apprentissage des S&T, à savoir la culture.

^{10.} Les collaborateurs peuvent également aller enrichir une note d'un autre collaborateur en y ajoutant un exemple ou une illustration, ou en reformulant.

5. DISCUSSION ET CONCLUSION

Au terme de ce chapitre, nous désirons insister sur le regard renouvelé que l'on porte sur la problématique transversale des racines latines et grecques et des repères culturels dans le contexte des domaines de la science et de la technologie au primaire (Gouvernement du Québec, 2001). Dans le prolongement de cette problématique, une réflexion s'impose afin de l'étendre à l'ensemble des disciplines, particulièrement en mathématiques, pour que nos jeunes deviennent plus que jamais cultivés et comprennent davantage le sens des mots et des concepts. Cette réflexion collective devient nécessaire, croyons-nous, dans une société de savoirs où les connaissances ne cessent de se multiplier. Le wiki, tel que nous l'avons utilisé, constitue à nos yeux une manière intelligente d'intégrer les TIC aux activités de classe.

À la lecture de ce texte, il semble que plusieurs questions restent ouvertes, dont celles du temps et des modalités disponibles et possibles pour que de telles initiatives puissent se poursuivre, voire se multiplier au Québec et ailleurs dans le monde. Néanmoins, le bilan de cette première phase du projet, qui consiste à renouveler nos modes d'intégration des TIC, indique que tous les acteurs se sentent concernés par le développement des pratiques pédagogiques et didactiques renouvelées, sur le terrain comme à l'université, afin de répondre aux besoins des élèves et aux nouvelles réalités d'une société du savoir. La poursuite de ces buts et l'obtention d'améliorations actuelles et futures se réaliseront pour le bénéfice de tous les acteurs des milieux de pratique, à commencer par les enfants qui y évoluent.

Or, le changement dans la façon dont les S&T sont enseignées à l'école prend évidemment du temps, des ressources et beaucoup de créativité quant à la façon de soutenir ledit changement, et ce, dans le but d'éviter le **placage** des TIC, tel que nous l'avons soulevé au tout début du présent texte.

Les programmes de M-S&T au primaire (Gouvernement du Québec, 2001) ont connu, ces dernières années, des changements profonds qui touchent aussi bien leurs contenus et leur structure (intégration des champs disciplinaires en provenance des sciences et de la technologie, développement des compétences disciplinaires et transversales, prise en considération des domaines généraux de formation, etc.) que les fondements sur lesquels ils reposent (approches par compétences, approches interdisciplinaires, constructivisme et socioconstructivisme, etc.). Dans le cadre de ce projet, la compétence trois, portant sur la communication en mathématiques, comme en sciences et technologie, est particulièrement sollicitée.

C'est dans ce contexte que ce projet de wikiracines a été réalisé. Il invite tous les acteurs du monde de l'éducation à s'inscrire dans ce mouvement d'une intégration d'éléments culturels et des pratiques pédagogiques renouvelées où les TIC, dont le wiki, constituent un moyen de contribuer aux apprentissages des élèves. Selon nous, le wiki permet d'appréhender la complexité, d'intégrer l'histoire et de contribuer au développement culturel des jeunes (Samson et Descarreaux, 2012). L'arrivée d'Internet aura contribué au délaissement, par plusieurs, du dictionnaire et des encyclopédies traditionnels (format papier). Notre projet aura donné l'occasion aux enfants de (re)découvrir ces ouvrages par la recherche de racines latines et grecques et de créer un nouvel outil collaboratif ouvrant la porte aux savoirs collectifs.

Enseignants de sciences, avez-vous essayé ceci?

Le recours aux TIC dans les classes du primaire est un fait assez commun. Dans les cours de mathématiques ou de science et technologie, la situation est toutefois rarissime, du moins dans l'optique où nous le proposons ici, à savoir une réelle intégration des TIC dans les pratiques pédagogiques.

Dans le contexte de l'école 2.0 et de l'omniprésence de nouveaux outils technologiques, dont le tableau numérique interactif (TNI), comment ce dernier peut-il être exploité correctement afin de favoriser une réelle interactivité et une construction des savoirs par les élèves? Le TNI et le wiki pourraient-ils être complémentaires? Pour un enseignant du primaire, il peut être intéressant d'essayer la tablette graphique pour le dessin, qu'il s'agisse d'un wiki ou d'un conte scientifique (Trudel, Toussaint et Samson, 2009). Le dessin permet d'illustrer des concepts scientifiques ou technologiques et contribue, pensonsnous, à en faciliter la compréhension et l'intégration. Pour un enseignant du secondaire, il peut être justifié d'amener ses élèves à consulter une encyclopédie électronique et à s'interroger sur l'origine des mots, des concepts (développement de l'esprit critique). Ou encore, il peut s'avérer pertinent de monter une base de données avec les racines latines et grecques, laquelle pourrait être construite en parascolaire, par exemple.

BIBLIOGRAPHIE

BALDY, R. (2002). *Dessine-moi un bonhomme*. *Dessins d'enfants et développement cognitif*, Paris, Éditions In Press.

BROWN, J-S., et DUGUID, P. (1991). *Organizational learning and communities of practice: Toward a unified view of working, learning and innovation,* The institute of management sciences.

BROWN, J-S., COLLINS, A., et DUGUID, P. (1989). « Situated cognition and the culture of learning », *Educational researcher*, 18(1), pp. 32-42.

CLANCEY, W.J. (1995). « A tutorial on situated learning », *Proceedings of the International Conference on computers and education*, pp. 49-70.

GIORDAN, A. (1999). Une didactique pour les sciences expérimentales, Paris, Belin.

KUHN, D. (s.d.). Education For Thinking Institute, Columbia University, New York.

URL: http://www.educationforthinking.org/ [consulté le 23 octobre 2010].

Gouvernement du Québec (2001). *Programme de formation de l'école québécoise.* Éducation préscolaire et enseignement secondaire, Québec, ministère de l'Éducation du Québec.

RONHOLT, H. (2000). Learning in a « Community of Practice ». A discussion of the applicability of the situated learning theory in an analysis of PE teaching in schools, A paper at AARE-NZARE, 1999, Conference in Melbourne. AARE CD-ROM, ISSN 1324-9320, RON99402, April.

SAMSON, G., et DESCARREAUX, C. (2012). «Vers une exploitation maximale des racines latines et grecques! Une façon de faire pour intégrer l'histoire et faciliter la compréhension en science et technologie», *Spectre*, *42*(3), Février-mars, pp. 20-23.

SAMSON, G., et GAGNÉ, C. (2010-2011). *Un wiki interordre*: pour développer la culture *scientifico-technologique*, projet financé dans le cadre du concours FIP (Fonds d'innovation pédagogique) de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

TRUDEL, M. (2008). Le raisonnement scientifique d'élèves du primaire lors de la réalisation d'un conte sur l'environnement. La classe comme communauté de pratique, mémoire de maîtrise inédit, Université du Québec à Trois-Rivières.

TRUDEL, M., TOUSSAINT, R.M.J., et SAMSON, G. (2009). «Construction d'un conte scientifique au sein d'une communauté d'apprentissage au primaire», *Spectre*, 38(4), pp. 16-20.

WALLON, P. (2001). Le dessin d'enfant, Paris, Presses universitaires de France.

WOLFSON, L., et WILLINSKY, J. (1998). « What service learning can learn from situated learning », *Michigan Journal of Community Service learning*, 5, pp. 22-31.

XYPAS, C. (1997). Piaget et l'éducation, Paris, Presses universitaires de France.

ZIMMERMAN, C. (2000). « The development of scientific reasoning skills », *Development Review*, 20, pp. 99-14.

ZIMMERMAN, C. (2005). The development of scientific reasoning skills: what psychologists contribute to an understanding of elementary science learning. (Texte fourni par l'auteure.)

LE SITE WEB DE CLASSE POUR FAVORISER L'APPRENTISSAGE DES SCIENCES : DU PRIMAIRE À L'UNIVERSITÉ

Stéphane Villeneuve

Université du Québec à Montréal

RÉSUMÉ

L'utilisation d'Internet fait partie du quotidien d'une grande proportion d'enseignants de sciences de tous les niveaux d'études. Dans ce chapitre, nous ferons état de l'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) par les enseignants pour ensuite présenter l'état des recherches sur l'intégration d'un outil technologique plus spécifique : le site Web de classe. Nous conclurons ce chapitre par une section sur ce que devrait contenir un site Web de classe pour favoriser l'apprentissage des sciences chez les apprenants. Nous y présenterons également des éléments à inclure à un site Web de classe répondant aux besoins des étudiants du Web 2.0.

1. Introduction

Depuis le début des années 1990, où le *World Wide Web* a pris son envol, le média qu'il est devenu s'est progressivement introduit dans les mœurs des enseignants et des étudiants jusqu'à devenir l'un des premiers outils consultés pour rechercher de l'information. En effet, l'utilisation d'Internet par les enseignants de science pour y effectuer des recherches de nature théorique ou pour trouver des

idées d'activités ou de laboratoires est maintenant une pratique courante.

Quant aux étudiants, pour compléter leurs études, ils recherchent sur Internet des connaissances et des concepts parfois difficiles à s'approprier. La tâche peut dans certains cas s'avérer ardue en considérant la multiplicité des informations présentes sur la toile. En effet, certains auteurs avancent que plus d'un milliard de milliard, soit un trillion de pages Web sont présentes sur Internet (Kelly, 2010), et la validité du contenu peut facilement être remise en question. À cet effet, les étudiants affichent d'ailleurs des carences en ce qui concerne les compétences informationnelles, ne possédant pas toutes les compétences pour juger de la crédibilité de l'information trouvée sur Internet (van Deursen, 2013), tandis que les enseignants ne prennent pas le temps de bien enseigner ces compétences à leurs étudiants (Ladbrook, 2011).

Afin de fournir des éléments d'information adéquats et pertinents à leurs étudiants, les enseignants trient et sélectionnent des informations qu'ils partagent ensuite avec eux. Plusieurs types de ressources peuvent leur être communiquées : hyperliens, notes de cours, exercices, nouvelles, etc. Parmi les moyens de communication susceptibles d'être utilisés par les enseignants pour diffuser l'information, on retrouve tout ce qui concerne le Web 2.0, dont les blogues (Blogger, Wordpress, Tumblr, etc.), les réseaux sociaux (Facebook, Twitter), les sites de partage de vidéos et de photos (YouTube, Google Vidéo, Viméo, Instagram, etc.), le courrier électronique et les textos. Cependant, un outil capable d'aider à concentrer plusieurs de ces ressources en un seul endroit est le « site Web de classe ».

Avant d'aborder directement le sujet, cet outil faisant partie des TIC, certaines précisions s'imposent. Pour mieux comprendre les enjeux de l'intégration d'un site Web de classe, il est important de présenter l'état de la situation de l'intégration des TIC par les enseignants. En deuxième lieu, nous exposerons les recherches portant sur les bienfaits et les limites de l'utilisation d'un site Web de classe. Ce n'est qu'en exposant le degré d'intégration des TIC

et les recherches sur les bienfaits et les limites que des lignes directrices concrètes de ce que devrait contenir un site pour une classe de science pourront être présentées en fin de chapitre.

2. Intégration des TIC par les enseignants

Au Québec, les futurs enseignants ont douze compétences à maîtriser en fin de formation. L'une d'elles, la huitième, porte sur la compétence : intégrer les technologies de l'information et de la communication (ministère de l'Éducation, 2001). Une recherche montre que c'est l'une des compétences jugées comme les moins prioritaires par les futurs enseignants du Québec (Lebrun et Wood, 2007). Une recherche doctorale qui s'est intéressée à la maîtrise de cette compétence auprès des futurs enseignants du Québec appuie ce dernier constat, puisque les résultats ont montré que la maîtrise de la compétence TIC dans son ensemble n'est que partiellement acquise (Villeneuve, 2011).

Dans cette dernière étude, chacune des composantes de la compétence TIC ayant été étudiée, les résultats portant sur la quatrième composante de la compétence a permis de constater que les futurs enseignants n'intégraient pratiquement pas la dimension « diffuser de l'information » qui se manifeste, entre autres, en créant un site Web de classe. En effet, chez 2 065 stagiaires en enseignement, seulement 5 % ont utilisé un site Web pour diffuser de l'information aux élèves dont ils avaient la charge. À noter que l'utilisation des TIC en milieu de stage est un bon indicateur d'utilisation future une fois en poste. Cependant, il n'est jamais trop tard pour intégrer les TIC, car les succès technopédagogiques et le sentiment de compétence qui se développe entraînent souvent d'autres succès. Les théories et études portant sur le sentiment de compétence sont assez claires à ce sujet (Heo, 2011; Kreijns, 2013; Markauskaite, 2006; So, 2012; Swain, 2006; Worch, 2012).

La compétence des enseignants à intégrer les TIC est un sujet toujours actuel en formation des maîtres (Chai et Lim, 2011; Sang, Valcke, Braak, et Tondeur, 2010), et les avenues de recherche sur le sujet portent sur les approches à favoriser pour augmenter l'assimilation de la «compétence TIC» des futurs maîtres (Lee et Tsai, 2010). Cependant, avant qu'un enseignant soit apte à intégrer les TIC en classe, sa maîtrise des outils est primordiale. Parmi ces outils, le site Web de classe est l'un des plus faciles d'accès, étant même obligatoire pour les collèges et les universités dans certains états américains (Carter, 2011). Son utilité et sa pertinence méritent donc que l'on s'y intéresse.

Il faut également mentionner que le cadre théorique d'intégration des TIC pour les cours de sciences, le TPASK (Technological pedagogical science knowledge), suppose que les connaissances et les liens entre les portions : 1) technologiques, 2) pédagogiques et 3) contenu scientifique, doivent être maîtrisés et compris globalement pour une intégration réussie des TIC en sciences (Jimoyiannis, 2010). Sans mentionner de logiciels spécifiques, ce cadre théorique adapté du TPASK (Mishra, 2006), qui est bien connu des technopédagogues, suppose que l'enseignant doit maîtriser, entre autres, les connaissances du potentiel pédagogique que possèdent les TIC, dont la création de sites Web. De plus, comme le mentionne Dunn (2011), le site Web de classe permet de prolonger l'apprentissage hors des murs de l'école, ce qui n'est plus un problème puisque les jeunes apprenants possèdent majoritairement un accès à Internet. Cela met une certaine pression sur les épaules des enseignants (Dunn, 2011; Lenhart, 2010), car ils doivent créer, eux aussi, un site Web pour leur classe. Mais que disent les recherches sur les vertus des sites Web sur l'apprentissage des élèves dans les classes de sciences?

3. LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET L'INTÉGRATION DES SITES WEB DE CLASSE

Il est surprenant de constater que dans la littérature scientifique, peu d'études se sont intéressées à l'intégration des sites Web de classe et à leur impact sur l'apprentissage des étudiants, plus particulièrement dans les disciplines scientifiques. C'est pourtant un réflexe pour les enseignants que de se servir de sites Web pour rechercher de l'information. Ainsi, la création d'un site Web de classe devrait aussi faire partie des habitudes technologiques déjà acquises. C'est d'ailleurs sur des enseignants ayant intégré un site Web de classe que l'étude de Holcomb, Johnson et Castek (2007) s'est penchée. Elle portait sur le potentiel des sites Web au primaire et au secondaire (toutes disciplines confondues) pour favoriser l'apprentissage, en observant différentes caractéristiques de 280 sites Web d'enseignants. L'évolution de ces sites sur une période de trois ans fut aussi étudiée. Les chercheurs ont constaté que plusieurs sites ont été construits en fonction de critères personnels et non pas en fonction de standards professionnels. Ils ont cherché à comprendre : 1) quels étaient les éléments communs rencontrés dans les sites Web, 2) les différences qui existaient entre un site Web élaboré pour le primaire ou pour le secondaire et 3) si les sites Web étaient maintenus actifs dans le temps.

Parmi les éléments communs, les chercheurs ont observé la présence d'un descriptif de cours, d'une biographie de l'enseignant ainsi que de son adresse de courriel, d'un hyperlien vers le site de l'école, d'un calendrier scolaire, de consignes pour les devoirs, de la date de mise à jour et du nombre de visiteurs. En ce qui a trait aux différences observées, les sites élaborés pour les élèves du primaire sont plus interactifs; on y retrouve des liens vers des travaux des étudiants et des projets intégrant les TIC, et on y favorise une interaction entre élèves, enseignants et parents. Les sites élaborés pour les élèves du secondaire sont plus statiques et sont plutôt constitués d'unités ou de modules théoriques. Selon les disciplines enseignées, le côté interactif du site varie.

Finalement, les résultats montrent qu'après un an, 86,8 % des sites sont actifs, après deux ans, ce sont 69,5 % qui demeurent actifs et après trois ans, 61,8 % seulement. L'une des raisons de l'abandon des sites Web est le temps que requiert la mise à jour. Cependant, les logiciels en ligne pour élaborer des sites Web étant nettement plus simples à utiliser et plus accessibles à tous depuis la publication de ces résultats, ce facteur «temps » doit être considéré avec beaucoup plus de nuances comme facteur d'abandon d'un site.

Lors de la recension, peu d'études rigoureuses contrôlant le maximum de facteurs étaient présentes dans la littérature. Cependant, un chercheur s'est intéressé à l'impact de l'utilisation d'un site Web sur la performance des étudiants d'un cours de science informatique, et ce, sur une période de cinq trimestres. Heines (2000) en venait à des constats intéressants grâce à des différences statistiquement significatives quant à l'introduction d'un site Web de classe. Ainsi, l'étude permet de constater qu'une fois le site introduit dans le cours, les notes des étudiants se sont améliorées. L'auteur souligne cependant que des facteurs incontrôlables peuvent avoir eu un effet sur les résultats, mais que la méthodologie et les analyses effectuées ont été rigoureuses pour réduire ces facteurs au maximum. Heines concluait que les résultats obtenus étaient assez intéressants pour que l'on poursuive les recherches scientifiques sur l'évaluation des sites Web à l'intérieur des cours. Cependant, à la suite de cette étude, la littérature qui a été publiée sur le thème des sites Web associés à l'apprentissage des sciences ne fut pas des plus prolifiques.

Des données plus récentes montrent que la création de sites Web de classe à l'intérieur des cours de TIC où l'on forme les futurs enseignants est privilégiée, ce qui est le cas, entre autres, à l'Université du Michigan (Shaltry, 2013) et ailleurs aux États-Unis et au Canada. Cependant, la pratique n'est pas généralisée, les formateurs universitaires étant libres d'aborder les éléments désirés. L'objectif de la création d'un site Web de classe est principalement de favoriser l'apprentissage par la création ou le *learning by design*. À

leur tour, les élèves de ces enseignants pourront créer leurs propres sites et développer leurs compétences technologiques.

D'autres études se sont intéressées à la pertinence des sites Web de classe pour satisfaire aux besoins des étudiants du vingt et unième siècle. La façon dont les éducateurs vont utiliser les outils technologiques disponibles pour leur site Web de classe a aussi été étudiée (Tingen, Philbeck, et Holcomb, 2011). Les résultats montrent que les sites Web construits par les enseignants ne satisfont pas les besoins de leurs élèves. Ils sont plus soucieux du visuel que du contenu pédagogique. Évalués sur une période de cinq ans, les sites Web comportent peu de changements dans le temps quant à leur contenu et ne s'ajustent pas aux technologies récentes du Web 2.0 qui, elles, évoluent rapidement. De plus, les enseignants n'ont majoritairement reçu aucune formation sur la création de sites Web.

Finalement, il faut noter que quelques auteurs se sont intéressés à ce que devrait contenir un site Web de classe (Dunn et Peet, 2010; Holcomb, et al., 2007; Tingen, et al., 2011). En tenant compte de ces recherches, nous allons présenter les éléments nécessaires à inclure dans un site sur les plans pédagogique et technologique, tout en considérant l'expertise de l'auteur de ce présent chapitre en ce qui concerne la formation aux TIC auprès des futurs maîtres du primaire à l'université.

4. L'ORGANISATION D'UN SITE WEB DE CLASSE

Pour être efficace, un site Web se doit d'offrir des fonctionnalités qui vont, avant tout, servir aux besoins des étudiants nés avec la technologie, car plusieurs enseignants préfèrent exagérément la beauté de leur site au détriment du contenu (Tingen, et al., 2011). Il ne faut cependant pas négliger cet aspect puisqu'Internet regorge de sites ayant une apparence professionnelle. Les sites moins attrayants vont susciter moins d'intérêt chez les étudiants exposés régulièrement à des sites bien construits. Nous ne ferons pas ici un

inventaire des plates-formes existantes pour créer des sites Web, puisque certaines disparaissent tandis que d'autres voient le jour, mais les plus récentes permettent la création de sites Web, et ce, très simplement. Le tableau 1 montre dans la colonne de gauche les éléments de contenu à inclure et considérés comme essentiels. Dans la colonne de droite, on retrouve les éléments à prendre en compte pour une interface et une ergonomie efficaces.

Notons que le site Web de classe constitue une façon de planifier l'année scolaire ainsi qu'un endroit où les contenus des cours sont archivés. Ce contenu est d'ailleurs la portion la plus importante d'un site pour le rendre convivial et pertinent.

Tableau 1 : Critères à inclure à l'intérieur d'un site Web de classe

Contenu	Interface et ergonomie
Mot de bienvenue décrivant brièvement le site avec une présentation de l'auteur, le titre, la description du cours et la clientèle visée	1. Originalité
2. Date de mise à jour	2. Richesse visuelle
3. Citation des sources	3. Couleurs appropriées
Richesse des informations sur le site	4. Fichiers disponibles nommés de façon pertinente
5. Clarté des informations présentées avec enchaînement logique du contenu	5. Mots clés en gras ou en couleur
6. Présence d'une section pour les messages à la classe et d'un calendrier scolaire	6. Soulignement seulement pour les hyperliens
7. Présence d'une section pour les exercices faits en classe et les devoirs	7. Lisibilité (taille de la police appropriée et uniforme)
8. Présence d'un lexique	8. Navigation fluide
9. Hyperliens commentés et pertinents	9. Formulaire de contact

4.1 Contenu

Le contenu regroupe neuf éléments qui doivent être considérés lors de la création du site. Ces éléments constituent un minimum afin que le site possède les caractéristiques propres à un site Web de classe et soit pédagogiquement efficace.

4.1.1 Mot de bienvenue décrivant brièvement le site avec une présentation de l'auteur, le titre, la description du cours et la clientèle visée

Ce premier élément constitue la page d'accueil. Cette page possède deux objectifs. Le premier est de décrire le contexte dans lequel le site est créé tout en mentionnant les objectifs et les raisons pour lesquelles il sera utilisé. Elle permet également de personnaliser le site en faisant une brève présentation de l'enseignant et des attentes qu'il a envers les étudiants. Vous pouvez indiquer vos réalisations scientifiques, augmentant du même coup votre crédibilité. Le second objectif de cette page d'accueil est de donner un contexte aux visiteurs qui consulteront le site, tels que d'autres étudiants et enseignants dans le cas où il est ouvert à tous. Évitez les photos à caractère trop personnel, optez pour une photo professionnelle.

4.1.2 Date de mise à jour

La date de mise à jour est importante afin de s'assurer que le site ne comporte pas des informations désuètes, surtout en sciences où de nouvelles données sont régulièrement actualisées. Par exemple, on retrouve sur Internet des sites qui sont abandonnés depuis plus d'une dizaine d'années et où l'information n'est plus conforme à l'évolution de la discipline, ce qui place les visiteurs devant un problème de validation des données. Il faut souvent ajouter manuellement la date dans plusieurs des plates-formes. On le fait de préférence sur la page d'accueil du site.

4.1.3 Citation des sources

Élément fort important dans la création d'un site Web. Lorsque les enseignants utilisent du matériel d'autres auteurs ou d'autres enseignants, il est essentiel d'en citer la source. Beaucoup d'internautes croient que l'information présente sur Internet peut être utilisée et reprise sans contraintes, alors que le contenu est habituellement soumis aux règles du droit d'auteur. Personne ne désire être poursuivi en justice parce que du matériel a été utilisé sans en citer la source. De plus, la présence des sources permet aux étudiants de forger leur propre opinion sur la crédibilité de la référence (méthodologie, etc.). Il faut également savoir que lorsque les enseignants créent du matériel original, il existe une licence simple à insérer sur le site Web nommée « Creative Commons ». Elle constitue une alternative au copyright et permet de partager ou de restreindre son utilisation selon certaines conditions et de faire reconnaître son travail.

4.1.4 Richesse des informations sur le site

Un site doit contenir des informations riches et pertinentes. Il faut éviter les rassemblements d'hyperliens sur une seule page. Si tel est l'objectif, l'utilisation d'un site ne s'avère pas le meilleur outil. Des outils comme Diigo ou Delicious sont plus pertinents pour effectuer un partage d'hyperliens. Un site Web de classe ne doit pas inclure tout le contenu du cours, mais les lignes essentielles en plus de compléments d'information.

À l'occasion, l'insertion de contenu complet pour des portions de matière plus complexe peut s'avérer nécessaire. On entend par «contenu» tout ce qu'Internet peut offrir pour le diffuser : textes, documents audio, documents vidéo faits par l'enseignant ou autres, photos, etc. La diversité et la pertinence du contenu ainsi que les moyens les plus pertinents utilisés pour le diffuser définiront le succès (ou non) du site.

4.1.5 Clarté des informations présentées avec enchaînement logique du contenu

L'un des objectifs d'un site Web de classe est de permettre aux étudiants de s'y retrouver facilement. Ainsi, il faut s'assurer que le contenu soit cohérent avec les précédents. Au besoin, la création de sections ou de nouvelles pages, lorsque l'enseignant progresse ou change de thématique dans l'année scolaire, peut s'avérer nécessaire. Également, afin d'impliquer les étudiants dans le contenu du site, l'enseignant peut diffuser des travaux exemplaires. L'insertion d'outils de participation où les étudiants sont invités à aller discuter d'un sujet par l'entremise d'un bloque inséré sur le site peut être très bénéfique. Cependant, des règles strictes sur ce qui peut être déposé dans le blogue doivent être énoncées au préalable. Les blogues et forums ne sont pas des endroits pour régler des problèmes avec l'enseignant ou d'autres étudiants. Dans les premières semaines de cours, les interventions peuvent être modérées, ce qui signifie que l'enseignant à un droit de regard sur les commentaires déposés avant qu'ils ne soient diffusés sur le site.

4.1.6 Présence d'une section pour les messages à la classe et d'un calendrier scolaire

Section fort utile pour permettre aux étudiants de se remémorer les dates des contrôles, des examens, etc. Les messages peuvent porter sur des éléments mineurs tels que des objets perdus ou, plus important, sur des informations concernant une sortie sur le terrain. De plus, il est suggéré d'insérer un fil RSS à cette section afin que les étudiants soient au courant des nouveautés. Ils seront alors avisés par l'entremise de leur navigateur sans avoir à visiter constamment le site Web de classe. De plus, toujours sous le thème de l'organisation, la présence d'un calendrier adapté au cours guide les étudiants sur les différentes échéances à respecter.

4.1.7 Présence d'une section pour les exercices faits en classe et les devoirs

Cette section peut être répartie dans une seule page ou être incluse dans différentes pages du site. Les exercices donnés sur papier peuvent être déposés également sur le site en format électronique. De plus, la création d'exercices faits à l'aide de logiciels tels NetQuiz Pro, Hot Potatoes, Google Formulaires, etc., est appréciée des étudiants. Ces derniers peuvent alors s'exercer sur leur appareil électronique (ordinateur, téléphone intelligent, tablette, etc.). Ces exercices peuvent aussi être faits en groupe en les projetant sur le tableau blanc interactif (TBI). Une section pour les différents devoirs est également fort utile.

4.1.8 Présence d'un lexique

Un lexique s'avère avantageux pour les nouveaux termes abordés en classe, surtout pour les termes techniques rencontrés en science. La présence de ce lexique diminue ainsi les risques que les étudiants s'égarent sur d'autres pages Web, les distractions sur Internet étant grandes.

4.1.9 Hyperliens commentés et pertinents

Lorsque des hyperliens sont diffusés, il est fortement recommandé d'ajouter deux à trois lignes pour informer l'étudiant des particularités du site. Cela lui permet de connaître rapidement l'objectif du site au lieu de devoir, dans certains cas, deviner sa raison d'être. À noter que l'enseignant n'a pas à citer la source lorsque les étudiants cliquent sur des hyperliens présents dans le site Web de classe, l'hyperlien étant en soi la source du document diffusé. Cela permet de partager des documents sans avoir à demander d'autorisation formelle.

4.2 Interface et ergonomie

Comme mentionné précédemment, une interface attrayante pourra susciter un intérêt plus grand de la part de vos étudiants, et l'ergonomie du site facilitera la navigation.

4.2.1 Originalité

L'originalité d'un site repose sur la créativité de l'enseignant qui le conçoit. La disposition et la façon de présenter le site, le thème, les outils connexes utilisés (blogue, signets sociaux, etc.) sont autant d'éléments qui feront du site une ressource originale et personnalisée. Des applications scientifiques en lien avec le cours peuvent être publiées et commentées pour ensuite être utilisées sur les téléphones intelligents et les tablettes des étudiants. Ce type d'attention dans un site Web de classe ajoute à son originalité.

4.2.2 Richesse visuelle

L'utilisation d'un thème et d'images pertinentes viendra ajouter à l'esthétisme du site tout en procurant des repères visuels afin que les étudiants s'y retrouvent facilement, surtout si votre site renferme beaucoup de contenu. Certaines disciplines scientifiques, telle la biologie, regorgent d'images gratuites disponibles sur Internet, tandis que pour d'autres disciplines, la création d'images peut s'avérer une option moins chronophage. Cependant, il faut éviter la surcharge et préférer un dosage équilibré des photos et des vidéos.

4.2.3 Couleurs appropriées

Les thèmes déjà créés et offerts sur les plates-formes de construction de sites Web ont des couleurs prédéfinies et agencées. Cependant, il faut porter une attention particulière au contraste des couleurs de la police en fonction de l'arrière-plan si l'enseignant décide de personnaliser le thème choisi. L'avis d'un collègue est toujours utile.

4.2.4 Fichiers disponibles nommés de façon pertinente

Les multiples fichiers qui sont déposés sur un site doivent être nommés de façon à ce que les étudiants puissent rapidement savoir de quel contenu il s'agit. Ils peuvent également être numérotés afin qu'ils s'affichent de manière chronologique dans l'appareil de l'étudiant. Certaines plates-formes, comme Weebly, permettent le dépôt direct des fichiers sous un hyperlien tandis que pour d'autres plates-formes de création de sites Web, des serveurs de dépôt de fichiers, tel Dropbox, Ubuntu One, etc., devront être utilisés.

4.2.5 Mots clés en gras ou en couleur

Utiles pour faire ressortir des mots importants. Des hyperliens peuvent également être liés à ces mots clés pour diriger les étudiants directement dans le lexique.

4.2.6 Soulignement seulement pour les hyperliens

Le soulignement présent sur certains mots est à proscrire, car cela induit en erreur l'étudiant, qui croit avoir un élément cliquable. C'est une erreur fréquemment retrouvée dans les sites Web de classe.

4.2.7 Lisibilité (taille de la police appropriée et uniforme)

Utilisez une taille de police lisible pour l'ensemble de vos étudiants. Certains ont des handicaps visuels, et la concentration de textes de petite taille demande à l'étudiant de lire à l'écran sur une plus longue période. Gardez les très longues portions de texte pour des fichiers à imprimer (notes de cours, etc.).

4.2.8 Navigation fluide

Le nom des sections et les différents éléments cliquables doivent être instinctifs. Évitez les formulations comme «Cliquez ici pour ouvrir». La présence d'un simple hyperlien inséré sur un mot allège et facilite la lecture tout en permettant une navigation fluide. De plus, la vérification de la fonctionnalité des hyperliens est nécessaire une fois insérés sur le site. Les liens non fonctionnels peuvent se retourner contre vous si aucun étudiant ne vous fait part du problème.

4.2.9 Formulaire de contact

Cet élément est nécessaire afin que l'enseignant soit contacté par d'autres enseignants ou par des étudiants ayant égaré l'adresse électronique. Il évite de devoir inscrire l'adresse de courriel directement sur le site. Finalement, il contribue à empêcher que l'adresse de courriel se retrouve dans des listes de diffusion mal intentionnées.

5. Conclusion

Nous l'avons vu, les recherches sur la favorisation de l'apprentissage à l'aide de sites Web de classe se font discrètes. Peu d'études ont pris la peine d'aborder le sujet, mais celles qui s'y sont attardées évoquent des avantages certains. Les étudiants apprécient d'avoir accès au contenu hors de la classe, car ils sont de forts utilisateurs des technologies mobiles (téléphone intelligent, tablette, ordinateur portable) et de réseaux sociaux. Les enseignants ont donc tout intérêt à profiter des mêmes réseaux pour les atteindre.

Le tableau 2 montre bien les éléments du Web 2.0 à inclure dans un site Web en lien avec les compétences que doivent développer les milléniaux. En effet, on remarque qu'en plus des éléments cités précédemment, d'autres recommandations sont à considérer : penser à favoriser la collaboration et l'interaction, procurer un endroit pour que les étudiants affichent leurs réalisations, fournir des ressources pour augmenter leur créativité en les engageant dans des situations réalistes et montrer l'exemple d'une bonne conduite éthique sur Internet. La mise en pratique de ces conseils donnera une valeur ajoutée à un site Web de classe, qu'il soit dédié à une classe de sciences ou non.

Tableau 2 : Habiletés TIC à développer en lien avec les sites Web de classe. Traduit et adapté de Tingen, Philbeck et Holcomb, 2011.

Recommandation	Outil / Ressource	Habiletés des étudiants du 21° siècle
1. Utiliser et intégrer des outils du Web 2.0 soutenant la collaboration et l'interaction à l'intérieur et à l'extérieur de la classe	Google Docs, wikis, blogues, Etherpad, Webspiration, CommunityWalk, etc.	Savoir communiquer et collaborer
2. Procurer un moyen aux étudiants d'afficher les travaux et projets	Jing, VoiceThread, Prezi, Weebly, Google Docs, etc.	Habiletés fondamentales de vie et carrière
3. Soutenir la créativité et l'apprentissage actif lors d'expériences académiques authentiques	Fizz, iCue, Google Maps, ToonDoo, Comic Life, etc.	Savoir créer et innover
4. Engager les étudiants avec des données réelles, des outils et des experts qu'ils vont côtoyer à l'école, au travail et dans la vie	Bases de données nationales, logiciels de présentation, chiffriers électroniques, traitement de texte, etc.	Savoir résoudre des problèmes et développer un esprit critique
5. Donner l'exemple de pratiques éthiques, spécialement celles reliées à la littéracie numérique	Diigo, Delicious, Trailfire, Great Book Stories, etc.	Savoir rechercher de l'information, utiliser les différents médias et technologies

Bref, les technologies continueront d'évoluer rapidement tant en ce qui concerne les outils de création de sites Web que les outils connexes pouvant s'y intégrer, et cela afin de rendre l'expérience d'apprentissage plus signifiante et engageante. Cependant, comme tout outil technologique, c'est l'enseignant et la façon dont il l'utilise qui en font un outil pédagogique puissant (ou non), et non l'outil en soi. Il ne faut donc pas hésiter à demander aux étudiants ce qu'ils aimeraient voir sur le site Web de classe. Après tout, c'est pour eux qu'il est créé. Ils en sont les premiers utilisateurs! Les étudiants sauront nourrir et visiter le site s'il est régulièrement entretenu et si une importance y est portée. Graduellement, il deviendra un outil indispensable au bon fonctionnement du cours.

Enseignants de sciences, avez-vous essayé ceci?

Faites construire un site Web par vos étudiants, dans lequel ils développeront leur compréhension d'un concept scientifique. La simplicité des plates-formes rendra la tâche stimulante. Vous obtiendrez des résultats surprenants et, avec leur permission, vous pourrez utiliser les meilleures ressources qu'ils auront créées. C'est donc une façon de leur faire développer la compétence TIC sous toutes ses formes.

6. BIBLIOGRAPHIE

CARTER, D. (2011). « Should professors be forced to post syllabi online? », eCampus News.

CHAI, C. S., et LIM, C. P. (2011). «The Internet and Teacher Education: Traversing between the Digitized World and Schools», *Internet and Higher Education*, *14*(1), pp. 3-9.

DUNN, L. S. (2011). «Making the Most of Your Class Website», *Educational Leadership*, 68(5), pp. 60-62.

DUNN, L. S. et PEET, M. (2010). « A taxonomy of teacher-created class websites: Increasing the educational value of class websites », dans D. G. B. Dodge (Éd.), *Proceedings of Society for Information Technology and Teacher Education International Conference* (pp. 420-422): Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education.

HEINES, J. M. (2000). « Evaluating the Effect of a Course Web Site on Student Performance », *Journal of Computing in Higher Education*, *12*(1), pp. 57-83.

HEO, M. (2011). « Improving Technology Competency and Disposition of Beginning Pre-Service Teachers with Digital Storytelling », *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 20(1), pp. 61-81.

HOLCOMB, L. B., CASTEK, J. M., et Johnson, P. R. (2007). « Unlocking the potential of K–12 classroom websites to enhance learning », *New England Reading Association Journal of Asynchronous Learning Networks*, *43*(1), pp. 36-43.

JIMOYIANNIS, A. (2010). «Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers' professional development», *Computers & Education*, *55*(3), pp. 1259-1269.

KELLY, K. (2010). What technology wants, New York, Viking.

KREIJNS, K. (2013). « What stimulates teachers to integrate ICT in their pedagogical practices? The use of digital learning materials in education », *Computers in human behavior*, 29(1), pp. 217-225.

LADBROOK, J. (2011). « Information Skills and Critical Literacy: Where Are Our Digikids at with Online Searching and Are Their Teachers Helping? », *Australasian Journal of Educational Technology*, *27*(1), pp. 105-121.

LEBRUN, N. et WOOD, J. (2007). Assises du référentiel de compétences dans la formation professionnelle des enseignants : savoirs théoriques et pratiques, Actes de colloque, Arras - IUFM Nord-Pas de Calais.

LEE, M.-H. et TSAI, C.-C. (2010). «Exploring teachers' perceived self efficacy and technological pedagogical content knowledge with respect to educational use

of the world wide web», *Instructional Science*, *38*(1), pp. 1-21. doi: http://dx.doi.org/10.1007/s11251-008-9075-4.

LENHART, A. (2010). Social Media and Mobile Internet Use among Teens and Young Adults. Millennials.

MARKAUSKAITE, L. (2006). « Gender issues in preservice teachers' training: ICT literacy and online learning », *Australasian Journal of Educational Technology, 22*(1), pp. 1-20.

Ministère de l'Éducation (2001). La formation à l'enseignement : les orientations, les compétences professionnelles, Québec, ministère de l'Éducation.

MISHRA, P. (2006). «Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge», *Teachers College Record*, 108(6), pp. 1017-1054.

SANG, G., VALCKE, M., BRAAK, J. V., et TONDEUR, J. (2010). «Student teachers' thinking processes and ICT integration: Predictors of prospective teaching behaviors with educational technology», *Computers & Education*, *54*(1), pp. 103-112. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2009.07.010

SHALTRY, C. (2013). « Situated Learning with Online Portfolios, Classroom Websites and Facebook », *TechTrends: Linking Research and Practice to Improve Learning*, *57*(3), pp. 20-25.

SO, H.-J. (2012). « Little Experience with ICT: Are They Really the Net Generation Student-Teachers? », *Computers & Computers & Computers*

SWAIN, C. (2006). « Preservice Teachers Self-Assessment Using Technology: Determining What is Worthwhile and Looking for Changes in Daily Teaching and Learning Practices », *Journal of Technology and Teacher Education*, 14(1), pp. 29-59.

TINGEN, J., PHILBECK, L. et HOLCOMB, L. B. (2011). «Developing Classroom Web Sites for 21st Century Learning», *Kappa Delta Pi Record*, *47*, pp. 88-90.

VAN DEURSEN, J. A. (2013). « Information and Strategic Internet Skills of Secondary Students: A Performance Test », *Computers & Computers & Computers*

VILLENEUVE, S. (2011). L'évaluation de la compétence professionnelle des futurs maîtres du Québec à intégrer les technologies de l'information et des communications (TIC) : maîtrise et usages, Ph.D., Université de Montréal, Montréal. Repéré à http://hdl. handle.net/1866/6057.

WORCH, E. A. (2012). « Preservice early childhood teachers' self-efficacy and outcome expectancy for ICT integration in science instruction », *Education Research and Perspectives*, 39(1).

SOUTENIR LE PROCESSUS D'ENSEIGNEMENT-APPRENTISSAGE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE AVEC UN ENVIRONNEMENT NUMÉRIQUE D'APPRENTISSAGE

Alain Stockless

Université du Québec à Montréal

RÉSUMÉ

Les environnements numériques d'apprentissage (ENA) font partie de l'offre technologique de la plupart des institutions d'enseignement. Les niveaux postsecondaires et plus récemment le secondaire ont mis en place, pour les enseignants, l'infrastructure nécessaire à son utilisation. Dans cet article, nous précisons d'abord ce qu'est un ENA et nous présentons le contexte d'utilisation. Ensuite, nous abordons la pertinence pédagogique des ENA comme étant incontournables à l'enseignant qui désire une présence numérique pour soutenir son enseignement. Finalement, nous illustrons par des exemples comment, en mettant en place des activités d'apprentissage, un ENA peut apporter une valeur ajoutée aux apprenants branchés.

INTRODUCTION

Est-ce que l'enseignant qui utilise un tableau noir intègre la craie dans son enseignement? (Traduction libre de Dillenbourg, 2008.) Bien sûr que non, il en a simplement besoin, comme tout autre outil pédagogique parmi ceux qui sont disponibles. À quand le jour où les TIC auront la même posture? La réalité est tout autre.

Il ne suffit pas de dire que l'enseignant en a besoin pour que les élèves utilisent judicieusement les TIC dans leur apprentissage. De plus, le chemin pour y parvenir n'est pas aussi simple qu'il y paraît. Plusieurs outils pédagogiques sont à la disposition des enseignants, et ces derniers peuvent choisir en fonction de l'objet d'apprentissage. C'est également le cas des outils technologiques qui sont accessibles pour l'enseignant de sciences. Que ce soit dans le cadre de simulations ou d'expérimentations assistées par ordinateur (ExAO), les technologies ont un potentiel intéressant pour soutenir l'enseignement et l'apprentissage des sciences.

Les environnements numériques d'apprentissage (ENA) figurent parmi les nombreux moyens dont les enseignants disposent pour intégrer les TIC. Ces derniers ont fait graduellement leur apparition dans les institutions d'enseignement postsecondaire. Initialement conçus pour la formation à distance, les ENA sont largement répandus dans les universités. Au niveau secondaire, on trouve de plus en plus d'enseignants qui les utilisent. Toutefois, nous ne constatons pas un usage généralisé, et c'est particulièrement le cas chez les enseignants du secteur des jeunes. Néanmoins, un ENA est un levier intéressant pour intégrer les TIC puisqu'il contient de nombreuses fonctionnalités pédagogiques pour soutenir le processus d'enseignement et d'apprentissage.

Ce chapitre a pour objectif de mettre en perspective l'outil technologique qu'est un ENA et son utilité pour l'enseignement des sciences et technologie, et ce, tant dans le secteur des jeunes qu'au postsecondaire. Tout d'abord, nous explorons plus précisément ce qu'est un ENA. Ensuite, nous présentons un bref état de la situation quant à l'intégration des TIC en classe, notamment les obstacles que les enseignants rencontrent lorsqu'ils les intègrent et la raison pour laquelle un ENA s'avère une TIC incontournable et pertinente pour l'enseignant et ses élèves. Enfin, nous terminons ce chapitre par des exemples concrets qui s'avèrent prometteurs : diffuser des ressources et des activités d'apprentissage, flipper sa classe et télécollaborer avec une école éloignée. Ces exemples

ne sont surtout pas restrictifs en ce qui concerne l'usage et le contexte, autant pour les enseignants du secondaire que pour ceux du postsecondaire, pour soutenir le processus d'enseignementapprentissage.

1. LES ENVIRONNEMENTS NUMÉRIQUES D'APPRENTISSAGE, QU'EN EST-IL EXACTEMENT?

Avec la multiplicité des outils technologiques disponibles sur le Web, il n'est pas étonnant que nous ayons de la difficulté à nous y retrouver. De toutes ces offres technologiques que les enseignants peuvent utiliser, les ENA en font partie. Créés à la fin des années 1990, les ENA ont été spécifiquement conçus pour soutenir le processus d'enseignement-apprentissage. Dans cette perspective, nous définissons un ENA ainsi :

Un environnement numérique d'apprentissage (ENA) est une plate-forme Web qui permet de diffuser des ressources, de communiquer, de réaliser des activités d'apprentissage avec le recours aux fonctionnalités pédagogiques incluses dans l'ENA, et ce, avec un groupe d'apprenants à l'intérieur d'un espace sécurisé géré par un enseignant tout en étant accessible par tout type d'appareil technologique branché sur Internet.

1.2 Comment s'y retrouver?

Il existe sur le marché des centaines et peut-être même des milliers de plates-formes de formation (Depover, Karsenti, et Komis, 2007). Pour ajouter à la confusion, nous retrouvons de nombreuses terminologies pour identifier les produits disponibles

sur le marché. Ainsi, les anglophones ont recours notamment aux termes Learning Management System (LMS) ou Virtual Learning Environments (VLE) qui sont, la plupart du temps, utilisés pour représenter un dispositif de formation en ligne. Nous retrouvons aussi le terme Course Management System (CMS). Cependant, il est facile de confondre ce terme avec un Content Management System, c'est-à-dire une application Web de gestion de contenu. Or, nous considérons qu'un ENA est un logiciel intégré qui soutient le développement, la diffusion, l'évaluation et l'administration de cours en présentiel, hybride ou à distance (Wright, Lopes, Montgomerie, Reju, et Schmoller, 2014). Nous précisons qu'un environnement numérique d'apprentissage est une application qui fonctionne sur un serveur Web et qui est accessible par un navigateur Web grâce à une connexion Internet (De Smet, Bourgonjon, De Wever, Schellens, et Valcke, 2012).

Afin de délimiter la portée de toutes les applications Web qui peuvent, à divers degrés, répondre approximativement aux mêmes besoins, nous jugeons nécessaire de circonscrire ici ce qu'est un ENA. Ainsi, un ENA est une solution logicielle qui peut comporter plusieurs supports, la majorité d'entre eux étant disponibles en ligne, et qui a pour but de rendre le contenu accessible en tout temps (Black, Beck, Dawson, Jinks, et DiPietro, 2007). Dans le présent cas, nous considérons un environnement numérique d'apprentissage comme étant accessible uniquement par le Web. Par ailleurs, un ENA intègre plusieurs fonctionnalités que l'enseignant peut mettre en œuvre, tels des forums de discussion, des wikis, des outils d'évaluation par les pairs ou bien des générateurs de questionnaires.

D'autres outils, qui ne sont pas conçus expressément pour le domaine de l'éducation, peuvent remplir approximativement les mêmes fonctions qu'un ENA, tels qu'un blogue, un site Web ou un portail. Quoiqu'ils puissent être très utiles pour les enseignants et les élèves, ils n'intègrent pas spécifiquement de fonctionnalités de gestion de classe, de notes ni de travaux, et ne répondent pas

nécessairement aux impératifs de confidentialité, tandis que les ENA intègrent toutes ces fonctionnalités utiles pour les enseignants.

1.2 Un héritage de la formation à distance

Les environnements numériques d'apprentissage ont tout d'abord été développés pour soutenir la formation à distance. Avec le développement d'Internet, les plates-formes de formation à distance ont intégré des fonctionnalités pédagogiques qui sont également très utiles pour les cours en présentiel. Dans cette perspective, de nouveaux dispositifs d'enseignement sont possibles pour les enseignants. Non pas qu'ils n'existaient pas, mais l'ENA nous facilite la tâche pour mettre en place des modalités d'enseignement-apprentissage de type hybride. Plus précisément, un dispositif hybride permet de réaliser des activités pédagogiques autant en présentiel qu'à distance. Un dispositif hybride, que l'on appelle également «apprentissage mixte», en anglais blended learning, repose sur cinq dimensions : «la mise à distance et les modalités d'articulation des phases présentielles et distantes (1), l'accompagnement humain (2), les formes particulières de médiatisation (3) et de médiation (4) liées à l'utilisation d'un environnement technopédagogique, et le degré d'ouverture du dispositif (5) » (Deschryver et Charlier, 2012, p. 7).

1.3 Contexte d'utilisation

Un environnement numérique d'apprentissage permet donc aux enseignants de **soutenir des activités d'enseignement** en diffusant des ressources aux élèves telles que des notes de cours, des capsules vidéo, des liens pertinents et des animations. Les ENA permettent également de **soutenir des activités d'apprentissage** comme des wikis collaboratifs, des évaluations par les pairs, des exercices ou bien des projets télécollaboratifs, et ce, peu importe

les modalités. Ainsi, un ENA s'intègre dans un écosystème qui offre la possibilité de décloisonner la classe. Que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur de la classe, un ENA permet d'opérationnaliser le processus d'enseignement/apprentissage sans contrainte de lieu ni de temps (voir figure 1).

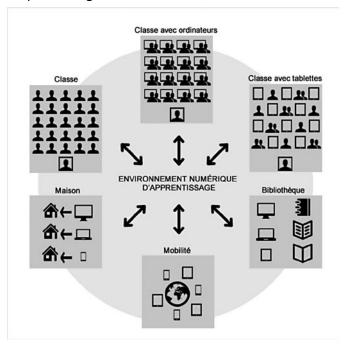


Figure 1 : Écosystème de l'environnement numérique d'apprentissage

2. Intégrer les TIC avec un ENA

Pour la première fois depuis quatre siècles, l'utilisation des TIC ébranle la structure sociophysique des activités pédagogiques vécues dans l'école, et de nouvelles formes d'interaction entre les enseignants et les apprenants sont maintenant possibles (Tardif et Mukamurera, 1999). La mise en application de nouvelles modalités pédagogiques est à la portée de tous les enseignants grâce à l'offre technologique qui ne cesse de croître. Un environnement numérique

d'apprentissage (ENA) est une TIC qui permet de créer des classes virtuelles tout en permettant aux enseignants d'opérationnaliser de nouvelles modalités d'enseignement et d'apprentissage. Dans une compilation de cent outils technologiques pour l'apprentissage, Hart (2008) a placé l'ENA Moodle au neuvième rang. Plus récemment, Pugliese (2012) soutient que l'ENA est l'un des outils pédagogiques qui connaît une adoption très rapide chez les enseignants.

2.1 État de la situation

Nous constatons sur le terrain que l'intégration des TIC en classe par les enseignants reste encore faible (Condie et Munro, 2007; Fourgous, 2012). De plus, son utilisation pédagogique demeure un défi pour l'ensemble des enseignants, et ce, tant au Québec, aux États-Unis qu'en Europe. (Endrizzi, 2012; Karsenti et Collin, 2011; Law, 2009; OECD, 2012). Malgré tout, il y a de nombreux enseignants innovateurs qui ont mis en place, dans leur milieu, des projets avec les TIC et, heureusement, plusieurs élèves en bénéficient grandement. Aussi, plusieurs autres enseignants explorent les technologies en classe avec plus ou moins de succès tandis que d'autres résistent pour différentes raisons. Pour l'enseignant de sciences, les TIC sont incontournables et offrent de nombreuses possibilités tant sur le plan des ressources que pour des activités pédagogiques telles des expérimentations ou des simulations. L'un des moyens simples pour intégrer les TIC dans un processus d'enseignement-apprentissage demeure un ENA, et ce dernier permet d'opérationnaliser plusieurs besoins.

Dans les institutions postsecondaires au Canada, en Europe ou aux États-Unis, l'accès à un environnement numérique d'apprentissage institutionnel est largement répandu (Burton et al., 2011; Weller, 2010). À notre connaissance, il n'y a pas de statistique sur cet accès, mais nous observons que celui-ci semble restreint pour les établissements des secteurs jeunes (primaire et secondaire), car nous constatons qu'il n'y a pas d'usage systématique des ENA.

Par contre, nous retrouvons la plupart du temps des portails, que l'on appelle également en France des « environnements numériques de travail » (ENT), dans les institutions d'enseignement primaire et secondaire. On y voit notamment des ressources et des fonctionnalités pédagogiques pour les enseignants et les élèves sans pour autant retrouver la flexibilité d'un environnement numérique d'apprentissage.

2.2 Contourner les obstacles qui freinent l'intégration des TIC

Tout enseignant qui veut intégrer les TIC en classe va rencontrer un jour ou l'autre des obstacles qui vont freiner leur utilisation pédagogique. La littérature scientifique est très abondante sur ce sujet. Après l'avoir parcourue, nous observons qu'il y a une constance entre les facteurs qui ont été identifiés dans les années 1980 et ceux des recherches plus récentes. Or, ces obstacles sont essentiellement les mêmes. Ainsi, dès 1990, Sheingold et Hadley ont relevé que l'accessibilité à la technologie ainsi que le manque de temps et de compétences TIC constituaient des freins importants à l'utilisation des TIC en classe. Ensuite, la British Educational Communication and Technology Agency (BECTA) a effectué en 2003 une revue de la littérature sur les barrières que les enseignants rencontrent lors de l'intégration des TIC en les classifiant en facteurs internes (manque de temps, manque de connaissance, manque de confiance, par des expériences négatives ou bien une résistance au changement) et facteurs externes (accessibilité, obsolescence et fiabilité du matériel, manque de soutien technique et administratif et manque de formation). Dans la métasynthèse de Hew et Brush (2007), plus de 123 obstacles ont été relevés, et la revue de littérature de Bingimlas (2009) conclut qu'il est pertinent d'intervenir simultanément sur des facteurs critiques tels que le manque de confiance, de compétence et d'accessibilité afin d'augmenter les probabilités d'une intégration réussie des TIC

À lui seul, l'enseignant ne peut intervenir efficacement sur l'ensemble des facteurs relevés dans la littérature scientifique. Avec la récurrence des mêmes obstacles à l'intégration des TIC en classe, il y a lieu de réfléchir et de mettre en place une stratégie pour contourner ces obstacles. En effet, les ENA bénéficient d'un potentiel intéressant pour intégrer les TIC à l'enseignement et l'apprentissage des élèves tout en évitant les accrocs. Par exemple, un enseignant est en mesure d'intégrer les TIC avec une forte valeur ajoutée tout en n'ayant, à la limite, aucun ordinateur en classe. Également, les usages peuvent être établis en fonction des compétences TIC détenues par l'enseignant. Considérant le fait que les activités sont facilement contrôlables puisqu'elles peuvent être essentiellement asynchrones, c'est-à-dire qui n'est pas en temps réel, cela lui permet de mieux s'approprier les aspects techniques. Ainsi, l'enseignant évite les impératifs techniques qu'il peut rencontrer, notamment lorsqu'il se retrouve devant ses élèves et que l'activité TIC qu'il a planifiée ne fonctionne pas. Or, considérant la récurrence des obstacles et le potentiel de l'ENA pour les enseignants, son usage est de plus en plus pertinent afin de soutenir le processus d'enseignement-apprentissage.

2.3 Pertinence d'un ENA chez les élèves

En 2009, une enquête du Centre facilitant la recherche et l'innovation dans les organisations (CEFRIO) auprès des jeunes de 12 à 24 ans a démontré que ces derniers sont de grands utilisateurs de technologie. En effet, chaque semaine, ils passent en moyenne dix-neuf heures sur Internet (CEFRIO, 2009). En contrepartie, l'enquête a aussi montré que l'ordinateur est sous-exploité par les enseignants et qu'un élève sur cinq est amené à utiliser un ordinateur pour des tâches académiques. Outre le fait que les enseignants rencontrent des obstacles, il est clair qu'ils sont peu présents sur le Web à planifier des activités pédagogiques. Vu le temps que les élèves passent sur Internet, il y a lieu de penser que

les enseignants pourraient facilement «utiliser» quelques heures sur cette moyenne de dix-neuf heures passées à naviguer sur le Web pour les amener à réaliser des activités pédagogiques.

Nous avons mentionné plus tôt qu'un ENA permet de contourner les obstacles en délocalisant les activités pédagogiques et l'accès aux ressources. Que fait-on pour les élèves qui n'ont pas accès à Internet? Ne va-t-on pas creuser le fossé de la fracture numérique? Selon l'enquête de Steeves (2014) réalisée auprès de plus de 5 000 élèves du primaire et du secondaire au Canada, 99 % ont accès à Internet à l'extérieur de l'école. Ces données récentes démontrent bien que les enseignants peuvent maintenant compter sur les accès Internet à l'extérieur des murs de l'école pour prévoir des activités pédagogiques avec un ENA. Or, il reste maintenant à l'enseignant à exploiter ce potentiel.

3. QUELQUES EXEMPLES

Il existe plusieurs possibilités pour les enseignants qui veulent soutenir le processus d'enseignement-apprentissage avec un environnement numérique d'apprentissage. En adéquation avec le contexte, les besoins de l'enseignant ou sa propre compétence TIC, la mise en œuvre d'un cours dans un environnement numérique d'apprentissage peut répondre à une grande variété d'usages. Dans le cadre de cet article, nous retenons trois exemples d'utilisation pédagogique d'un environnement d'apprentissage. Les deux premiers exemples sont des présentations d'usage potentiel, c'està-dire que l'enseignant peut diffuser des ressources et des activités d'apprentissage, et le deuxième présente des avantages à inverser sa classe avec un ENA. Le troisième exemple provient d'un projet ponctuel réalisé sur le terrain, où l'ENA a permis de soutenir une télécollaboration entre deux écoles éloignées.

3.1 Diffuser des ressources et des activités d'apprentissage

Le Web contient une multitude de ressources pédagogiques pour l'enseignement des sciences et de la technologie. Que ce soit pour une animation sur la circulation sanguine du cœur ou la création d'un circuit électrique virtuel, ces ressources sont facilement accessibles sur le Web. Dans un environnement numérique d'apprentissage, les enseignants peuvent déposer aisément les ressources qui ont été préalablement triées et validées. De plus, ces ressources utilisées en classe, qui ont notamment servi à modéliser un concept au tableau numérique interactif (TNI), sont également accessibles en tout temps aux élèves. Ainsi, ceux qui n'ont pas bien compris une notion, qui veulent réviser avant une évaluation ou qui ont simplement été absents, peuvent accéder à tout moment aux ressources rendues disponibles par l'enseignant.

En plus de permettre la diffusion de documents, les ENA permettent à l'enseignant de mettre en place des activités d'apprentissage. Ils comprennent tous les outils nécessaires pour réaliser des projets, ce qui laisse à l'enseignant une grande liberté pédagogique. Que ce soit par l'ajout en quelques clics d'un forum, d'un wiki ou bien d'exercices interactifs, ces outils sont accessibles pour soutenir les activités en classe. Finalement, l'enseignant peut scénariser des activités en classe ou les donner en devoir et utiliser l'ENA pour en effectuer la gestion. Par exemple, il peut facilement gérer les fichiers des travaux et effectuer des rétroactions efficaces en toute confidentialité; il s'agit d'une pratique largement répandue d'exploitation des ENA.

3.2 Flipper sa classe

Flipper sa classe, que nous appelons également la «classe inversée», consiste à inverser des activités pédagogiques habituellement réalisées en classe et à les effectuer hors des murs de la classe. Ainsi, au retour en groupe, les élèves peuvent, entre autres, partager

et expérimenter les notions apprises grâce à cette méthode (Bergmann et Sams, 2012). Enseignants de chimie, Bergmann et Sams inversent leurs classes en réalisant des capsules vidéo qu'ils rendent disponibles aux élèves, qui les visionnent avant le cours. L'objectif est d'optimiser le temps en classe pour les travaux pratiques, les travaux en équipe et les échanges. Il n'y a pas qu'avec les capsules vidéo qu'il est possible d'inverser sa classe. Toutes les ressources numériques disponibles sur le Web peuvent être utiles, comme des animations interactives, des simulateurs ou simplement des ressources que l'enseignant a déjà créées.

Il y a de nombreux outils Web qui permettent d'inverser sa classe. Plus particulièrement, un ENA peut avantageusement être utilisé pour opérationnaliser la classe inversée. Ainsi, il est facile pour l'enseignant de déposer les ressources pédagogiques dans l'ENA et d'en donner l'accès aux élèves le moment venu. De plus, les outils de traçabilité des ENA, c'est-à-dire la possibilité de consulter des rapports d'historiques, permettent aux enseignants de valider que les élèves ont consulté les ressources préalablement demandées et, par la suite, d'effectuer un suivi plus rigoureux en classe. L'usage d'un ENA permet de gérer et de diffuser les ressources de la classe inversée et, par le fait même, pourrait favoriser l'usage d'autres fonctionnalités pédagogiques telles, entre autres, une activité d'évaluation par les pairs, la coconstruction de connaissances dans un forum ou la création d'un glossaire collaboratif.

3.3 Télécollaborer avec une école éloignée

Les projets avec des écoles de différents pays sont très enrichissants pour les élèves. Le projet *Gounouy* est un très bon exemple pour illustrer comment un ENA peut être utile dans ce contexte. *Gounouy* signifie « grenouille » en créole. Ainsi, c'est sur cette thématique qu'une école de la Guadeloupe et une école du Québec ont télécollaboré pour étudier l'hylode et le ouaouaron. La première, une des plus petites espèces de grenouilles en Amérique, et la

seconde, la plus grande espèce de grenouille en Amérique du Nord, ont été étudiées. Un scénario pédagogique, qui comprenait des activités d'observation, de collecte de données et d'analyse, a permis aux différentes classes d'apprendre sur leur grenouille. Les productions des élèves ont été partagées dans l'ENA, et un module de vidéoconférence a permis d'échanger ce qu'ils avaient appris de leur grenouille respective. L'ENA est devenu un outil incontournable pour mettre en place un tel projet grâce aux outils pédagogiques qu'il contient, tels le forum de discussion, la salle de clavardage, et le partage de documents entre les écoles (voir figure 2). Cet espace commun a permis aux élèves et aux enseignants d'opérationnaliser un scénario pédagogique unique et de vivre une expérience d'apprentissage authentique en sciences (pour plus de détails, voir : http://blogues.csaffluents.qc.ca/recit/2014/04/23/apprentissage-des-sciences-en-contexte/).



Figure 2 : L'environnement numérique d'apprentissage du projet Gounouy

Le projet *Gounouy* montre la possibilité d'exploiter un scénario pédagogique entre deux écoles, et la mise en commun des productions des élèves permet une compréhension d'éléments contextuels authentiques (Forissier, Bourdeau, Mazabraud et Nkambou, 2013). Ainsi, l'enseignant peut opérationnaliser un scénario existant qui tient compte d'éléments contextuels du milieu

tels la faune, la flore ou bien le climat, tout en travaillant avec une école qui ne partage pas le même contexte. Les productions qui sont partagées peuvent alors être comparées pour mieux en saisir les différences. La flexibilité d'un ENA vient ainsi faciliter le déroulement du scénario, et l'exemple montre que les TIC possèdent une réelle valeur ajoutée, sans quoi un projet de la sorte n'aurait pu être réalisé.

Les exemples présentés précédemment ne sont pas restrictifs et les usages peuvent se chevaucher. L'enseignant peut facilement utiliser un ENA pour réaliser une activité spécifique de classe inversée, diffuser des ressources ou bien effectuer un projet particulier.

Conclusion

L'utilisation d'un environnement numérique d'apprentissage pour un enseignant de sciences et technologie constitue un moyen utile pour soutenir le processus d'enseignement-apprentissage. Sans compter que l'intégration des TIC dans un contexte d'enseignement des sciences est essentielle. La simulation ou l'expérimentation de concepts scientifiques avec les TIC permettent la réalisation, avec les élèves, d'activités pédagogiques qui, autrement, seraient impossibles à réaliser en classe. Que ce soit par des animations interactives d'un phénomène scientifique irréalisable ou bien par des expérimentations assistées par ordinateur, l'enseignant peut maintenant rendre à la disposition des élèves tous les outils TIC. Que l'on ait accès ou non à des ressources et fonctionnalités pédagogiques, cette adéquation n'est pas suffisante pour voir les enseignants et les élèves utiliser les TIC judicieusement.

Pour opérationnaliser efficacement le processus d'enseignementapprentissage et l'usage de tous les outils TIC qui sont accessibles aux enseignants, les environnements numériques d'apprentissage s'avèrent un moyen efficace pour mettre en place un espace numérique afin d'assister l'enseignant et ses élèves dans l'intégration des TIC. Flexibles, les ENA permettent également de décloisonner le cadre spatiotemporel de la classe en offrant de nouvelles modalités d'apprentissage. Ainsi, l'élève a accès aux ressources que l'enseignant a mises à sa disposition; il réalise des activités d'apprentissage et communique avec ses collègues et son enseignant hors des murs de la classe. Ces opportunités sont maintenant accessibles, peu importe les exigences diversifiées de l'enseignant, et un ENA répondra à ses besoins.

Enseignants de sciences, avez-vous essayé ceci?

Les environnements numériques d'apprentissage, notamment Moodle, sont de plus en plus accessibles dans la plupart des institutions d'enseignement. Demandez à votre conseiller pédagogique de vous aider dans la mise en place d'un espace et commencez par y déposer des ressources utiles en sciences pour vos élèves. Des élèves ne consultent pas votre cours en ligne? À partir du moment où l'enseignant a instauré des tâches académiques obligatoires dans un ENA, telles que la participation à un wiki collaboratif, à un forum, ou la remise d'une production, cet espace d'interaction pédagogique devient un incontournable pour les apprenants.

BIBLIOGRAPHIE

BECTA (2003). What the research says about barriers to the use ICT in teaching. (BECTA ICT research^e éd.).

BERGMANN, J., et SAMS, A. (2012). Flip your classroom: reach every student in every class every day, International Society for Technology in Education Eugene, OR.

BINGIMLAS, K. A. (2009). « Barriers to the successful integration of ICT in teaching and learning environments: a review of the literature », *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 5*(3), pp. 235-245.

BLACK, E., BECK, D., DAWSON, K., JINKS, S. et DIPIETRO, M. (2007). The Other Side of the LMS: Considering Implementation and Use in the Adoption of an LMS in Online and Blended Learning Environments, *TechTrends*, *51*(2), pp. 35-39.

BURTON, R., BORRUAT, S., CHARLIER, B., COLTICE, N., DESCHRYVER, N., DUCQ, F., VILLIOT-LECLERCQ, E., [...] HENRI, F. (2011). «Vers une typologie des dispositifs hybrides de formation en enseignement supérieur », *Distances et savoirs*, *9*(1), pp. 69-96.

CEFRIO (2009). Génération C. Les 12-24 ans - Moteurs de transformation des organisations, Rapport synthèse, Québec.

CONDIE, R. et MUNRO, R. K. (2007). The impact of ICT in schools-a landscape review, BECTA.

DAHLSTROM, E., WALKER, J. D., et DZIUBAN, C. (2013). *ECAR study of undergraduate students and information technology, 2013 (Research Report)*, Louisiana, CO: EDUCAUSE Center for Analysis and Research.

DEPOVER, C., KARSENTI, T., et KOMIS, V. (2007). *Enseigner avec les technologies : favoriser les apprentissages, développer des compétences*, Presses de l'Université du Québec, Sainte-Foy.

DE SMET, C., BOURGONJON, J., DE WEVER, B., SCHELLENS, T., et VALCKE, M. (2012). Researching instructional use and the technology acceptation of learning management systems by secondary school teachers, *Computers & Education*, *58*(2), pp. 688-696.

DESCHRYVER, N. et CHARLIER, B. (2012). Dispositifs hybrides. Nouvelles perspectives pour une pédagogie renouvelée de l'enseignement supérieur. Rapport final Hy-Sup, Bruxelles, Commission européenne.

DILLENBOURG, P. (2008). Integrating technologies into educational ecosystems, *Distance Education*, *29*(2), pp. 127-140.

ENDRIZZI L. (2012). «Les technologies numériques dans l'enseignement supérieur, entre défis et opportunités », *Dossier d'actualité Veille et Analyse*, n° 78.

SOUTENIR LE PROCESSUS D'ENSEIGNEMENT-APPRENTISSAGE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE AVEC UN ENVIRONNEMENT NUMÉRIQUE D'APPRENTISSAGE

FORISSIER, T., BOURDEAU, J., MAZABRAUD, Y., et NKAMBOU, R. (2013). « Modeling Context Effects in Science Learning: The CLASH Model », dans P. Brézillon, P. Blackburn et R. Dapoigny (dir.), *Modeling and Using Context* (pp. 330-335): Springer.

FOURGOUS, J.-M. (2012). «Apprendre autrement à l'ère numérique», Rapport de mission parlementaire. Repéré à http://www.missionfourgous-tice.fr/missionfourgous2/IMG/pdf/Rapport_Mission_Fourgous_2_V2.pdf.

HART, J. (2008). «Top 100 Tools for Learning 2008». Repéré à http://fr.slideshare. net/janehart/top-100-tools-for-learning2008-presentation.

HEW, K. F. et BRUSH, T. (2007). « Integrating technology into K-12 teaching and learning: Current knowledge gaps and recommendations for future research », *Educational Technology Research and Development*, *55*(3), pp. 223-252.

KARSENTI, T. et COLLIN, S. (2011). Avantages et défis inhérents à l'usage des ordinateurs au primaire et au secondaire : Enquête auprès de la Commission scolaire Eastern Townships, synthèse des principaux résultats, Montréal : CRIFPE.

LAW, N. (2009). Technology-Supported Pedagogical Innovations: The Challenge of Sustainability and Transferability in the Information Age Dans C. Ng et P. D. Renshaw (dir.), *Reforming Learning* (Vol. 5, pp. 319-343): Springer Netherlands.

OECD. (2012). Connected Minds: Technology and Today's Learners, Educational Research and Innovation, OECD Publishing. Repéré à http://dx.doi.org/10.1787/9789264111011-en.

PUGLIESE, L. (2012). « A Post-LMS World, Educause Review, New Horizons », 47(1).

TARDIF, M. et MUKAMURERA, J. (1999). «La pédagogie scolaire et les TIC : l'enseignement comme interactions, communication et pouvoirs », *Education et francophonie, XXVII, 2*, pp. 4-27.

STEEVES, V. (2014). *Jeunes Canadiens dans un monde branché. Phase III : la vie en ligne,* Habilos-Médias, Ottawa.

SHEINGOLD, K. et HADLEY, M. (1990). *Accomplished Teachers: Integrating Computers into Classroom Practice*, New York: Center of technology for education.

WELLER, M. (2010). « The centralisation dilemma in educational IT », *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments (IJVPLE)*, 1(1), pp. 1-9.

WRIGHT, C. R., LOPES, V., MONTGOMERIE, C., T., REJU, S., et SCHMOLLER, S. (2014). « Selecting a Learning Management System: Advice from an Academic Perspective », *EDUCAUSE Review online*. Repéré à http://www.educause.edu/ero/article/selecting-learning-management-system-advice-academic-perspective.

PLACE DE LA SIMULATION NUMÉRIQUE DANS LA FORMATION DES FUTURS PROFESSEURS DE PHYSIQUE DU SECONDAIRE

Daniel Beaufils + 2013

Université Paris-Sud 11

RÉSUMÉ

Dans le cadre d'un master enseignement formant de futurs professeurs de physique-chimie de l'enseignement secondaire français, un module Tice a été construit autour de l'utilisation de logiciels de simulation à visée pédagogique. Les objectifs vont au-delà de la simple maîtrise de ces logiciels et visent une réflexion sur les activités pédagogiques. Ce module a globalement suscité un intérêt chez les étudiants, les conduisant à interroger leurs propres connaissances, à progresser dans la compréhension de certains modèles de la physique et à se construire des représentations mentales plus efficientes.

INTRODUCTION

Dans le cadre d'un master enseignement (formant de futurs professeurs de physique-chimie de l'enseignement secondaire français) mis en place à la faculté des sciences de l'université Paris-Sud 11 (Orsay), un module dit «Tice» a été consacré à l'utilisation de logiciels de simulation dans l'enseignement de physique et chimie.

Ce module, inscrit dans le cadre de la formation professionnelle, donne lieu à des Ects¹¹.

Il vient ainsi en complémentarité avec les utilisations dites de «l'ordinateur outil de laboratoire» centrées sur l'acquisition de mesures par interface et leurs traitements par méthodes numériques qui, elles, entrent dans le cadre de la formation disciplinaire scientifique.

Ce choix a été fait, d'une part, en fonction des objectifs que nous présentons ci-après et, d'autre part, en liaison avec les programmes de physique et chimie du secondaire français qui ont mis l'accent, précisément, sur l'utilisation de la simulation numérique.

Enfin, il contribue à l'acquisition de compétences entrant dans la certification C2i2-e (Certificat informatique et Internet, niveau 2, spécialité enseignement) en principe exigible pour de futurs enseignants.

1. Organisation et objectifs

1.1. Organisation

Un ensemble de six séances (en salle informatique, un étudiant par ordinateur) permettent d'aborder l'utilisation de six logiciels différents, illustrant les possibilités d'utilisations pédagogiques de la simulation numérique dans plusieurs domaines de la physique et de la chimie. Selon les années, on a ainsi abordé la mécanique, l'optique, l'électricité, la cinétique chimique et les dosages. Deux enseignants (un de physique, moi-même, et un de chimie) se sont réparti les séances.

Les logiciels (voir liste en annexe) sont choisis en fonction de leurs qualités pédagogiques (logiciels adaptés à une utilisation dans le cadre des programmes du collège et du lycée), et soit pour leur caractère gratuit (aisément téléchargeables et installables

^{11.} European Credits Transfer System.

ou exécutables¹² sur ordinateur PC), soit, s'ils sont payants, pour leur usage répandu ou le fait qu'ils ont été reconnus d'intérêt pédagogique par l'inspection générale de l'Éducation nationale (logiciels RIP).

Chaque séance se déroule sur la base d'exercices simples de physique ou de chimie permettant, après une première présentation vidéo, de progresser dans la maîtrise des outils et de l'ergonomie du logiciel (voir extrait en annexe).

L'évaluation des étudiants, au titre de ce module, repose sur la production d'une activité par l'élève à l'aide d'un des logiciels étudiés (choix libre). Les étudiants doivent élaborer une activité s'inscrivant explicitement dans un niveau d'enseignement donné et **justifiant l'utilisation de la simulation**. Ce travail contribue alors à la validation d'une compétence nécessaire à la certification C2i2-e, en principe exigible pour de futurs enseignants.

1.2 Objectifs

Les objectifs de la formation sont multiples :

- Faire découvrir aux étudiants, à travers quelques logiciels, l'existence de la simulation numérique et son utilisation dans l'enseignement secondaire;
- Leur permettre d'acquérir un premier niveau de maîtrise de ces logiciels;
- Les faire réfléchir sur les activités que l'on peut proposer aux élèves du secondaire et sur ce que cela représente en termes d'objectifs pédagogiques, d'organisation et d'évaluation;
- Les amener à utiliser ce type de logiciel pour eux-mêmes : aide à la compréhension de certains modèles de physique ou de chimie par l'expérimentation sur modèle (possibilité de faire varier différents paramètres, d'obtenir des résultats quantitatifs sans passer par l'écriture de relations

^{12.} Certaines appliquettes exécutables en ligne peuvent également convenir.

- mathématiques théoriques); aide à la représentation mentale des phénomènes et des modèles;
- Les faire réfléchir aux compétences «informatiques» requises chez les élèves (entrant dans l'acquisition du B2i (brevet informatique et Internet).

Tout ceci vient en «application» de questions didactiques abordées dans un module de didactique faisant référence à différents travaux de recherche (Beaufils et al., 2003, 2004) :

- Place de la simulation comme expérimentation sur modèle, en complémentarité avec les activités expérimentales;
- Analyse de la qualité scientifique des logiciels et des informations données à ce titre;
- Analyse critique de la qualité ergonomique des logiciels, notamment en ce qui concerne l'utilisation (souvent problématique) des registres sémiotiques : schémas, tableaux de valeurs numériques, courbes «expérimentales», et leurs mises en correspondance.

Quant aux aspects «informatiques», c'est-à-dire les méthodes de calcul permettant la simulation (notamment le traitement numérique des équations différentielles), la formation est assurée dans le cadre d'un module spécifique consacré aux méthodes numériques.

2. ÉVALUATION DE L'ENSEIGNEMENT

Dans le cadre de l'évaluation des enseignements organisée sous forme de questionnaires (anonymes), quelques questions sont posées aux étudiants sur l'intérêt de ce module et l'organisation.

Globalement, c'est une satisfaction, liée à la découverte de quasiment tous les étudiants de ce type de logiciel et de l'utilisation de l'ordinateur à des fins pédagogiques.

Nombreux sont ceux qui reconnaissent que la manipulation de ces logiciels pour l'expérimentation sur modèle les a aidés à comprendre la physique (ou la chimie) sous-jacente.

Plusieurs étudiants ont adopté certains de ces logiciels pour leur propre usage comme outil de schématisation pour la production de documents pédagogiques.

Selon les années, l'enthousiasme a été plus ou moins grand : si les étudiants ont tantôt cherché à approfondir l'utilisation de ces logiciels, voire à découvrir d'autres logiciels équivalents, ils sont aussi, à d'autres moments, restés à la «surface» de la simulation, se contentant d'un objectif de manipulation technique au travers des exercices proposés.

En ce qui concerne l'examen final, l'organisation repose sur deux étapes : la production d'un premier document (fiche professeur et fiche élève) décrivant l'activité envisagée avec le logiciel choisi et une séance de travail spécifique en salle informatique avec les enseignants; l'objectif est que les enseignants fournissent un premier retour portant sur la définition des objectifs pédagogiques et sur la bonne intégration de l'utilisation de la simulation dans l'activité élèves envisagée.

L'examen final repose alors, la semaine suivante, sur la présentation vidéo de l'activité élaborée et sur la remise de la rédaction finale des documents professeur et élèves.

À ce niveau, le travail a toujours été mené à son terme et la production pédagogique considérée comme satisfaisante (et donc validation de l'item C2i2-e correspondant).

La séance de travail préparatoire à l'examen, éventuellement les échanges par courriels entre enseignants et étudiants sur leur propre sujet, a été généralement intéressante, tant pour les étudiants que pour les enseignants : dans de nombreux cas, en effet, les idées des étudiants les conduisaient d'abord à une activité restant très traditionnelle, c'est-à-dire très proche des exercices papier-crayon que l'on trouve dans les manuels scolaires. Les potentialités de la simulation, notamment l'expérimentation sur

modèle, ne sont pas exploitées; l'idée de construire un modèle de lunette astronomique, par exemple, et d'explorer par la manipulation le comportement des faisceaux lumineux en fonction de l'angle d'incidence, la «découverte» de l'existence d'un lieu particulier en sortie de l'instrument (le cercle oculaire) et la possibilité d'en «mesurer» le diamètre, n'est pas immédiate. Ils ont tendance, sur cet exemple, à rester sur des questions traditionnelles supposant la connaissance théorique et visant «à vérifier» que pour un angle donné, le grossissement est bien lié au rapport des focales.

3. CONCLUSION ET PERSPECTIVES D'AVENIR

Le morcèlement des approches de l'utilisation des Tice dans différents modules (module Tice-simulation, module de physique expérimentale, méthodes numériques, didactique) apparaît avec le recul comme problématique.

Bien que s'adressant à des étudiants de master professionnel, force est de constater que ceux-ci ont tendance à rester dans une posture très scolaire et à cloisonner les différents modules, de sorte que tous les liens entre les différents enseignements et les regards croisés et complémentaires que cela permet de faire restent, pour certains, inaccessibles.

L'avenir passe probablement par la conception d'un « grand » module Tice intégrant explicitement les diverses approches et regroupant donc les différents modules ou parties de modules actuellement séparés.

Ce changement est, pour l'instant, une simple perspective du fait de la restructuration de la formation des enseignants lancée par le ministère de l'Éducation nationale dans le cadre de la refondation de l'école.

Enseignants de sciences, avez-vous essayé ceci?

Manipuler des modèles, et faire expérimenter sur modèles vos élèves, grâce à la simulation sur ordinateur pour l'acquisition de représentations mentales et une meilleure compréhension des phénomènes.

BIBLIOGRAPHIE

BEAUFILS D. et RICHOUX B. (2003). «Un schéma théorique pour situer les activités avec des logiciels de simulation dans l'enseignement de la physique», *Didaskalia*, n° 23, pp. 9-38.

BEAUFILS D., RAMAGE M.-J., et BENEY M. (2004). «Objets graphiques manipulables et enseignement de la physique : analyse d'appliquettes », *Actes du colloque TICE2004*, pp. 384-390.

BEAUFILS D. et RAMAGE M.-J. (2004). «Simulation informatique et enseignement de la physique : regards didactiques», *Bulletin de l'union des physiciens*, n° 866, pp. 1081-1090.

BEAUFILS D. *Tice*, Vitrine eportfolio: http://eduportfolio.org/40337/Tice.

DidaScO. Laboratoire de didactique des sciences d'Orsay, http://www.didasco.u-psud.fr/.

MEN. Le C2i® niveau 2 «enseignant». Disponible sur Internet : http://www.c2i. education.fr/spip.php?article216 (consulté le 23/03/2013).

MEN. Produits RIP (Reconnus d'intérêt pédagogique) en physique chimie. Disponible sur Internet : http://eduscol.education.fr/site.physique-chimie/ressources/rip.

MEN. Brevet informatique et Internet. Disponible sur Internet : http://eduscol.education.fr/numerique/textes/reglementaires/competences/b2i.

MEN. Présentation des écoles supérieures du professorat et de l'éducation (ÉSPÉ). Disponible sur Internet : http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid66509/presentation-des-ecoles-superieures-du-professorat-et-de-l-education-e.s.p.e.html.

MEN. « De la simulation... dans/pour l'enseignement de la physique », in *Accompagnement des programmes, Terminale scientifique* (2002), p. 63. Disponible sur Internet : http://www2.cndp.fr/archivage/valid/38815/38815-5719-5536.pdf.

LISTE DES LOGICIELS UTILISÉS

- Optgéo: http://jeanmarie.biansan.free.fr/optgeo.html
- **Atelier l'optique**: http://www.uel.education.fr/consultation/reference/physique/optigeo/simuler/atelier.htm
- **Interactive Physique**: http://interactivephysics.design-simulation.com/IP/index.php
- **Slove-Elec**: http://www.physicsbox.com/appfiles/solveelec25frsetup.exe
- **Dynamic**: Téléchargement: http://dynamicfreeware.free.fr/
- Dozzzaqueux : http://jeanmarie.biansan.free.fr/ dozzzaqueux.html
- Cinéwin : http://www.jymagna.com/

Annexe 1 : Exemple de fiche activité

Mécanique 1

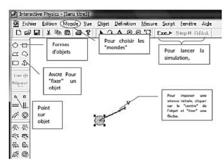
Mécanique du point matériel

0. Interactive physique (MSC Software - Biolab/Phylab)

Le logiciel INTERACTIVE PHYSIQUE (version française de INTERACTIV PHYSICS, distribué par Biolab/Phylab (Paris)) permet la simulation de mouvements et systèmes complexes. Il permet notamment l'étude de mouvements d'objets assimilables à des points matériels sous l'action de différentes forces et d'obtenir différentes représentations (trace des mouvements, vecteurs, tableaux de mesures, graphes).

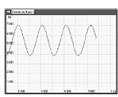
La base des calculs est le traitement numérique des équations différentielles de la mécanique.

Ce logiciel n'est pas gratuit, mais a reçu le label RIP (reconnu d'intérêt pédagogique) par l'inspection générale de l'éducation nationale.



Outil MESURE : permet d'obtenir différents modes de représentation (pour passe de l'un à l'autre, cliquer sur la flèche) :





Informations: http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/00/30/02/HTML/actsimul/ip/accueil.htm

Site officiel: http://interactivephysics.design-simulation.com/IP/index.php

Biolab: http://www.biolab.fr//catalogue.html

Un site académique : http://www.pedagogie.ac-

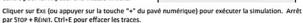
nantes.fr/1169302789890/0/fiche ressourcepedagogique/&RH=1309459107744

1. Deuxième loi de Newton

Mouvement sous l'action d'aucune force

Dans l'option Monde, sélectionner GRAVITATION/AUCUNE.

Créer un petit objet circulaire, et cliquer sur le centre pour lui imposer une vitesse initiale.



Sélectionner l'objet et dans MONDE, sélectionner TRACES > TOUTES LES 4 VUES. Lancer l'exécution.

Sélectionner de nouveau l'objet et dans DÉFINITION, sélectionner VECTEUR > VITESSE. Lancer l'exécution.

Effet d'une force constante

Dans Monde, sélectionner CHAMP DE FORCE et définir une force constante en donnant par exemple la valeur 1 à Fx (force horizontale). Relancer la simulation.



D'accord

Modifier la force et/ou la masse (double-cliquer sur l'objet pour avoir ses propriétés) et vérifier qualitativement le bon fonctionnement de la 2° loi de Newton. (On examinera notamment les cas $\vec{v}_0 / / \vec{F}, \vec{v}_0 \perp \vec{F}$).

2. Chutes dans le champ de pesanteur

Mouvement de chute libre verticale

Créer une nouvelle simulation en spécifiant CHAMP/GRAVITATION>VERTICALE (Terre). (Supprimer de champ de force précédent).

Créer un objet sphérique (sélectionner dans Propriétés). Positionner l'objet sans lui imposer de vitesse initiale et lancer la simulation.

Représenter Vy (sélectionner l'objet et cliquer sur MESURES/VITESSES > ORDONNÉE).

Modifier la masse et comparer les résultats.

Mouvement de chute avec frottement

Ajouter une force de frottement fluide (MONDE/RÉSISTANCE DE L'AIR > FAIBLE avec k = 1 par exemple). Observer la vitesse limite. Vérifier que la vitesse limite dépend de la masse (pour une taille donnée) et du rayon pour une masse donnée (le rayon qui apparaît en bas de l'écran lorsque l'objet est sélectionné).

On pourra également visualiser les forces (pesanteur et frottement) au cours du mouvement.

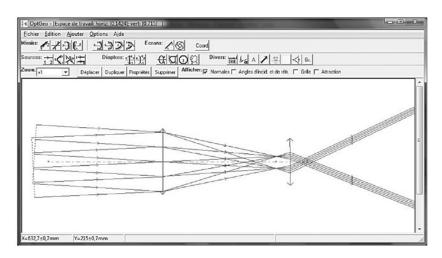
Mouvement parabolique dans le champ de pesanteur

Supprimer le freinage de l'air et obtenir un mouvement parabolique en imposant une vitesse initiale oblique vers le haut. Sélectionner l'objet pour spécifier la mesure de l'énergie cinétique de translation et l'énergie potentielle gravitationnelle.

Rajouter un frottement de l'air notable : observer l'effet sur la trajectoire, sur la vitesse, sur les échanges énergétiques.

Sélectionner l'objet et cliquer sur l'outil ASPECT (dans menu FENÈTRE) : décocher TRACE DU CONTOUR et cocher TRACE DU CENTRE D'INERTIE + REUER LES TRACES, Ré exécuter la simulation.

Annexe 2: Exemple de la lunette astronomique



Modélisation d'une lunette avec Optgéo : le cercle oculaire

Un wiki pour des expériences de physique en master enseignement

Daniel Beaufils + 2013

Université Paris-Sud 11

RÉSUMÉ

Dans le cadre d'un master enseignement formant de futurs professeurs de physique-chimie de l'enseignement secondaire français, un projet de construction collaborative d'une base de données concernant le matériel de physique disponible au master, et les expériences que l'on peut faire avec, a été intégré aux modules de travaux pratiques. L'article présente le projet lui-même, son état d'avancement, et les difficultés rencontrées dans la mise en place de cette innovation, tant du côté des étudiants qui ne sont pas habitués à un tel travail non uniquement scolaire que de celui des collègues enseignants qui ne s'impliquent pas.

INTRODUCTION

Dans le cadre d'un master enseignement (formant de futurs professeurs de physique-chimie de l'enseignement secondaire français) instauré à la faculté des sciences de l'université Paris-Sud 11 (Orsay), j'ai mis en place un projet de construction collaborative d'une base de données concernant les expériences de physique qui a été intégré aux modules d'enseignement de travaux pratiques. Le support informatique pour cette base de données est un wiki (Médiawiki ©) installé sur un serveur de la faculté des sciences. Le

projet est intitulé *wikicapes*, en référence au concours du CAPES (certificat d'aptitude au professorat du second degré)¹³.

Le but du projet est de réaliser une base de données constamment à jour de tout le matériel disponible dans les salles de travaux pratiques de physique du master (instruments, dispositifs didactiques, matériels informatiques)¹⁴ et de constituer progressivement un recueil de comptes rendus d'expériences de physique réalisables avec ce matériel. L'ensemble des informations est accessible à tous les étudiants du master ainsi qu'aux enseignants qui interviennent dans les modules expérimentaux.

S'agissant d'un projet spécifique, tant par sa forme que par son contenu, seuls les étudiants de ce master ont accès à cette base de données : étudiants en cours de formation (première et deuxième année), mais également anciens étudiants devenus enseignants dont les comptes d'utilisateur sont conservés.

La mise en place d'un tel projet ne se fait pas sans difficulté. Dans la suite de cet article, après avoir présenté l'organisation du travail demandé aux étudiants et l'état des lieux actuel du *wikicapes*, nous analyserons les difficultés rencontrées, tant du côté des étudiants que de celui des collègues enseignants.

1. Travail demandé aux étudiants et objectifs de formation

1.1. Travail demandé aux étudiants

Le travail demandé aux étudiants s'inscrit dans le cadre de trois modules de physique expérimentale (fondés chacun sur une dizaine de séances de travaux pratiques) et contribue à leur évaluation et à l'attribution des Ects¹⁵ correspondants en vue de l'attribution du diplôme final.

- 13. Concours de recrutement à l'Éducation nationale en France.
- 14. Matériel utilisé dans les collèges et lycées où les étudiants iront enseigner ensuite.
- 15. European Credits Transfer System.

Plus précisément, selon les années, il a été demandé aux étudiants de rédiger une ou plusieurs fiches « matériel » (fiches descriptives d'un dispositif, incluant les éléments de base des modes d'emploi) ou une ou plusieurs fiches « expérience » donnant le compte rendu détaillé d'une expérience réalisée avec ledit matériel, choisies dans une liste correspondant aux expériences faites lors des travaux pratiques.

Le principe de « fonctionnement » s'appuie sur l'interaction, par le wiki lui-même, entre étudiants, et entre étudiants et enseignants. Le travail collaboratif repose en effet d'une part sur l'idée d'une rédaction progressive par chaque étudiant de la fiche qu'il a choisie et le suivi de cette rédaction par un enseignant qui peut faire des remarques (sur la forme comme sur le contenu rédactionnel et scientifique) en vue de l'amélioration de la fiche. Il repose d'autre part sur la contribution de chaque étudiant à l'amélioration d'une fiche déjà existante (rédigée antérieurement par un autre étudiant) ou à la discussion sur les fiches en cours de rédaction par leurs camarades. Ces échanges passent par l'utilisation des onglets « discussions » qui accompagnent automatiquement chaque fiche créée (onglet « discussion » de la fiche personnelle du contributeur et onglet « discussion » des fiches de physique).

Enfin, il est demandé à chaque étudiant de renseigner sa page personnelle (intégrée au wiki), en y incluant les liens vers les fiches auxquelles il a contribué.

1.2. Objectifs de formation

Du point de vue des objectifs de formation, ce projet en vise plusieurs :

- L'acquisition de connaissances relatives aux instruments et à leurs utilisations;
- L'acquisition d'un savoir-faire relatif à la rédaction de comptes rendus d'expériences;
- La capacité à tenir compte de remarques et à reprendre un travail commencé pour l'améliorer;

- La formation à l'utilisation d'un environnement informatique collaboratif;
- Le développement de l'esprit collaboratif dans la production de documents pédagogiques.

Ces objectifs sont directement liés aux compétences professionnelles attendues de futurs professeurs de physique-chimie qui auront à maîtriser les dispositifs scientifiques et didactiques qu'ils rencontreront dans leur futur établissement d'enseignement, et devront être capables de réaliser des expériences avec ce matériel, mais qui devront aussi savoir rédiger à l'attention de leurs élèves des modes d'emploi ou des fiches-protocole de travaux pratiques. De même, accepter de prendre en compte les remarques et suggestions de la part d'autrui, et de concevoir qu'un document est toujours perfectible, fait partie des attitudes essentielles d'un enseignant.

Enfin, la maîtrise d'un environnement informatique de type CMS, qu'il soit local à un établissement ou ouvert sur le Web, est devenue une nécessité. Cette compétence vient d'ailleurs s'inscrire dans la liste des compétences du C2i2-e (Certificat informatique et Internet, niveau 2, spécialité enseignement) en principe exigibles pour de futurs enseignants. Parmi les compétences ainsi visées, figurent également des items relatifs à la nétiquette, en particulier aux règles d'utilisation des images (citation des sources, images libres de droit ou non, etc.) qui interviennent dans le projet.

1.3. Du côté de l'évaluation

Comme précisé auparavant, cette activité est inscrite dans le cadre de modules de physique expérimentale entrant dans la formation du master. Ceci implique une évaluation notée du travail des étudiants, note qui est donnée au titre d'un « contrôle continu » et qui intervient dans la note finale (avec une note d'examen, par exemple).

Selon les niveaux de formation et selon que ce travail est comptabilisé ou non pour la certification C2i2-e, les items de notation sont ajustés. Ci-dessous, un exemple de tableau d'évaluation donné aux étudiants pour les informer explicitement du travail attendu.

Tableau 1 : Item de validation du travail sur le <i>wikicapes</i>				
Page personnelle utilisateur renseignée avec liens vers contributions	1 pt			
Rédaction d'une fiche « expérience » avec utilisation du modèle de fiche avec liens vers fiches « matériel »	4 pt			
Prise en compte des remarques mises dans les pages de discussion	2 pt			
Contribution à la finalisation d'une fiche existante	1 pt			
Insertion de photographies du matériel/de l'expérience avec fichiers à la bonne résolution et mention de l'origine	1 pt			
Insertion de dessins/schémas/tableaux	1 pt			

2. FONCTIONNEMENT ACTUEL DU WIKICAPES

Ce projet mis en place pour la rentrée 2010 a aujourd'hui une forme que l'on peut considérer comme stabilisée. Cette année, différents polycopiés de travaux pratiques de physique comportent ainsi des hyperliens vers les fiches « matériel » disponibles.

2.1. Structure

La page d'accueil du site (figure 1) donne accès principalement à deux sommaires : l'un consacré aux instruments et dispositifs, l'autre consacré aux expériences. Chacun des sommaires est découpé en domaines : mécanique, électricité, optique, informatique, etc.

Chaque fiche est structurée selon un modèle que les étudiants doivent suivre, dans lequel il est demandé de présenter, pour une fiche « expérience », par exemple (figure 2) :

- la liste du matériel utilisé, avec les hyperliens vers les fiches correspondantes;
- le protocole expérimental, avec schéma et photographie du montage réalisé;
- les résultats expérimentaux : observations ou résultats de mesures incluant la prise en compte des incertitudes, sous forme de tableaux, de graphiques, de copies d'écran d'oscilloscope numérique ou de logiciel d'acquisitionmodélisation;
- une information de structure permettant la gestion des différentes « catégories » de fiches (matériel/expérience, domaine) ainsi que des mots-clés permettant la recherche.

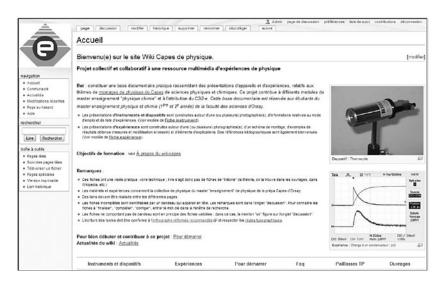


Figure 1: Page d'accueil du wikicapes

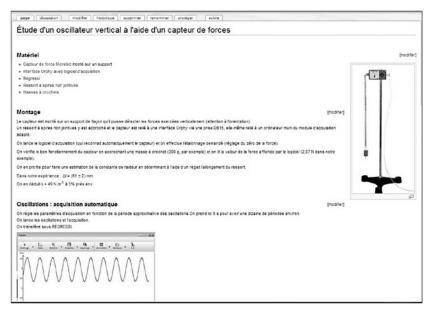


Figure 2 : Extrait d'une page « expérience »

Pour aider les étudiants, des fiches-modèles et leur mode d'emploi sont accessibles depuis la page d'accueil, ainsi qu'une page d'aide détaillée concernant certaines spécificités de base du «langage wiki» et une FAQ régulièrement enrichie.

2.2. État actuel

À l'heure où nous écrivons cet article, quatre-vingt-seize utilisateurs sont enregistrés, dont trente-neuf étudiants actuels du master. Le site a fait l'objet de plus de 73 000 visites et 13 000 modifications depuis sa création en juin 2010.

Le *wikicapes* offre 793 pages de contenu (ce qui correspond à près de 3 000 pages lorsqu'on inclut les pages de discussion, les historiques, etc.), utilisant environ 1 400 fichiers téléversés (schémas, photographies, courbes, tableaux).

La collection de matériel de physique expérimentale a donc été pratiquement entièrement référencée, et les fiches « matériel » sont quasiment toutes rédigées.

2.3. La tâche du coordonnateur et des enseignants

Le fonctionnement de principe repose sur un suivi « temps réel » des rédactions des étudiants : lecture de leurs productions et réactions. Du point de vue technique, l'enseignant peut paramétrer le suivi automatique des fiches qui le concernent : le système envoie alors un courriel automatique indiquant toute modification. Il est également possible de faire un suivi « manuel » en consultant régulièrement la rubrique « modifications récentes ».

L'intervention de l'enseignant peut consister en de simples remarques de forme, mais évidemment aussi en des critiques de fond sur la qualité scientifique. Il est important de noter ici que chaque rédaction est automatiquement « publiée », c'est-à-dire mise en ligne et consultable par tout étudiant (inscrit). Il faut donc une vigilance de base de la part de l'enseignant pour qu'aucune

fiche ne présente d'erreur ou d'insuffisance, sans que ces dernières soient mentionnées explicitement. Ceci diffère profondément de la remise d'un devoir papier traditionnel qui reste « confidentiel » et qui, de fait, est correct ou non, mais sans conséquence (hormis la note donnée à l'étudiant). De ce fait, soit l'étudiant qui a rédigé a pu corriger sa fiche, soit une mention est ajoutée en tête de fiche, du type « cette fiche mérite d'être améliorée » ou « cette fiche contient des erreurs - pour en savoir plus, consulter l'onglet discussion ».

3. Premiers éléments d'analyse et conclusion

Après plusieurs années de fonctionnement, un bilan peut s'envisager, mettant en avant en particulier les difficultés d'intégration de ce type d'activité innovante dans un cursus par ailleurs très traditionnel.

3.1. Un premier retour des étudiants

Dans le cadre de l'évaluation des enseignements, des questionnaires (anonymes) ont été distribués aux étudiants en fin d'année, dans lesquels figurent quelques questions fermées relatives à cette activité spécifique du type :

- Vous avez consulté le wikicapes en préparant vos TP : jamais / parfois / pour chaque TP
- La rédaction d'une fiche wiki est : une perte de temps / moyennement intéressant / enrichissant
- Le travail ainsi demandé vous a paru : léger / adapté / trop important

Et une question ouverte leur proposant d'ajouter des précisions ou des commentaires libres.

Il n'est pas possible de faire des statistiques sur les réponses obtenues, d'une part parce que tous les étudiants ne répondent pas et, d'autre part, parce que les conditions et les tâches demandées ont différé d'une année à l'autre.

On peut cependant faire les constats suivants :

- Très peu d'étudiants ont consulté régulièrement le wikicapes pour préparer leurs TP; un seul dit l'avoir fait. Mais il faut relativiser cette réponse, car il semble bien, par ailleurs, que les étudiants ne préparaient pas tous leurs séances de travaux pratiques...
- Si, pour certains étudiants, le travail a été considéré comme une perte de temps, chaque année, un certain nombre d'étudiants ont déclaré avoir trouvé le travail enrichissant.
- Le travail a été considéré comme trop important par des étudiants d'une promotion; la rédaction de trois fiches (matériel ou expérience) avait été demandée, ce qui a paru trop lourd; cette année, une seule fiche « expérience » – bien détaillée – a été demandée aux étudiants.
- Parmi les commentaires libres : «Le wiki est une idée intéressante en soi, mais d'une part la présentation est assez austère, d'autre part, cela demande du temps pour une utilité à notre échelle tout à fait discutable.» «C'est une bonne idée de mettre en commun nos expériences, et le matériel à notre disposition. Cependant, remplir ces fiches n'est pas mon activité favorite cette année.» «Il est vrai que pour moi, ce n'était pas vraiment utile, mais je pense que cela peut l'être pour une future préparation du CAPES. Ce n'est pas tant la quantité de travail demandée qui est trop importante, mais le fait que nous devions rédiger la fiche au fur et à mesure.»

3.2. Difficultés constatées chez les étudiants

En dehors de ce retour d'évaluation, le suivi des étudiants permet de constater qu'ils rencontrent, de fait, de nombreuses difficultés.

L'une d'elles, bien que mineure, vient du fait que les étudiants n'ont pas – en dépit de formations prévues au cours de la licence – les compétences « informatiques » requises : celle d'utilisation d'un CMS, mais aussi celles relatives à la gestion des illustrations; la plupart ne savent pas créer des schémas à l'aide de logiciels ni gérer les photographies qu'ils prennent avec leurs appareils (appareil photographique ou smartphone): les fichiers sont téléversés sans aucun traitement, en particulier avec une résolution (et donc un poids de fichier) beaucoup trop grande, bien que les indications utiles figurent dans le mode d'emploi du wiki. Il y a pourtant très souvent nécessité de recadrer la photographie, d'améliorer le contraste et de redimensionner en vue de l'affichage sur écran. Dans un ordre d'idée voisin, on constate également le téléversement de fichiers multiples (dont certains sont alors inutilisés) et la multiplication des « publications » de fiches, sauvegardes intermédiaires pour des petites modifications successives, ce qui entraîne la multiplication des pages dans la base de données, puisque l'historique de chaque page y est conservé.

L'autre constat surprenant est la difficulté pour nombre d'étudiants à bien rédiger ce qui est attendu, à savoir le compte rendu détaillé d'une expérience qu'ils ont réalisée. Dans de trop nombreux cas, les rédactions sont celles d'une fiche de travail décrivant le protocole à suivre, rédigée parfois à la manière d'un texte de consignes, et où sont absents les résultats expérimentaux ou les analyses des résultats obtenus. Dans d'autres cas, la tendance est à la rédaction d'une fiche « théorique », explications et formules à l'appui, où les résultats expérimentaux obtenus font également défaut. Enfin, certaines rédactions ressemblent à une démarche d'enseignement qui est certes intéressante pour de futurs enseignants, mais ne correspond pas à ce qui est demandé.

Plus problématique est la question de la gestion du travail par les étudiants eux-mêmes. Bien que les informations aient été données tant oralement que par écrit (courriels, fichiers mis à disposition sur leur environnement informatique de travail), notamment sur le fait qu'il s'agit de travailler progressivement pour bénéficier des remarques de l'enseignant, les étudiants attendent, pour la plupart, la date limite de remise du travail fixée par la fin du module et par

l'évaluation finale. Il y a également ceux qui rédigent rapidement, mais ne retournent pas lire les commentaires. Plus globalement, la dimension « travail collaboratif » n'est absolument pas perçue par la majorité des étudiants, qui restent dans une attitude extrêmement scolaire.

On peut s'étonner de la part d'étudiants en master à visée professionnelle de cette incapacité à gérer leur propre travail, mais il faut avoir à l'idée que la « remise d'un travail à une date donnée » 16 est le format (pour ne pas dire le formatage) qu'ils ont subi toute leur scolarité, y compris à l'université, et qu'ils suivent encore dans le cadre du master dans les autres modules. L'intérêt de ce travail collaboratif en ce qui a trait à la relecture de ses propres fiches et de celles des autres contributeurs, sert pourtant d'apprentissage au travail d'amélioration, passant par la relativisation de ses propres écrits, et donc par un retour réflexif (autocorrection, prise de recul) fondamental pour un futur enseignant. Ils sont manifestement dans une logique de validation de modules et non pas dans celle d'une acquisition de connaissances personnelles et de contribution à un projet collectif.

Cette attitude peut s'expliquer pour les étudiants de deuxième année qui sont dans une perspective de concours, hélas, les symptômes sont également présents en première année. Force est de constater que l'idée même qu'un premier travail puisse faire l'objet d'une première «évaluation» et conduire à une amélioration avant la remise finale, en d'autres termes, la possibilité d'une évaluation formative avant la sommative, n'est pas présente dans la tête des futurs enseignants.

À cela vient s'ajouter un comportement assez étonnant de la part d'étudiants de master. Le fait que la contribution au wiki n'intervienne qu'en partie dans l'« évaluation » (au titre du contrôle continu) semble conduire certains étudiants à bâcler cet aspect, voire à ne pas le considérer du tout!

16. Travail bien fait ou non, la note le dira ensuite.

3.3. Difficultés des enseignants

Du côté des enseignants, la situation n'est, hélas, guère plus positive.

Bien que les enseignants chargés des travaux pratiques aient été évidemment inscrits sur le site et informés de ce travail demandé aux étudiants, très peu ont cherché à en savoir plus ou à renseigner leur propre fiche-utilisateur. Pratiquement aucun n'a contribué au suivi des fiches rédigées par les étudiants (ou par moi-même).

La dimension collaborative était pourtant escomptée à ce niveau : la rédaction des fiches «matériel», notamment, pouvait bénéficier de l'apport de chaque enseignant à même de compléter les premières informations insérées à la création des fiches. De même, était espéré que le suivi des rédactions des étudiants puisse être «partagé» entre les enseignants. Cet état de fait provient en partie de l'absence de sollicitation explicite de ma part, mais, très clairement, l'enseignement est perçu comme «auxiliaire» par certains enseignants-chercheurs – avant tout chercheurs.

Par ailleurs, la dimension « évaluation formative » des activités des étudiants n'entre pas dans les habitudes/traditions des enseignants du supérieur, qui restent sur une position d'évaluation purement sommative... On aura compris que, de fait, le seul enseignant qui a suivi les productions des étudiants et qui a contribué au recensement du matériel de physique du master est le créateur-coordonnateur du wikicapes.

Pire, certains enseignants critiquent ouvertement ce travail demandé aux étudiants, affirmant son inutilité et préférant la production de comptes rendus papier qui, une fois notés (bons ou mauvais), finissent probablement dans un tiroir; production stérile, s'il en est.

3.4. La (lourde) tâche du coordonnateur

Pour terminer, quelques mots sur la tâche du coordonnateur, administrateur, enseignant qui est la mienne, tâche plutôt lourde et difficile à estimer au démarrage d'un tel projet.

D'une part, il s'agit du travail initial d'installation et de conception du site, en particulier la mise en place des différentes aides et ressources (fiches-modèles, mode d'emploi, FAQ).

Ensuite, c'est la gestion, chaque année, des comptes utilisateur (création des comptes et envoi des informations individuelles aux étudiants), l'indication du travail demandé et l'organisation des fiches attribuées à chaque étudiant.

Le travail régulier qui s'ensuit est le suivi et l'évaluation formative (puis sommative) des rédactions, la structuration progressive du wiki en fonction de la création des fiches, la réponse aux questions posées par les étudiants, le rappel du travail attendu, le nettoyage des fichiers inutiles, etc. Bref, un travail qui repose sur une vigilance et une disponibilité constantes en période de production des étudiants.

L'ensemble repose donc sur un investissement très important qui n'est que partiellement pris en compte dans le service statutaire (il n'est pris en compte qu'au titre du contrôle continu).

3.5. L'avenir

L'avenir, c'est-à-dire la pérennité de ce projet, est lui-même problématique.

On a compris qu'une pérennité devant s'appuyer sur l'implication d'autres collègues est d'emblée en point d'interrogation. Mais à ceci vient s'ajouter les « réformes des réformes » imposées par notre ministère de l'Éducation nationale et de l'enseignement supérieur : après la création des masters conduisant au concours du professorat en deuxième année, la mise en place d'Écoles supérieures du professorat et de l'éducation (ÉSPÉ) s'accompagne

dès la prochaine rentrée d'une modification de la place du concours, donc de l'organisation complète du master. À ceci, il faut ajouter le fait que la certification C2i2-e évoquée précédemment a vu sa place et son exigibilité varier d'une année à l'autre, voire durant une même année universitaire!¹⁷

Dans le cadre du nouveau master, ma proposition est de créer un gros module Tice dans lequel figurerait cette activité. C'est un renversement de point de vue : au lieu d'intégrer les Tice dans des modules de physique, il s'agirait d'intégrer des activités de physique dans un module Tice (englobant par ailleurs d'autres éléments de formations sur les méthodes numériques, la simulation, etc.). Cette proposition vient du constat évoqué précédemment concernant l'impossibilité pour les étudiants à se dégager de la modalité traditionnelle de l'évaluation des modules disciplinaires, ceux-ci ne voyant donc pas tous les aspects formateurs du versant professionnel lié à l'utilisation des Tice.

ENSEIGNANTS DE SCIENCES, AVEZ-VOUS ESSAYÉ CECI?

Utiliser un projet collaboratif pour introduire l'évaluation formative et développer les capacités et attitudes propres à une gestion personnelle et interpersonnelle du travail.

^{17.} Actuellement, ce certificat n'est plus exigé pour la validation du concours de physique-chimie.

WEBOGRAPHIE

Anonyme. «Travail collaboratif: utiliser un wiki», disponible sur Internet: http://www.travail-collaboratif.info/?ArticleWiki.fr (consulté le 23/03/2013).

Anonyme. «Le Wiki: Outil de travail collaboratif», disponible sur Internet: www.abrest.net/IMG/formationwiki_2_.ppt (consulté le 23/03/2013).

BEAUFILS D. «Illustrations complémentaires du wikicapes» : https://www.diigo.com/user/dbeaufils/Wikicapes?type=image.

BEAUFILS D. Tice, Vitrine eportfolio: http://eduportfolio.org/40337/Tice.

BOEN (2011). Référentiel national du certificat informatique et Internet de l'enseignement supérieur de niveau 2 « enseignant ». Annexe 1, p. 8, disponible sur Internet : http://www.c2i.education.fr/IMG/pdf/BO_5_03022011_Arrete14122010_Referentiel. pdf (consulté le 23/03/2013).

BOEN (2013). Programmes des concours du second degré des sessions 2014 et 2013, disponible sur Internet : http://www.education.gouv.fr/cid58356/programmes-desconcours-de-la-session-2013.html#Session_2013 (consulté le 23/03/2013).

DidaScO. Laboratoire de didactique des sciences d'Orsay, http://www.didasco.u-psud.fr/.

MEN. Le C2i® niveau 2 « enseignant », disponible sur Internet : http://www.c2i.education.fr/spip.php?article216 (consulté le 23/03/2013).

MEN. Présentation des écoles supérieures du professorat et de l'éducation (ÉSPÉ), disponible sur Internet : http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid66509/presentation-des-ecoles-superieures-du-professorat-et-de-l-education-e.s.p.e.html.

Enseigner l'informatique par le codage et la robotique pédagogique!

Hugo G. Lapierre
Université du Ouébec à Montréal

Frédéric Fournier Université du Québec à Montréal

RÉSUMÉ

L'école a entre autres comme objectif de permettre aux apprenants d'obtenir une meilleure compréhension et une meilleure maîtrise de leur environnement. Cet environnement comprend non seulement les phénomènes naturels, les codes sociaux, les textes et les différents modes de représentation mathématiques, mais aussi, et de plus en plus, des dispositifs technologiques. La question devient alors : au même titre que la littératie et la numératie, le codage devrait-il lui aussi faire partie des savoirs fondamentaux qu'il faut enseigner à nos élèves?

INTRODUCTION

Selon l'International Society for Technology in Education (ISTE) (2015), afin d'évoluer au sein de l'âge de l'information, il est certes nécessaire pour tout citoyen de savoir comment utiliser les technologies de l'information et de la communication (TIC), mais surtout de savoir où et quand les utiliser afin d'être réellement en mesure de contribuer à la résolution de problématiques complexes. L'ISTE fait l'hypothèse que l'adoption d'une pensée computationnelle

(traduction libre de computational thinking) dans la formation scolaire des élèves leur fournirait un avantage considérable pour leur développement et leur survie dans l'univers numérique. Postulée par Seymour Papert en 1996, la pensée computationnelle peut être définie comme le processus réflexif qui concerne la formulation de problèmes et de leurs solutions de manière à ce que leur résolution puisse se faire à travers un traitement systématique de l'information. De par cette définition générale, on pourrait donc s'attendre à ce que la pensée computationnelle permette aux élèves d'être plus efficaces, non seulement dans leur utilisation des technologies, mais aussi en matière de performance scolaire liée à d'autres disciplines. Récemment, et conformément à ces aspirations, certains gouvernements, tels que ceux du Royaume-Uni et de la Colombie-Britannique, ont rendu obligatoire l'apprentissage de la programmation pour tous les élèves qui évoluent au sein de leur cursus scolaire. Cet apprentissage débute très tôt, de sorte que même des élèves de cinq ans peuvent en profiter (Brown et Coll., 2014).

Ainsi, nous nous attarderons dans ce chapitre à ce regain d'intérêt envers la programmation : nous commencerons par décrire l'historique de l'introduction de l'informatique au sein de l'école québécoise, pour ensuite nous intéresser aux bénéfices liés à l'apprentissage de la programmation, à son utilisation dans le cadre de la robotique pédagogique et aux difficultés qu'elle impose aux apprenants. Nous conclurons sur quelques technologies récentes facilitant son apprentissage.

L'INTÉGRATION DE L'INFORMATIQUE EN ÉDUCATION : DE L'ORDINATEUR ASSISTANT À L'ORDINATEUR MULTITÂCHE

Même si le système éducatif, et plus largement la société, reconnaissent l'importance de l'apprentissage de l'informatique, son intégration et sa place dans les curriculums scolaires ont grandement fluctué au fil des années, notamment en fonction des possibilités

technologiques et pédagogiques offertes par les ordinateurs; par exemple, il existait au Québec un cours spécifique au secondaire dédié à l'enseignement de l'informatique dès les années 1980. Ainsi, les premiers ordinateurs ont pu faire leur apparition dans les salles de classe québécoises, et ce, malgré leurs maigres performances et une convivialité d'utilisation quasi inexistante des logiciels dès le début des années 1970. Quelques enseignants et chercheurs ont rapidement perçu le potentiel pédagogique que l'ordinateur pouvait offrir. L'arrivée de l'informatique dans les écoles ne s'est cependant pas faite aisément, car elle apportait son lot de défis : il a fallu, en l'espace de deux décennies, définir les contenus à enseigner, former les enseignants, trouver les espaces physiques et les financements, intégrer l'informatique dans le système éducatif et se heurter à la réticence de bon nombre d'acteurs, dont certains remettaient en cause la pertinence de ce qu'ils appelaient alors parfois la « béquille bureautique» ou encore «l'ordinateur poubelle», objet dont la finalité était méconnue et qui pouvait servir à tout.

À ce moment, l'utilisation de l'ordinateur a surtout connu ses débuts grâce à des activités assistées par ordinateur dans le cadre, notamment, de l'enseignement des mathématiques. L'objectif était alors de motiver les étudiants et de comprendre les mathématiques en développant leur raisonnement. L'introduction à un langage de programmation permettait ainsi de démystifier l'ordinateur, de développer la créativité et de stimuler l'initiative dans le cadre d'une démarche de projet. Parallèlement, par le dynamisme et l'initiative de certains enseignants, des clubs informatiques ont vu le jour, surtout dans le cadre d'activités parascolaires. Facilité par l'arrivée des ordinateurs personnels et introduit dans le curriculum du secondaire en 1984, notamment par un cours d'introduction à la science informatique, l'avènement de l'informatique prenait appui sur le Plan de développement de la micro-informatique scolaire. L'ordinateur étant perçu comme le nouveau «stylo électronique », les cours d'informatique mettaient ainsi l'accent sur les méthodes et les concepts liés à l'ordinateur dans le cadre d'activités pédagogiques.

L'objectif était alors de développer prioritairement des compétences de résolution de problèmes et non spécifiquement les techniques d'utilisation même d'une machine.

Toutefois, le Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ), implanté en 2006, a distribué la responsabilité de cette éducation à toutes les matières scolaires en faisant de l'informatique une « compétence transversale », lançant les défis de son intégration avec les autres matières et avec la formation des enseignants. Cette intégration de la technologie dans le parcours scolaire des élèves est maintenant transversale. Actuellement, l'initiation aux TIC durant le primaire passe essentiellement par l'apprentissage de fonctions de base (recherche simple et exploitation de l'information, communication par le courriel, etc.). Au premier cycle du secondaire, une plus grande place est laissée à la conception et à la recherche de documents. Les élèves sont également amenés à développer des stratégies pour construire leur savoir, mais aussi pour interagir, collaborer et résoudre des problèmes. Durant le deuxième cycle du secondaire, une utilisation et une réflexion plus accrues sont apportées, en particulier dans l'utilisation des outils technologiques à leur disposition.

Même si une intégration transversale des TIC peut facilement s'expliquer par sa nature multidisciplinaire, elle pose le problème de son intégration par les enseignants. Ainsi, les obstacles rapportés par les enseignants (Villeneuve, Stockless sous presse) sont les mêmes depuis les années 1980, à savoir le manque de temps de formation, l'accessibilité du matériel et des locaux engendrant une utilisation adéquate et une formation peu encadrée dans les salles de classe. Nous jugeons que l'intégration des TIC dans l'enseignement ne va pas de soi. En effet, comme plusieurs études l'ont déjà souligné, une technologie elle-même ne peut pas améliorer automatiquement, seulement par son utilisation, la qualité de l'enseignement ou de l'apprentissage; cette utilisation doit être « orchestrée » (Trouche, 2005) ou « apprivoisée » (Charlier et Péraya, 2002) par une approche pédagogique appropriée. Pédagogie et didactique sont souvent

à la remorque des technologies, ce qui engendre une utilisation opportuniste de ces outils et pratiques; un placage plutôt qu'une réelle réflexion.

Apports liés à l'apprentissage de la programmation

Il existe depuis quelques années un regain d'intérêt dans le milieu scolaire pour les activités de codage et de robotique éducative, à tel point que certains pays les ont (ré)intégrées dans les programmes scolaires officiels. Il peut paraître un peu surprenant de parler de « réintégration », mais, comme nous l'avons vu, ce type d'activité était déjà privilégié durant les années 1980 lors de l'arrivée de la micro-informatique dans les écoles. Cependant, force est de constater qu'au fil des années, les activités de programmation ont dû laisser leur place à d'autres usages.

Ainsi, deux raisons expliquent cette renaissance à l'égard de l'intégration de l'apprentissage de la programmation au cursus scolaire: l'importance du codage pour le marché du travail actuel, mais aussi les résultats de recherche ayant montré les apports cognitifs positifs de la pensée computationnelle pour l'apprenant, spécifiquement en matière de résolution de problèmes.

L'apprentissage et la pratique de la programmation permettent, selon Brown et coll. (2014), l'adoption de la pensée computationnelle. La pensée computationnelle entraîne des procédés cognitifs qui impliquent la conception de systèmes complexes en fonction de concepts fondamentaux du domaine de l'informatique, toujours dans le but de résoudre des problématiques de toutes sortes (Wing, 2006). Elle nécessite le traitement systématique, logique et efficace de l'information afin de réaliser des tâches; un traitement semblable au fonctionnement d'un ordinateur, d'où le terme « pensée computationnelle ». Ce traitement mobilise à la fois des compétences et des connaissances antérieures en plus d'en créer de nouvelles lors du processus. Le développement de la pensée computationnelle implique de considérer un problème et de le

décomposer en étapes simples. Chacune de ces étapes est par la suite traitée le plus efficacement possible. L'apprenant doit enfin identifier un problème lié à une situation spécifique afin de le généraliser à d'autres situations. Ainsi, la pensée computationnelle, à travers son souci de systématicité, aurait un impact positif sur la résolution de problèmes (Wing, 2006). Cette dernière est considérée selon Kalayci (2001) comme étant une compétence essentielle au jeune citoyen afin qu'il puisse adéquatement s'adapter à la société et qu'il développe une certaine indépendance.

L'idée que la pensée computationnelle apporte des bénéfices notables aux apprenants n'est pas nouvelle : dès 1960, Perlis (1966) argumentait qu'il était profitable aux étudiants universitaires en sciences humaines de savoir programmer et d'être en mesure de réfléchir «comme un ordinateur» afin de résoudre des problématiques. Toutefois, il nous apparaît important de soulever que, bien que les assises théoriques en faveur de cette idée ne soient pas récentes, les apports bénéfiques pour l'apprenant n'ont pas encore été validés et documentés par l'intermédiaire de recherches empiriques rigoureuses.

En plus du développement de la pensée computationnelle, la génération actuelle d'enfants doit aussi bénéficier d'une alphabétisation technologique, c'est-à-dire la capacité de lire et d'écrire en code informatique, afin d'assurer une compétitivité sur le marché du travail (Avsec et Jamšek, 2016). Ainsi, l'un des avantages évidents que confère l'apprentissage de la programmation dès un jeune âge se trouve dans les domaines économique et social. En effet, le savoir technologique, en particulier dans le secteur des hautes technologies, stimule depuis plus de vingt ans une grande partie de la croissance économique de l'Amérique et un nombre toujours croissant d'emplois qui nécessitent une compréhension approfondie des technologies (Rausch, 1998). Les travailleurs étant technologiquement alphabétisés sont également plus susceptibles que ceux qui ne le sont pas de posséder les compétences nécessaires afin de (sur) vivre à l'ère de l'information dans une société mondiale,

comme le propose Nelson (2009). Par conséquent, les travailleurs sensibles aux sciences informatiques seraient : susceptibles de pouvoir identifier et résoudre des problèmes plus aisément, car l'étude de la technologie met l'accent sur la pensée systémique; comprendraient mieux les interrelations complexes; et pourraient être en mesure de résoudre des problèmes techniques lorsque nécessaire, puisqu'ils auraient appris les questions à se poser et surtout l'ordre dans lesquelles les poser afin d'émettre des diagnostics précis (Nelson, 2009; Ornelas-Marques et Marques, 2012).

Enfin, les employeurs de plusieurs secteurs exigent des travailleurs une combinaison de connaissances factuelles et conceptuelles en plus d'une compréhension technique approfondie des opportunités/possibilités qu'offrent les récentes technologies. Ainsi, dans ce contexte, les travailleurs sensibles à la programmation possèdent un avantage concurrentiel sur le marché du travail et pourraient être plus susceptibles d'attirer des emplois mieux rémunérés et adaptés à leurs intérêts personnels.

DIFFICULTÉS DANS L'APPRENTISSAGE DE LA PROGRAMMATION

Bien que ses apports positifs, tant pour l'apprenant que pour la société, soient connus, l'apprentissage de la programmation demeure un réel défi. En effet, à travers les années, les éducateurs se sont confrontés à plusieurs difficultés dans le processus d'enseignement du codage aux élèves, et ce, pour différentes raisons.

D'abord, les langages de programmation traditionnels ne sont pas adaptés au niveau scolaire des jeunes élèves, puisque ceuxci utilisent un langage dont la syntaxe est éloignée du langage naturel. Les élèves ne possèdent donc pas les connaissances antérieures afin de comprendre le fonctionnement logique de la programmation. Cette dernière peut devenir alors intimidante, hermétique et peu accessible, décourageant à la fois l'apprenant et l'éducateur. Aussi, l'apprentissage de la programmation demeure un défi pour de jeunes apprenants puisqu'il nécessite une certaine

capacité d'abstraction afin d'entrevoir la finalité d'un programme; le programmeur novice est habituellement limité à la surface d'un programme, puisqu'il le prend ligne par ligne plutôt que de l'imaginer et de le considérer, dès le départ, comme un ensemble structuré. Les rétroactions offertes par les logiciels de programmation traditionnels sont également limitées et peu ancrées dans la réalité physique du jeune apprenant. Enfin, il est difficile pour l'éducateur de contextualiser les premiers apprentissages en programmation avec les langages traditionnels, ce qui engendre chez l'apprenant l'impression que la programmation est une discipline qui n'a pas de retombées précieuses dans son quotidien.

Heureusement, depuis l'introduction de l'ordinateur au sein de l'école, l'apprentissage de la programmation s'est vu facilité par l'élaboration de langages et de logiciels de programmation à visées éducatives.

LE LANGAGE DE PROGRAMMATION LOGO

Le nom du premier langage de programmation éducatif, le Logo, apparu à la fin des années 1960, n'est pas anodin. Il dérive en effet de *lógos* désignant en grec « la parole, le discours ». Le Logo est un langage informatique déclaratif dont la forme, proche du langage naturel, permet de limiter les difficultés couramment associées à la syntaxe et le rend, de ce fait, plus accessible.

Se basant sur les travaux de Piaget et de Simon en intelligence artificielle, le Logo, développé il y a quarante ans au Massachusetts Institute of Technology (MIT) par Seymourt Papert et Marvin Minski, n'est pas qu'un simple langage de programmation, mais s'inscrit dans un projet socioconstructiviste plus large. L'idée de base est d'engager les apprenants dans des activités « main à la pâte » de programmation, les amenant à structurer leurs connaissances en manipulant la représentation iconique d'une tortue. L'ordinateur devient alors un outil cognitif pouvant soutenir le développement de la pensée logique de leurs utilisateurs. Dans cette démarche,

les élèves ont accès, pour s'aider, à une interface graphique dans laquelle apparaît en contiguïté, dans l'espace de programmation, un triangle de quelques pixels représentant une tortue (figure 1). Les utilisateurs peuvent alors communiquer avec elle et la faire se déplacer sur l'écran grâce à quelques lignes composées de commandes telles que AV30 (avance de trente pixels) ou TG90 (tourne à gauche de quatre-vingt-dix degrés). La réalisation d'un programme informatique amène ses utilisateurs à générer des structures séquentielles, des branchements conditionnels, des itérations et de la récursivité. Ainsi, réaliser une forme géométrique telle qu'un carré amenait les élèves à répéter quatre fois les commandes AV30 et TG90 (avance de trente pixels, tourne à gauche de quatre-vingt-dix pixels). L'ajout d'une variable «largeur» permet de créer des carrés de différentes grandeurs et d'intégrer d'autres notions computationnelles, comme la boucle et la définition de variables.

Même si, à première vue, ce langage semble très limitatif, d'autres fonctionnalités se sont ajoutées et, au fil des années, l'environnement d'apprentissage Logo a bénéficié des développements de l'informatique, ce qui permit d'intégrer et d'enrichir des fonctionnalités liées au multimédia (lecture de fichier audio et vidéo), mais aussi du web (UCBLogo, MicroWorlds Logo). Il n'en demeure pas moins que l'esprit de la programmation y était déjà en entier dès ses débuts.

De nombreuses recherches, en particulier en psychologie, en mathématiques et plus largement en éducation, essentiellement menées durant les années 1990, ont pu démontrer l'impact positif de ce langage, surtout sur la résolution de problème, le développement d'opérations logico-mathématiques et la pensée procédurale.

Plus récemment, toujours au MIT, des chercheurs ont développé un logiciel, nommé Scratch, dans le cadre d'un projet de recherche visant à accroître les compétences technologiques des enfants dans la société actuelle. Scratch utilise son propre langage de programmation graphique où l'apprenant clique et glisse des icônes visuelles représentant des opérations et des fonctions informatiques, telles que des boucles, des expressions booléennes, des conditions et des variables, afin de générer du code informatique visuel. Cet environnement élimine les erreurs de syntaxe et augmente l'accessibilité de la programmation aux jeunes apprenants. De plus, le logiciel est muni d'une fenêtre de simulation qui permet une rétroaction visuelle immédiate sur le code généré en plus de le contextualiser en illustrant la finalité de ce code. Scratch est complété par un réseau social qui permet la collaboration et le partage des projets réalisés.

Les élèves peuvent créer des histoires, des jeux, de la musique, des animations et bien plus encore : Scratch aide les élèves à réfléchir de manière créative, systématique et à travailler en collaboration, qui sont justement les compétences essentielles requises pour le vingt et unième siècle (Ornelas-Marques et Marques, 2012). Le logiciel est gratuit, téléchargeable en ligne ou directement utilisable sur le web.

ALLER PLUS LOIN AVEC LA ROBOTIQUE ÉDUCATIVE

L'introduction de l'apprentissage de la programmation à des fins éducatives a rapidement débouché sur l'utilisation de la robotique éducative (RE) afin de rendre encore plus signifiantes les activités de programmation. Le robot est alors une extension de l'écran, le rendant plus sensoriel et assurant ainsi la contiguïté entre le réel et l'abstrait. Dans ce contexte, l'élève est capable de développer et de contrôler un micromonde grâce à des objets robotisés possédant des capteurs et des effecteurs, ce qui rend tangible la programmation : la robotique pédagogique met la table à la réalisation d'approches constructivistes et est, par définition, une activité multidisciplinaire où l'ordinateur est perçu et utilisé comme un outil pédagogique permettant de créer et de contrôler des objets d'une grande variété. De par sa versatilité, les activités intégratrices en RE ont le mérite de pouvoir se transposer dans un grand nombre

de contextes scolaires : au préscolaire, les enfants seront amenés, par exemple, à contrôler des jouets programmables, alors que des étudiants ingénieurs iront jusqu'à la conception et la création de robots reprenant des fonctionnalités industrielles. Au fil des années, la robotique éducative s'est aussi largement développée comme activité parascolaire avec les concours de robots.

Dans le cadre plus spécifique de l'enseignement des sciences et de la technologie, elle offre une occasion unique de créer des liens entre la démarche scientifique et la démarche technologique, de développer chez ses utilisateurs des stratégies cognitives dans un cadre de résolution de problème (Gaudiello et Zibetti, 2013) en permettant à l'apprenant d'appréhender les phénomènes d'une manière plus sensorielle et plus globale : les capteurs (contacts mécaniques, mesures de vitesse de rotation, de distance, de température et de luminosité) offrent des informations venant du monde extérieur, et les effecteurs (moteurs, pompes, résistances chauffantes, etc.) permettent d'agir ou de contrôler un milieu. La robotique éducative permet aussi d'établir des ponts entre le réel et la représentation de phénomènes, que ce soit sur les plans graphique ou mathématiques, et de rendre plus signifiant le passage du concret à l'abstrait, puisqu'elle devient une lunette cognitive (Nonnon, 2002).

À titre d'exemple, l'objet robotisé peut prendre la forme d'une mini-serre dans laquelle la température, la ventilation et le taux d'humidité sont contrôlés. Parallèlement, la croissance des plantes peut aussi être filmée, les taux d'oxygène ou de dioxyde de carbone mesurés, rendant compte de la croissance des plantes et permettant de mettre en évidence les phénomènes scientifiques de photosynthèse et d'effet de serre. L'élève peut alors déterminer les paramètres optimaux permettant à la plante de croître dans ce milieu contrôlé à l'aide du kit robotique.

Comme nous avons pu le voir, ce type de projet présente un réel potentiel multidisciplinaire, car il associe à la fois les technologies de l'information, la technologie (conception technologique de la serre, contrôle de procédés), la science et les mathématiques, en plus de possiblement établir des ponts avec d'autres disciplines, telles que les arts (un autre exemple pourrait être la création d'un bras mécanique jouant de la guitare). Aussi, la diversité et le niveau de difficulté des projets menés en robotique éducative peuvent être adaptés à un public très varié. Enfin, la RE, par ses affinités avec l'ingénierie, permet aisément la modélisation de phénomènes physiques : il est simple de reproduire, par exemple, des vagues dans un aquarium, et d'observer leur impact sur l'érosion des berges en contrôlant la vitesse d'un moteur qui déplace un volume d'eau constant. Un capteur de pression permettra de mesurer le niveau de l'eau, rendant ainsi compte de l'érosion.

En ce qui concerne la recherche, l'utilisation de la RE a montré des bénéfices importants, en particulier en ce qui a trait au développement des compétences relatives à des notions en technologie et en mathématiques, ainsi qu'au développement de stratégies de résolution de problème lorsqu'utilisées comme support à une pédagogie de projet (Gaudiello et Zlbetti, 2013).

CONCLUSION

Il est important de garder en tête les finalités pédagogiques derrière l'utilisation de ces technologies afin d'éviter une dérive technocrate ou purement ludique. En effet, ces récentes technologies accessibles et intuitives, telles que Scratch et EV3, ont été développées afin de mieux catalyser et démythifier les sciences de l'informatique, et non simplement pour se familiariser avec leur utilisation. À ce titre, l'initiative de certains gouvernements visant la réintégration d'un cours disciplinaire qui aborde spécifiquement les sciences de l'informatique au sein de leur curriculum au primaire et au secondaire nous apparaît comme étant indispensable à l'école moderne afin de qualifier technologiquement les citoyens puisque, tout comme le faisait ressortir Berry et coll. (2015), on ne peut acquérir une culture du numérique sans ouvrir et comprendre

la boîte noire que constituent les technologies. L'utilisation de la robotique pédagogique offre à ce titre une opportunité de créer des ponts avec les autres matières scolaires. À quand la réintégration de cette précieuse discipline dans les cursus scolaires?

Enseignants de sciences, avez-vous essayé ceci?

L'introduction de la programmation dans le cadre de l'enseignement des sciences et de la technologie peut se faire à de nombreux niveaux. Une façon qui peut être privilégiée vient de la modélisation de phénomènes physiques telle que l'étude trajectoire d'une balle en chute libre. Des variables, comme la force de gravité et la résistance de l'air, peuvent être ajoutées, permettant d'explorer d'autres notions de programmation contextualisées par la science. Pour l'enseignant novice en programmation, nous conseillons de débuter en utilisant Scratch, un logiciel gratuit

servant à la fois de langage de programmation intuitif et de logiciel de simulation. Qui plus est, plusieurs exemples de simulations de



balle en chute libre déjà programmées en utilisant Scratch peuvent être trouvés sur le web, en plus d'avoir accès à la programmation derrière ces simulations existantes. De nombreux exemples peuvent être trouvés par une recherche sur un moteur de recherche avec les mots-clics «Scratch», «simulation» et «ball».

Références:

AVSEC, S. et JAMSEK, J. (2016). « Technological literacy for students aged 6-18: A new method for holistic measuring of knowledge, capabilities, critical thinking and decision-making », *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), p. 43.

BERRY, D. M., CITTON, Y., et Masure, A. (2015). «Subjectivités computationnelles», *Multitudes*, (2), pp. 196-205.

BROWN, Neil C.C., SENTANCE, Sue, CRICK, Tom, et HUMPHREYS, Simon (2014). Restart: The Resurgence of Computer Science in UK Schools, 14 (2), 9:1-9:22.

CHARLIER, B. et PÉRAYA D. (2002). *Technologie et Innovation en pédagogie : Dispositifs Innovants de Formation pour l'enseignement Supérieur, Bruxelles, De Boeck.*

GAUDIELLO, I. et ZIBETTI, E. (2013). «La robotique éducationnelle : état des lieux et perspectives », *Psychologie française*, *58*(1), pp. 17-40.

DOWEK, G. (2011). «Les quatre concepts de l'informatique», in Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) en milieu éducatif. Analyse de pratique set enjeux didactiques (pp. 21-30), Actes du colloque international Didapro 4 – Dida&STIC (Université de Patras, Grèce, 24-26 octobre 2011), sous la direction de Georges-Louis BARON, Éric BRUILLARD, Vassilis KOMIS, Athènes, New Technologies Editions, 2011.

ISTE (2015). «CT Leadership toolkit», available at http://www.iste.org/docs/ct-documents/ct-leadershipt-toolkit.pdf?sfvrsn=4.

KALAYCI, N. (2001). «Sosyal Bilgilerde Problem Çözme ve Uygulamalar» [Problem solving and applications in social science], Ankara, Gazi pub.

Ministère de l'Éducation du Québec (2006). *Programme de formation de l'école québecoise*, Québec, Gouvernement du Québec.

NELSON, J. (2009). «Celebrating Scratch in libraries: creation software helps young people develop 21st-century literacy skills.», *School Library Journal*, pp. 20-21.

NIVAT, M. (2011). «Une très vieille science, l'informatique», in Sciences et techniques de l'information et de la communication (Stic) en milieu éducatif. Analyse de pratiques et enjeux didactiques, (pp. 33-48), Actes du colloque international Didapro 4 – Dida&STIC (Université de Patras, Grèce, 24-26 octobre 2011), sous la direction de Georges-Louis BARON, Éric BRUILLARD, Vassilis KOMIS, Athènes, New Technologies Editions, 2011.

NONNON, P. (2002). Robotique pédagogique et formation de base en science et technologie. *Aster, 2002, 34, «Sciences, techniques et pratiques professionnelles »*.

ORNELAS Marques F., et MARQUES, M.T. (2012). «No problem? No research, little learning... big problem! », *Systemics, Cybernetics and Informatics*, 10(3), pp. 60-62.

PERLIS, A. J. (1966, January). «The synthesis of algorithmic systems », in *Proceedings* of the 1966 21st national conference, (pp. 1-6), ACM.

RAUSCH, L. M. (1998). « High-tech industries drive global economic activity », *Issue Brief*, Washington, DC, Division of Science Resources Studies, National Science Foundation.

TROUCHE L. (2005). «Construction et conduite des instruments dans des apprentissages mathématiques : Nécessité des orchestrations», *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 25, n° 1, pp. 91-138, 2005.

WING, J. M. (2006). « Computational Thinking », *Communications of the ACM*, 49, 3 (2006), pp. 33-35.

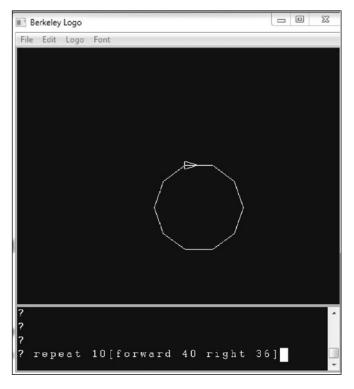


Figure 1 : Exemple de programmation Logo avec l'application de Berkeley

Au fil des années, l'accroissement des performances des ordinateurs, leur facilité d'utilisation, l'arrivée du multimédia, la mise en réseau par intranet, puis la convergence de l'informatique et des télécommunications qui ont engendré les TIC ainsi que le web 2.0 ont constitué des bonds technologiques importants ayant permis d'augmenter significativement la fonctionnalité et le potentiel pédagogique de ces outils. La rapidité avec laquelle ces technologies évoluent nous amène cependant à nous questionner de nouveau sur la manière dont elles doivent être intégrées à l'enseignement : la présence d'un ordinateur dans une salle de classe ne suffit pas à garantir une valeur ajoutée aux activités d'enseignement et peut même se révéler dans certains cas contre-productive (OCDE 2015). En effet, pourquoi «s'embarrasser» d'un ordinateur alors qu'une activité impliquant peu de matériel peut parfois être tout aussi bénéfique pour l'apprenant? D'ailleurs, les résultats provenant de nombreuses recherches portant sur l'impact des TIC en éducation ont été, au fil des ans, teintés d'un certain optimisme naïf et ont dévoilé des conclusions mitigées montrant l'importance de relativiser leurs bénéfices. En effet, même si personne ne remet en cause leur flexibilité et leur polyvalence, les TIC ne sont plus forcément perçues comme une panacée, mais plutôt comme un outil qui, pour être pertinent, doit être utilisé sous certaines conditions.

