



**RDST**

Recherches en didactique des sciences et des technologies

**6 | 2012**

**TIC et apprentissage des sciences : promesses et usages**

---

## TIC et apprentissage des sciences : promesses et usages. Introduction

Éric Bruillard, Vassilis Komis et Thérèse Laferrière

---



**Édition électronique**

URL : <http://rdst.revues.org/80>  
ISSN : 2271-5649

**Éditeur**

ENS Éditions

**Édition imprimée**

Date de publication : 31 décembre 2012  
Pagination : 9-21  
ISBN : 978-2-84788-382-4  
ISSN : 2110-6460

**Référence électronique**

Éric Bruillard, Vassilis Komis et Thérèse Laferrière, « TIC et apprentissage des sciences : promesses et usages. Introduction », *RDST* [En ligne], 6 | 2012, mis en ligne le 01 mars 2013, consulté le 30 janvier 2017. URL : <http://rdst.revues.org/80>

---

Ce document est un fac-similé de l'édition imprimée.

© Éditions de l'École normale supérieure de Lyon

# TIC et apprentissage des sciences : promesses et usages. Introduction

**Éric BRUILLARD**

ENS Cachan

**Vassilis KOMIS**

Université de Patras (Grèce)

**Thérèse LAFERRIÈRE**

Université Laval, Québec (Canada)

---

*« Alors que de nombreux chercheurs et experts soulignent le rôle potentiellement majeur des technologies de l'information et de la communication pour l'éducation d'abord en tant qu'aide pédagogique, mais plus spécifiquement dans l'instrumentation des travaux pratiques (mesure et expérimentation avec ordinateur), pour la simulation de phénomènes, etc., les utilisations scolaires demeurent encore rares, en dehors des filières techniques et professionnelles. Cet écart entre les promesses et les usages scolaires n'est pas propre aux sciences et techniques mais interroge particulièrement ces domaines dans lesquels les pratiques de recherche et les pratiques professionnelles ont massivement recours aux technologies informatiques.*

*Comme les technologies disponibles se renouvellent rapidement, alors que les pratiques de formation les intégrant sont peu stabilisées, de nouvelles potentialités apparaissent notamment avec les technologies de réalité virtuelle ou de réalité augmentée et autour des utilisations nomades avec les téléphones portables et les tablettes permettant un accès à internet.*

*De nouvelles pratiques de travail, individuelles ou réalisées en collaboration, émergent. En particulier, si des formes d'enseignement et de formation entièrement ou majoritairement à distance sont peu courantes dans le cadre de l'enseignement obligatoire, des formes hybrides, mélangeant présence et distance, étendant les cours par des activités individuelles et collectives soutenues par les technologies de l'information et de la communication commencent à apparaître (travaux pratiques « à distance », discussions et débats via des forums, activités nécessitant des recherches d'informations et de documents, coenseignement, etc.).*

*Alors que la production ou l'adaptation de ressources éducatives pour les élèves ont toujours été menées par les enseignants, elles étaient avant tout individuelles avec des*

*échanges entre enseignants plutôt localisés. Des formes plus collectives de conception et d'échanges de ressources éducatives, et plus largement de discussions autour des pratiques éducatives, se développent actuellement, dans le cadre d'associations ou de collectifs d'enseignants. »*

Les paragraphes qui précèdent correspondent au début de l'appel à contribution pour la partie thématique de ce numéro de la revue RDST intitulée initialement « Travail en réseau, conception et utilisation de ressources numériques pour l'enseignement des sciences et des techniques ». Cet appel précisait que le numéro poursuivait un « *double objectif de production, d'articles de synthèse et de diffusion de nouvelles recherches, permettant :*

- *d'une part de faire un bilan des utilisations des TIC et de l'informatique dans l'enseignement des sciences et des techniques et dans la formation : quelles évolutions, quelles leçons tirer des expériences faites, quelles perspectives ?*
- *d'autre part, de focaliser sur des utilisations plus récentes autour des enseignements et des travaux à distance, individuels et collectifs, qu'ils soient entre ou avec les élèves, les étudiants ou les enseignants, ou des utilisations de technologies récentes (jeux sérieux, réalité virtuelle, réalité augmentée, etc.).»*

Cet appel n'a pas suscité énormément de contributions (sept propositions d'articles) et les champs que l'on souhaitait couvrir restent encore peu documentés, confirmant le constat que si beaucoup d'expériences sont menées en lien avec les TIC, les travaux de didactique qui leur sont consacrés sont peu nombreux, du moins dans le monde francophone. Finalement, seulement trois contributions nourrissent ce numéro spécial. Margaret Cox offre un panorama précis d'une quarantaine d'années de recherche montrant les tendances, les dilemmes et les implications pour l'avenir. Harinosy Ratompomalala et ses co-auteurs analysent, d'une part, la manière avec laquelle les futurs enseignants de physique et chimie de plusieurs académies en France sont et se sentent préparés à utiliser les TIC pour leurs enseignements et, d'autre part, comment certains enseignants en poste sont devenus utilisateurs et ce qu'ils en font. Enfin, Jean-François Rodes fournit un compte rendu détaillé d'une expérience associant un outil de géolocalisation en ligne à une sortie en forêt.

Ainsi, si le présent numéro de RDST fournit des repères sur les questions des utilisations des technologies informatiques dans l'éducation scientifique et technique, il est loin d'en offrir un panorama suffisamment complet. Dans cette courte introduction, nous allons d'abord essayer de discuter les raisons pouvant expliquer la relative rareté des travaux de didactique dans le domaine des TIC. Ensuite, au fil du texte, nous donnons un aperçu des recherches en cours, en précisant le contenu des trois articles formant ce numéro spécial et en terminant par quelques perspectives.

## **Une offre évolutive compatible avec des approches pédagogiques d'inspiration constructiviste**

Rappelons brièvement que l'offre technologique est riche. Un certain nombre d'applications pédagogiques des TIC, s'inscrivant dans des traditions constructivistes et socio-constructivistes de l'apprentissage, offrent des environnements dotés d'outils matériels et symboliques à la disposition des apprenants pour travailler avec des concepts et des processus dans une perspective de découverte, d'exploration, d'expérimentation et de résolution de problèmes. Ainsi, de telles applications pourraient contribuer à l'enseignement des sciences et des techniques selon des perspectives didactiques contemporaines. On peut distinguer quatre catégories principales d'applications (Bruillard, 1997 ; Depover, Karsenti & Komis, 2007) :

- Celles qui permettent aux apprenants d'exposer les connaissances qu'ils ont acquises (portfolios électroniques, blogues, etc.), de représenter leurs connaissances en cours d'élaboration (cartes conceptuelles ou autres systèmes d'expression écrite ou graphique) ou de structurer et de présenter des nouvelles connaissances (environnements de création hypermédias et de pages web, etc.) ;
- Celles qui offrent aux apprenants un accès à des environnements basés sur des modèles scientifiques ou sociaux qu'ils doivent s'approprier en mobilisant des processus d'exploration ou de découverte : environnements de simulation, de réalité virtuelle et de jeux sérieux ;
- Celles qui fournissent un encadrement pédagogique dans lequel les apprenants, par le biais d'observations et d'expérimentations instrumentées à l'aide de l'environnement, créent des modèles et construisent des connaissances scientifiques. Ce sont des environnements liés aux micromondes et à la modélisation ;
- Celles qui reposent sur l'usage d'interfaces techniques permettant aux apprenants de manipuler des objets et d'expérimenter à partir de situations réelles, souvent en dehors de la classe à l'aide des systèmes mobiles. Ce sont des environnements de robotique pédagogique ou encore de véritables laboratoires d'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO), permettant aux apprenants de construire des connaissances à la manière d'un scientifique.

Bien évidemment, l'offre telle que l'on vient très succinctement de la décrire est, ou tout au moins paraît, alléchante. La question qui se pose est celle des utilisations effectives de ces technologies dans les classes ou en dehors des classes dans un souci éducatif, ainsi que des recherches menées pour les développer, les comprendre ou en rendre compte.

## Didactique et technologies en éducation ou pour l'éducation : quelles recherches ?

Un premier point qu'il importe de souligner concerne les rapports difficiles, surtout dans des visions françaises, entre les didactiques et les utilisations des technologies en éducation et en formation. Sans établir de recensement précis des travaux de recherche, les TIC apparaissent souvent comme un élément de caractère secondaire. On peut faire l'hypothèse que ces technologies sont considérées comme faisant partie du « milieu » au sens didactique, un élément de l'ingénierie mise en place et, qu'en ce sens, elles n'ont pas à faire l'objet d'une très grande attention. Peut-être prédomine aussi une focalisation sur les savoirs et la considération que les instruments n'en font pas partie. En conséquence, les recherches didactiques liées aux TIC vont se centrer soit sur des innovations, sans disposer du recul pour des recherches distanciées, soit sur des synthèses, plus dans un souci de formation. Si les travaux « conceptuels » mettent les instruments au second plan, demeurent également absentes les grandes enquêtes de terrain.

La situation outre-Atlantique est différente, à la fois dans le rapport aux instruments et dans la conduite de grandes enquêtes, peut-être aussi dans une croyance relativement partagée en la capacité des technologies à participer à l'innovation éducative. Cela a donné une certaine visibilité aux technologies utilisées dans les classes.

Des travaux de recherche, entre autres ceux financés par la *National Science Foundation* aux États-Unis, ont d'abord donné une certaine impulsion à l'innovation en salle de classe au moyen des technologies de l'information et de la communication. Par exemple, le projet CoVis (*Learning Through Collaborative Visualisation*) réalisé par Gomez, Fishman et Pea (1992) et leurs collaborateurs s'est déroulé dans des écoles plutôt que dans des laboratoires universitaires. Ils ont voulu innover en engageant les élèves dans des démarches d'investigation en sciences avec le support, entre autres, d'outils de télécollaboration comme la visioconférence et un carnet de notes rédigé à plusieurs. Blumenfeld *et al.* (2000) ont mené une vaste recherche-innovation dans les écoles de Détroit où les élèves réalisaient des projets en science partant de questions authentiques soigneusement choisies (*driving questions*). Avec le projet WILD<sup>1</sup> (*Wireless Internet Learning Devices*), Roschelle et Pea (2002) se sont penchés sur les « affordances » géo-spatiales de ces outils et ont montré les rudiments de ce à quoi pouvait ressembler des espaces physiques augmentés à des fins d'apprentissage en collaboration. Dans les grandes initiatives, on peut signaler le projet WISE (*Web-based inquiry science environment*), initié par Linn à Berkeley et soutenu également par la *National Science Foundation*, qui offre une plate-forme depuis 1997 (voir Slotta, 2010 pour un historique et une analyse de ce projet).

---

1 <<http://wise.berkeley.edu/webapp/index.html>>.

Au Québec, Barma, Power et Daniel (2010) procèdent à des expérimentations avec la réalité augmentée grâce à des technologies mobiles. En outre, le récent ouvrage dirigé par Riopel, Potvin et Vázquez Abad (2009) met en exergue des expériences de recherches réalisées par des membres du laboratoire mobile pour l'étude des cheminements d'apprentissage en sciences (LabMECAS) et de MATI Montréal (Maison des technologies de formation et d'apprentissage Roland-Giguère). Cet ouvrage, comme d'autres travaux (Aubé, David & de La Chevrotière, 2004 ; Bracewell *et al.*, 2007 ; Turcotte, 2012), témoigne à la fois d'efforts collectifs pour une intégration des technologies dans la recherche en éducation aux sciences et du dynamisme de ce courant de recherche au Québec.

Plus généralement au Canada, les travaux autour du *Knowledge Building* (Scardamalia & Bereiter, 2006, 2010) réservent une place centrale aux instruments et les technologies ont un rôle important dans les classes du futur dans des interactions multiples entre pédagogie, technologie et communauté d'apprentissage (Slotta, 2010 ; Zhang *et al.*, 2011 ; Van Aalst & Cummings, 2006).

On retrouve des programmes assez similaires en Europe et différents projets de recherche financés par la Commission européenne ont été menés depuis les années 2000. Ils ont principalement contribué au développement d'environnements pilotes et à la constitution de réseaux de chercheurs réunissant d'un côté des didacticiens des sciences et des psychologues de l'éducation et d'un autre côté des informaticiens s'intéressant aux EIAH (environnements informatiques pour l'apprentissage humain). Parmi ces projets on peut notamment citer *ModellingSpace*, *Comode*, *Co-Lab* et *SimQuest*.

Construit autour d'une série de principes pédagogiques et épistémologiques, le projet *ModellingSpace* visait à permettre à des apprenants de construire et de manipuler des modèles qualitatifs, semi-qualitatifs et quantitatifs dans un contexte d'apprentissage collaboratif à distance (Dimitracopoulou & Komis, 2005). L'expérimentation de l'environnement dans des classes par des chercheurs du projet a fourni des résultats intéressants (Ergazaki, Komis & Zogza, 2005 ; Komis, Ergazaki & Zogza, 2007) mais le projet *Comode*, qui a pris la suite et dont le but était d'introduire l'environnement *ModellingSpace* et son approche didactique dans des écoles européennes, n'a pas eu le même succès. Les résultats de ces projets, bien que prometteurs, ne semblent pas influencer la pratique quotidienne en classe de sciences.

Ainsi, les technologies de l'information et de la communication pour l'éducation deviennent lentement visibles dans les classes et sont l'objet de recherches, mais l'apport des recherches aux pratiques de classe est en question ; nous y reviendrons un peu plus loin. Se pose en effet une question préalable : que sait-on de la genèse des TIC en éducation ?

## Des éléments d'histoire : une succession de phases

On manque souvent cruellement d'épaisseur historique pour comprendre la place prise par les technologies en éducation. Daniel Beaufile (2006) avait proposé un parcours d'une vingtaine d'années centré sur l'ordinateur comme outil de laboratoire en physique. Margaret Cox nous offre un panorama de près de 50 ans de développement et d'utilisation des TIC dans l'éducation scientifique. Notons que son équipe a récemment participé à la mise en point d'un dispositif nommé HapTEL (*haptics in technology-enhanced learning*), pour la formation des dentistes, qui a été primé<sup>2</sup>.

Selon Margaret Cox, pour comprendre cette histoire, il faut considérer une sorte de triptyque : les développements technologiques, les plans ou initiatives éducatives (nationales) et les applications à l'enseignement et à l'apprentissage. On est passé de logiciels d'enseignement sur des sujets spécifiques (correspondant à ce que l'on appelle EAO, enseignement assisté par ordinateur, ou EIAO, enseignement intelligemment assisté par ordinateur) à la simulation et la modélisation puis maintenant à l'apprentissage mobile, aux leçons, modules ou cours disponibles en ligne, à la création d'outils numériques ou de connaissances par les usagers et aux réseaux sociaux. Ainsi, si les technologies ont évolué, il en est de même de leurs usages sociaux et des visées qu'ils mettent en œuvre ainsi que des méthodes éducatives.

Margaret Cox distingue cinq grands types d'application :

- Les tuteurs, simples logiciels d'entraînement, des exercices à des formes plus complexes ;
- Les simulations, avec lesquelles on peut explorer des jeux de données ;
- Les logiciels de modélisation, de programmation, avec lesquels on va construire des environnements ;
- Les logiciels d'ExAO, pour contrôler des expériences, recueillir, traiter, visualiser des données issues d'expériences ;
- Les technologies intégrées et connectées.

Ces dernières années, selon Cox, les enseignants de sciences ont restreint leurs utilisations pour se centrer simplement sur des logiciels commerciaux, comme des tableurs et des bases de données. Margaret Cox soulève la question de l'impact des TIC sur les savoirs, le fait que ces savoirs soient maintenant difficilement séparables de ces technologies qui ont changé les représentations ainsi que les modalités d'action sur ces représentations. Mais il existe une forme de résistance des savoirs scolaires ou des processus qui font exister ces savoirs en éducation, nécessitant, selon elle, un renouvellement des formations.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, les promesses issues des publications scientifiques ne se matérialisent pas en résultats ancrés dans les usages en salle de

---

2 <<http://www.bbc.co.uk/news/health-13867881>>. (consulté le 7 janvier 2013).

classe ou dans les laboratoires de sciences des établissements scolaires. D'un côté, les conditions très contrôlées des recherches scientifiques ne sont pas facilement reproductibles dans la réalité de l'école (manque de « viabilité écologique ») ; d'autre part, nombre d'observateurs soulignent un manque de formation pédagogique des professeurs, ce qui ne facilite pas l'adoption des innovations technologiques et pédagogiques. En effet, si les environnements informatiques dédiés à l'éducation scientifique peuvent procurer un cadre cognitif favorable à l'apprentissage et à la construction active des connaissances, comme ils sont très ouverts, l'actualisation de leur potentiel cognitif dépend, d'une part, de l'investissement personnel de l'apprenant et de son engagement et, d'autre part, des stratégies didactiques mises en œuvre par les enseignants. Dans ces rapports, médiatisés par la technologie, entre élèves, enseignants et savoirs, sans doute encore trop peu étudiés par les recherches en didactique, se trouve peut-être une partie de l'explication du manque d'intégration des TIC en contexte scolaire. En tous cas, le rôle clé joué par les enseignants est mis en exergue, ce qui repose la question de leur formation.

### **Des formations institutionnelles jugées insuffisantes, des autoformations orientées vers certains types d'utilisation**

S'agissant des formations initiales, préparent-elles suffisamment les enseignants pour un usage professionnel des TIC ? La contribution d'Harinosy Ratompomalala et de ses collègues apporte un éclairage sur cette question. Ratompomalala a conduit une étude dans trois IUFM (instituts universitaires de formation des maîtres), dans la configuration qui était mise en œuvre juste avant la mastérisation. Elle montre que les futurs enseignants ne se sentent pas prêts à utiliser les TIC face aux élèves et que le « système » les encourage finalement peu à le faire. Ainsi, les jeunes enseignants sont peu utilisateurs.

Mais, après tout, c'est un résultat classique. Ainsi Khaneboubi (2009) met bien en exergue le fait que l'utilisation de l'informatique en classe est conditionnée par l'imbrication de deux facteurs : l'aisance de manipulation technique et l'aisance dans la gestion de la classe. Bassy (2012) met en évidence que, ce qui est ultimement en cause, ce ne sont pas tant les outils technologiques que le développement de logiques nouvelles et de modes d'accès à la connaissance et de construction des savoirs.

Or, il y a bien des enseignants utilisateurs, mais ce ne sont pas majoritairement les débutants. La deuxième partie de la contribution s'attache à comprendre ce que ces enseignants font avec les TIC et comment ils ont été conduits à les utiliser. Elle montre que les enseignants en poste se sont emparés de ces technologies pour faire face à des problèmes ressentis face à leurs élèves.

Le travail mené par Harinosy Ratompomalala confirme les tendances relevées par Margaret Cox dans les utilisations qui se développent actuellement dans les classes. Ce ne sont plus des logiciels spécifiques, mais des logiciels généraux et,



comme l'écrit avec acuité Cox, c'est comme si on fournissait aux enseignants de physique une encyclopédie plutôt qu'un manuel spécifique de physique écrit par un expert du domaine.

En fait, des travaux successifs ont montré les difficultés rencontrées par les enseignants dans l'utilisation des technologies informatiques avec et par les élèves. Comme l'indiquait Vialle (2001), dans l'ExAO (expérimentation assistée par ordinateur), la technologie est un intermédiaire qui peut se transformer en « aide à la manipulation » mais aussi en « obstacle à l'investigation ». Cette difficulté se retrouvait dans une étude menée par Hénocq (2009), dans les utilisations des ENT (environnements numériques de travail) en sciences de la vie et de la Terre ; ces ENT constituent un intermédiaire supplémentaire entre l'élève et les savoirs. Si beaucoup de pratiques innovantes sont possibles, leur mise en œuvre requiert différentes conditions pas si faciles à réunir. Ainsi, la mise en place d'un instrument informatisé de suivi des conceptions des élèves en mécanique (Coppens, 2007) ne peut faire l'économie de la compréhension de difficultés d'adoption par les enseignants.

Stanislas Dorey (2012) dans sa thèse met en évidence des phénomènes de saturation : l'offre logicielle est suffisamment large et son utilisation ne peut occuper qu'une partie minime du temps de travail des élèves. Développer des utilisations vraiment constructives de certains logiciels nécessite un temps d'apprentissage d'une certaine durée, pour avoir une maîtrise technique et conceptuelle suffisante, qui ne peut être trouvée compte tenu des contraintes actuelles des études dans l'enseignement secondaire.

## Vers de nouvelles pratiques de terrain

Mais le développement d'approches critiques n'empêche pas de mettre en place de nouvelles situations éducatives tirant parti des opportunités offertes par la technologie. Ainsi, si Hénocq (2009) avait pu constater le peu d'utilisation dans les ENT officiels, des enseignants innovateurs pouvaient pallier un manque d'équipement et proposer des situations novatrices. Par exemple, dans le cadre du projet *Exacam*, Dargent, Dargent & Quirin (2007) mettaient à disposition sur Internet, de manière automatique, des images d'une expérience prise par une webcam de l'établissement. Alliant travail dans et hors de la classe, jouant sur le facteur temps, gardant une forme de suspens lié au « direct », ils conduisaient à un autre rapport aux activités expérimentales, les sortant du laboratoire.

De nouvelles possibilités s'ouvrent, notamment grâce à la géolocalisation (Sanchez, Genevois & Joliveau, 2011), mais aussi avec ce que l'on nomme les jeux sérieux (Sanchez, 2011), sans doute un avatar des simulations auxquelles on associe des scénarios spécifiques.

Toutes ces pratiques nouvelles n'ont pas toujours le suivi recherche que l'on pourrait souhaiter, mais elles augurent ce qui peut se scolariser dans un avenir

pas si lointain. C'est à explorer de telles nouvelles pratiques que nous convie Jean-François Rodes. Rappelant les difficultés d'ordre scientifique et didactique de l'exploration d'un écosystème au cours d'une sortie en forêt, Il montre que différents outils, notamment de géolocalisation, peuvent aider une enseignante à orienter des pratiques d'investigation. Rodes s'intéresse particulièrement à la manière dont cette enseignante va modifier son activité, instrumentée par *Google Maps*. Il conclut en attestant l'opportunité de renouveler les activités, visant une démarche d'investigation, mais nécessitant un investissement technique plus important que celui initialement consenti par l'enseignante. Comment va se gérer le compromis entre maîtrise technique et conceptuelle des instruments et leur utilisation à des fins pédagogiques, dans les contraintes du système éducatif ? La question reste posée. Ainsi, si les approches d'essai fournissent des résultats encourageants, la viabilité à moyen terme des activités testées est loin d'être assurée.

## Perspectives

L'appel à propositions de la partie thématique de ce numéro attirait l'attention sur les pratiques de conception et d'échanges de ressources éducatives, dans le cadre d'associations ou de collectifs d'enseignants. Cet aspect n'a pas été couvert par les propositions reçues. Alors que dans d'autres disciplines de telles pratiques collectives sont bien attestées, elles apparaissent peu visibles en sciences expérimentales. Si Raynal (2009), par exemple, propose, en téléchargement gratuit, son propre manuel numérique pour l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre<sup>3</sup>, il s'agit d'une initiative individuelle. Si Kalogiannakis (2004) avait mené une recherche sur les communautés en ligne d'enseignants de physique, il n'y a pas d'étude récente sur cette question.

Peut-on penser qu'il y a suffisamment de ressources disponibles, que les offres institutionnelles, notamment le site Access<sup>4</sup>, suffisent et que la question de la conception de nouvelles ressources est secondaire ? Toutefois, si l'offre est visible, son utilisation par les enseignants et les élèves l'est beaucoup moins.

De même, en ce qui concerne les associations, les musées, etc., les apprentissages que l'on ne peut qualifier d'informels mais plutôt de non scolaires ou non directement scolaires (pas cadrés par un programme national) n'ont pas été traités.

Toutefois, les contributions présentes dans ce numéro fournissent des repères sur ces questions des utilisations des technologies informatiques dans l'éducation scientifique et technique. Si on a pu constater que les approches de *design research* en vogue outre-Atlantique et en Europe étaient peu présentes en France, elles sont susceptibles de se développer. En cohérence avec le rappel de l'importance

---

3 <<http://www.exobiologie.info/Sitmanuel/Bienvenue.html>>.

4 ACCES : Actualisation Continue des Connaissances des Enseignants en Sciences. <<http://acces.ens-lyon.fr/acces/aLaUne>>.

des initiatives ou plans nationaux soulignée par Margaret Cox, l'appel à projets « services numériques innovants pour l'e-éducation », préconisant la conception de « démonstrateurs », testés dans des terrains scolaires, puis leur déploiement à une plus large échelle, oriente vers ce type d'approche.

Alors que l'on peut augurer le déclin des pratiques d'expérimentation dans l'enseignement secondaire, au sein de salles spécialisées de travaux pratiques, remplacées par des simulations ou de simples visualisations offertes par les technologies de l'information et de la communication, peuvent en parallèle émerger d'autres pratiques d'exploration et d'expérimentation hors l'école tirant parti des technologies mobiles. En ce sens, ce numéro est un jalon. Loin d'épuiser les questions, il en ouvre quelques-unes et met en lumière des phénomènes récents de co-évolution des technologies et des formes d'enseignement, qu'il faudrait suivre avec attention.

**Éric BRUILLARD**

eric.bruillard@stef.ens-cachan.fr

**Vassilis KOMIS**

komis@upatras.gr

**Thérèse LAFERRIÈRE**

tlaf@fse.ulaval.ca

## BIBLIOGRAPHIE

- AUBÉ M., DAVID R. & LA CHEVROTIÈRE P. de (2004). « Le Monde de Darwin » : un dispositif exploitant les TIC pour favoriser le transfert des apprentissages. In A. Presseau & M. Frenay (dir.), *Le transfert de connaissances et de compétences : comprendre pour mieux intervenir*, Québec : Presses de l'Université Laval, p. 107-132.
- BARMA S., POWER T. M. & DANIEL S. (2010). Réalité augmentée et jeu mobile pour une éducation aux sciences et à la technologie. In *Actes du colloque scientifique Ludovia 2010 « Interactivité / interactions – Enjeux relationnels »*, Ax-les-Thermes (France).
- BASSY A.M. (2012). Économie du numérique : l'introuvable modèle. *STICEF*, vol. 19. En ligne : <<http://sticef.org>>.
- BEAUFILS D. (2006). *L'ordinateur outil de laboratoire en physique : quelles transpositions ?* Lyon : Institut national de recherche pédagogique.
- BLUMENFELD P.C., FISHMAN B. J., KRACJIK J. & MARX R. W. (2000). Creating usable innovations in systemic reform: Scaling up technology-embedded project-based science in urban schools. *Educational Psychologist*, n° 35, p. 149-164.

- BRACEWELI R. J., LE MAISTRE C., LAJOIE S. P. & BREULEUX A. (2007). The role of the teacher in opening worlds of inquiry learning with information and communication technology. In B. M. Shore, M.W. Aulls, M. A. B. Delcourt & F. G. Rejskind (éd.), *Inquiry : Where ideas come from and where they lead*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, p. 287-300.
- BRUILLARD É. (1997). *Les machines à enseigner*. Paris : Hermès.
- COLLINS A., JOSEPH D. & BIELACZYK K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, vol. 13, n° 1, p. 15-42.
- COPPENS N. (2007). *Le suivi des conceptions des lycéens en mécanique : développement et usages d'exercices informatisés*. Thèse de doctorat, Paris : université Paris 7. En ligne : <[http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/20/38/91/PDF/these\\_et\\_annexes\\_nc.pdf](http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/20/38/91/PDF/these_et_annexes_nc.pdf)> (consulté le 25 novembre 2012).
- DARGENT O., DARGENT G. & QUIRIN P. (2007). Exacam, une webcam au service de l'expérimentation. *Biologie géologie*, n° 2, p. 309-313.
- DEPOVER C., KARSENTI T. & KOMIS V. (2007). *Enseigner avec les technologies : favoriser les apprentissages, développer des compétences*. Sainte-Foy : Presses de l'université du Québec.
- DIMITRACOPOULOU A. & KOMIS V. (2005). Design principles for the support of modelling and collaboration in a technology based learning environment. *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, vol. 15, n°1-2, p. 30-55.
- DOREY S. (2012). *Les logiciels de visualisation moléculaire dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre : conceptions et usages*. Thèse de doctorat, Cachan : ENS Cachan.
- ERGAZAKI M., KOMIS V. & ZOGZA V. (2005). High-school Students' Reasoning while Constructing Plant Growth Models in a Computer-Supported Educational Environment. *International Journal of Science Education*, vol. 27, n° 2, p. 909-933.
- GOMEZ L., FISHMA B. J., & PEA R. D. (1998). The CoVis project: Building a large scale science education testbed. *Interactive Learning Environments*, n° 1, p. 1-32.
- HÉNOCCQ S. (2009). Des pratiques innovantes en sciences de la vie et de la terre (SVT) avec des espaces numériques de travail (ENT) ou plateformes. *Biologie géologie*, n° 3, p. 61-75.
- KALOGIANNAKIS M (2004). *Réseaux pédagogiques et communautés virtuelles : de nouvelles perspectives pour les enseignants*. Paris : L'Harmattan.
- KHANEBOUBI M. (2009). Facteurs influençant les usages de l'informatique en classe par des enseignants des collèges du département des Landes. In G.L. Baron, É. Bruillard & L.O. Pochon, *Informatique et progiciels en éducation et en formation*, Lyon : ENS Cachan/IRD/INRP.

- KOMIS V., ERGAZAKI M. & ZOGZA V. (2007). Comparing Computer-Supported Dynamic Modeling and “Paper & Pencil” Concept Mapping Technique in Students’ Collaborative Activity. *Computers and Education*, vol. 49, n° 4, p. 991-1017.
- KRAJCIK J., BLUMENFELD P., MARX R. & SOLOWAY E. (2000). Instructional, curricular, and technological supports for inquiry in science classrooms. In J. Minstrell & E. H. V. Zee (éd.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, Washington DC : American Association for the Advancement of Science, p. 283-315.
- RAYNAL R. (2009). *Un manuel numérique libre et gratuit de SVT : pourquoi, comment et pour qui ?* Epinet avril 2009. En ligne : <<http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0904e.htm>>.
- RIOPEL M., POTVIN P. & VÁZQUES-ABAD J. (2009). *Utilisation des technologies pour la recherche en éducation scientifique*. Sainte-Foy : Presses de l’université Laval.
- ROSCHELLE J., & PEA R. (2002). A walk on the WILD side: How wireless handhelds may change computer-supported collaborative learning. *International Journal of Cognition and Technology*, vol. 1, n° 1, p. 145-168.
- SANCHEZ É. (2011). Usage d’un jeu sérieux dans l’enseignement secondaire : modélisation comportementale et épistémique de l’apprenant. Jeux sérieux, révolution pédagogique ou effet de mode ? *Revue d’intelligence artificielle*, numéro spécial « Serious Game », vol. 25, n° 2, p. 203-222.
- SANCHEZ É., GENEVOIS S. & JOLIVEAU T. (2011). Uses of GIS in French Secondary Schools: Dogmatic Innovations, Innovative Teachers, and Parallel Experimentations. In A. Milson, A. Demirci & J. Kerski (éd.), *International Perspectives on Teaching and Learning with GIS in Secondary Schools*, Dordrecht : Springer, p. 97-106.
- SCARDAMALIA M. & BEREITER C. (2006). Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology. In K. Sawyer (éd.), *Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, New York : Cambridge University Press, p. 97-118.
- SCARDAMALIA M. & BEREITER C. (2010). A Brief History of Knowledge Building [Une brève histoire de la coélaboration de connaissances], *Canadian Journal of Learning and Technology*, vol. 36, n°1. En ligne : <<http://www.eric.ed.gov/PDFS/EJ910451.pdf>>.
- SLOTTA J. D. (2010). Evolving the classrooms of the future: The interplay of pedagogy, technology and community. In K. Mäkitalo-Siegl, F. Kaplan, J. Zottmann & F. Fischer (éd.). *Classroom of the Future. Orchestrating collaborative spaces*, Rotterdam : Sense, p. 215-242.
- TURCOTTE S. (2012). Computer-Supported Collaborative Inquiry on Buoyancy: A Discourse Analysis Supporting the “Pieces” Position on Conceptual Change. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 21, n° 6, p. 808-825.

- VAN AALST J. & CUMMINGS M. (2006). Implementing knowledge building: Analysis of a face-to-face discussion by Grade Four students. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, n° 6, p. 351-368.
- VIALLE B. (2001). *L'expérimentation assistée par ordinateur dans l'enseignement des sciences de la vie au lycée : aide et obstacle à la rénovation de l'approche expérimentale*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Saint-Denis : université de la Réunion.
- ZHANG J., HONG H. Y., SCARDAMALIA M., TEO C. L. & MORLEY E. A. (2011). Sustaining knowledge building as a principle-based innovation at an elementary school. *Journal of the Learning Sciences*, vol. 20, n° 2, p. 262-307.