

**ANALYSE CRITIQUE DE SITES SCIENTIFIQUES
ET STRUCTURE D'UN SITE INTERACTIF :
APPRENTISSAGE DES SCIENCES SANS FRONTIÈRE**

Abdeljalil Métioui

Département d'Éducation et Pédagogie
Faculté des sciences de l'éducation
Université du Québec à Montréal
C.P 8888, Succursale Centre-ville
Montréal (Québec) Canada H3P3C8
metioui.abdeljalil@uqam.ca

Louis Trudel

Faculté d'éducation
Pavillon Lamoureux
145, rue Jean-Jacques-Lussier
Ottawa (Ontario) Canada K1N6N5
ltrudel@uottawa.ca

Résumé : Dans la présente recherche, on présente les résultats d'une analyse critique des sites pédagogiques sur le Web destinés aux jeunes de 10 à 14 ans afin de les initier aux sciences par le biais de l'expérimentation. Cette analyse a été effectuée par 60 étudiants inscrits en formation initiale pour l'ordre primaire à l'aide d'un questionnaire à choix multiples que nous avons construit. Les résultats de cette analyse montrent que la majorité des sites n'encadre pas suffisamment les élèves pour leur permettre d'acquérir les rudiments de la démarche expérimentale. En plus, aucune forme d'interactivité n'est mise en jeu, entre autres la simulation. En se basant sur les carences identifiées dans ces sites, des suggestions pour la conception de sites appropriés à l'apprentissage des sciences seront présentées et illustrées dans le cas de l'électrostatique.

Abstract : In this research, we present the results of a critical analysis of scientific web sites that aims to introduce pupils from 10 to 14 years old to science through experiences. This analysis has been carried out by sixty students enrolled in a teacher education program who filled a questionnaire we built up for that purpose. The results show that the majority of these sites do not provide enough guidance to introduce effectively these pupils to the basic skills of scientific investigation. As such, no mechanism (e.g. simulation) in these sites allows the user to interact with the scientific content of the site. Based on the shortcomings of these sites, we propose guidelines to design web sites that could foster learning of electrostatic concepts.

Mots-clés : Analyse critique, sites pédagogiques, démarche expérimentale, conception, électrostatique, interactivité

Keywords : Critical analysis, educational web sites, scientific investigation, instructional design, interactivity

1 INTRODUCTION

De nos jours, personne ne conteste la place centrale qu'occupent de plus en plus les technologies de l'information et de la communication (TIC) dans nos modes de vie, autant aux plans social, culturel, politique, qu'économique (Jacquet, 2001). Les milieux éducatifs ne peuvent échapper à cette réalité nouvelle et doivent remettre en question la forme scolaire traditionnelle. D'ailleurs, ce changement est bel et bien amorcé puisqu'on observe déjà une croissance de l'utilisation des TIC dans tous les ordres d'enseignement, du primaire à l'université. Par exemple Internet, véritable synthèse entre les technologies de l'information et de la communication, est devenu un outil pédagogique incontournable. Il est de plus en plus utilisé par les enseignants pour illustrer leur enseignement et proposer des sujets de recherche aux élèves.

2 ÉTAT DE LA QUESTION

Internet étant la référence par excellence pour un grand nombre d'éducateurs et leurs élèves, cela nous amène indéniablement à nous poser la question sur la qualité, aux plans pédagogique et didactique, de la quantité pharaonique de l'information qui circule dans le Web ainsi que sa véracité scientifique. Malheureusement, nous n'avons repéré que quelques études analysant la qualité des activités scientifiques qu'on retrouve dans le Web. Les recherches de Nachmias et Tuvi (2001), Tuvi-Arad et Nachmias (2005) et Tuvi et Nachmias (2001) analysent les sites scientifiques portant sur le modèle atomique de la matière, en regroupant les quelques cent variables mesurées en cinq grandes dimensions : descriptive, pédagogique, représentation des connaissances, communication, et contenu scientifique. Concernant les méthodes d'enseignement préconisées dans ces sites, Tuvi-Arad et Nachmias (2005) ont mis en évidence que la très grande majorité présentait des informations (97,9%) et que seulement 3,2% d'entre eux proposaient des activités structurées. En ce qui concerne le contenu scientifique, les informations présentées sont en général valides scientifiquement. Par contre, ces sites présentent - et expliquent - beaucoup moins les procédés expérimentaux que les modèles théoriques (Tuvi-Arad et Nachmias, 2005). Or, pour comprendre les concepts scientifiques, l'élève doit pouvoir se les approprier en s'engageant dans une démarche d'enquête scientifique (de Jong et van Joolingen, 1998; van Joolinger et de Jong, 1997).

3 OBJECTIFS DE LA PRÉSENTE RECHERCHE

Eu égard à cette situation, notre premier objectif est de réaliser une analyse critique des sites qui proposent des expériences sur le WEB destinées aux jeunes francophones de 10 à 14 ans. Notre second objectif est de formuler, en se basant sur les carences identifiées dans ces sites, des suggestions pour la conception de sites appropriés à l'apprentissage de la démarche expérimentale.

4 ANALYSE CRITIQUE : CONSTRUCTION DU QUESTIONNAIRE

En ce qui concerne l'analyse critique, nous avons adapté un questionnaire que nous avons déjà utilisé dans le cadre d'une recherche portant sur l'analyse des laboratoires proposés dans divers manuels de sciences (Métoui et Trudel, 2007). Ce questionnaire a servi de grille pour analyser aux plans pédagogique, didactique et scientifique la démarche scientifique véhiculée par les différents sites. Il contient douze énoncés et pour chacun, l'étudiant doit mettre une croix à côté du choix correspondant à son évaluation, suivi d'un bref commentaire. A cette fin, il doit répondre pour chaque énoncé par : «TOUJOURS», «SOUVENT», «RAREMENT» ou «JAMAIS». Les énoncés gravitaient autour de six thèmes que nous expliciterons ci-après.

Le thème 1 sert à vérifier si les sites proposent des expériences que les élèves peuvent réaliser sous forme de simulation. Ce thème comprend l'énoncé suivant :

Énoncé (1-1) : L'expérience qu'on propose à l'élève peut être réalisée sur le site, même sous forme de simulation.

Le thème 2 vérifie si les notions scientifiques étudiées sont bien adaptées au niveau cognitif de l'élève et qu'elles sont valides et complètes. Il regroupe les deux énoncés suivants :

Énoncé (2-1) : Le contenu scientifique présenté à l'élève est bien adapté à son niveau.

Énoncé (2-2) : Le contenu scientifique présenté à l'élève est valide et complet.

Le thème 3 sert à vérifier si le site invite l'élève à participer activement avant l'expérimentation (identification d'un problème relatif à un phénomène donné, proposition d'un cadre expérimental pour résoudre un problème) et regroupe les énoncés suivants :

Énoncé (3-1) : Le site propose à l'élève de compléter un questionnaire pour exprimer ses connaissances préalables sur le thème qui sera étudié, avant de lui proposer une expérience à réaliser.

Énoncé (3-2) : Le site propose une mise en situation à l'élève relative à un phénomène donné et l'invite à identifier les problèmes engendrés.

Le thème 4 a pour objet de vérifier si l'élève participe activement au cours de l'expérimentation. Il regroupe les deux énoncés suivants :

Énoncé (4-1) : Le site invite l'élève à prédire les résultats des manipulations à effectuer le long de la réalisation de l'expérience.

Énoncé (4-2) : Le site invite l'élève à formuler des hypothèses en se basant sur les observations découlant des différentes manipulations réalisées dans le cadre d'une expérience.

Le thème 5 vérifie si le site invite l'élève à construire des modèles explicatifs à partir des résultats des expériences effectuées. Il regroupe les deux énoncés suivants :

Énoncé (5-1) : Le site invite l'élève à établir la relation qui existe entre les variables qui sous-tendent l'expérience.

Énoncé (5-2) : Le site invite l'élève à réaliser une synthèse des résultats obtenus lors de l'expérience sous forme de modèle explicatif.

Le thème 6 a pour objet de vérifier si les sites présentent les expériences dans un contexte historique, les difficultés que rencontrent les scientifiques pour réaliser leur expérience et les erreurs qu'ils commettent. Ce thème regroupe les trois énoncés suivants :

Énoncé (6-1) : Les expériences proposées sont situées dans un contexte historique.

Énoncé (6-2) : Le site vous souligne les difficultés d'ordres social, politique et économique rencontrées par les scientifiques pour réaliser leur expérience.

Énoncé (6-3) : Le site vous souligne les erreurs commises par les scientifiques lorsqu'ils sont amenés à interpréter les observations qui résultent de leur expérience.

5 ANALYSE DES DONNÉES

L'analyse des sites a été effectuée par soixante étudiants en formation des maîtres au primaire dans le cadre d'un cours portant sur la didactique des sciences où ils ont réalisé des laboratoires portant sur le magnétisme, l'électrostatique, la lumière et les couleurs et les circuits électriques. Après chaque laboratoire, ils devaient consulter des sites Web que nous leur avons proposés et d'autres de leur choix qui proposent des expériences et des informations scientifiques pour les thèmes précités. Ils ont aussi consulté des sites de leur choix pour trouver de l'information pour la réalisation de leur projet de fin de session portant sur la conception d'un recueil de laboratoires à l'intention des élèves de 10 à 12 ans. Les adresses des 46 sites analysés par les soixante étudiants sont présentées au Tableau 1. La majorité est construite par des organismes gouvernementaux, des établissements scolaires, des organismes à but non lucratif œuvrant dans le domaine de la vulgarisation scientifique et des particuliers (Le Manuel Internet des Radioamateurs, Les Petits Débrouillards, Palais de la découverte, Michel Maussion de l'université de Nantes, PhysicoNet, La main à la pâte, Commissariat à l'Énergie Atomique, Environnement Canada, Palais de la découverte, Université Paris7/CEA/CNRS, Info Science, CyberScol, Geospace, Têtes à modeler, Musée des sciences et de la technologie du Canada).

Chaque étudiant a analysé en moyenne 4 à 6 sites. Notons qu'ils ont participé à titre d'experts, même si leur majorité provient du secteur des sciences humaines et que leur formation scientifique est limitée. Nous avons jugé pertinent de faire cette évaluation par ces futurs enseignants puisqu'ils seront amenés à utiliser ce type de matériel didactique pour couvrir certaines notions en sciences et en technologies, telles que prescrites dans le programme scolaire. Afin de personnaliser l'information tout en préservant l'anonymat, les commentaires des étudiants ont été identifiés par la lettre E_i (le ième étudiant). Ci-dessous, nous présentons les pourcentages des réponses relativement à chaque thème, suivis de quelques commentaires.

5.1 Analyse des données relativement au thème 1

Rappelons que ce thème avait pour objet de vérifier si les sites proposent des expériences qu'on peut effectuer en ligne, à l'aide de logiciels de simulation et de modélisation. Le Tableau 2 présente les pourcentages des réponses, ainsi que quelques commentaires.

		POURCENTAGE DES RÉPONSES			
		Toujours	Souvent	Rarement	Jamais
(1-1)	L'expérience qu'on propose à l'élève peut être réalisée sur le site même sous forme de simulation.	0%	0%	33%	67%
<p><u>Rarement</u> : «Habituellement, les sites ne font qu'expliquer l'expérience et on doit la réaliser ensuite par nous-mêmes.» (E14)</p> <p>«J'ai consulté qu'un seul ou peut-être deux sites internet où il était possible de voir l'expérience réalisée sous forme de simulation. Je trouve que c'est plutôt décevant. Il serait très utile d'avoir des exemples.» (E8)</p> <p><u>Jamais</u> : «Le seul site qui permettait une visualisation des concepts expliqués était celui-ci : ac-bordeaux. Par contre, ces simulations n'étaient pas accompagnées de proposition d'expérimentation.» (E11)</p> <p>«Je crois avoir consulté pratiquement tous les sites proposés dans le cadre de ce cours ainsi que d'autres sites pour le projet de session, mais je ne me rappelle pas avoir consulté de site qui proposait des expériences réalisables en ligne. Ça doit être très intéressant par contre!» (E25)</p>					

Tableau 1 : Pourcentage des réponses des énoncés du thème 1

- 1- <http://www.geospace-online.com/gol-fr/sav/arc/sav-arc-eclipse6-fr.htm>.
- 2- http://sciences-physiques.ac-dijon.fr/astronomie/Astro_mai%202003/Eclipse_Soleil.htm.
- 3- http://membres.lycos.fr/planetanimation/4_7ans/actiscentlapecheaaimant.htm.
- 4- <http://www.bdaa.ca/biblio/apprenti/40exp/cover.htm>
- 5- <http://www.cvm.qc.ca/gmaisonneuve/exp.htm>
- 6- <http://www.palais-decouverte.fr/index.php?id=juniors>
- 7- <http://www.chez.com/soniag/experience/experience.html>
- 8- <http://www.csdecou.qc.ca/sed/Servgarde/science.htm>
- 9- <http://www.edunet.ch/activite/wall/f/experiences/index.htm>
- 10- http://www.educatout.com/divers/archives_coin_sciences.htm
- 11- http://www.ac-grenoble.fr/savoie/Disciplines/Sciences/Esp_ress/Fiches/Melang2.htm
- 12- http://student.dcu.ie/~copains/fr489_02/experiences/LaLampeaLave.html
- 13- <http://webetab.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/Physico/Electro/e01charg.htm>
- 14- http://www.new-sng.com/icecream_f.cfm
- 15- <http://www.pomms.org/pourquoi-sale-t-on-les-routes-et-les-trottoirs-en-hiver--051.html>
- 16- http://www.cspi.qc.ca/cpp/sciences/ancien_site/probleme/2_cycle/203/203_g.doc
- 17- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Glace>
- 18- <http://stsp.creteil.iufm.fr/article28.html>
- 19- http://eduscol.education.fr/D0033/uescience_acte5b.htm
- 20- <http://www.lesucre.com/>
- 21- http://www.new-sng.com/icecream_f.cfm
- 22- <http://www.sciencetech.technomuses.ca/francais/schoolzone/basesuraimant.cfm#whatare>
- 23- http://www.enseignement.be/@librairie/documents/ressources/065b/primelec_extraits.pdf
- 24- <http://www.eclairsdsciences.qc.ca/>
- 25- <http://pagesperso-orange.fr/bernard.langellier/menclasse.htm>
- 26- <http://www.cvm.qc.ca/gmaisonneuve/sciences.htm>
- 27- <http://www.lesdebrouillards.qc.ca/client/experiences>.
- 28- <http://www.sciencetech.technomuses.ca>
- 29- <http://lamap.fr>
- 30- http://dspt.club.fr/La_lampe.htm
- 31- <http://hydroquebec.com/securite/index.html>
- 32- <http://www.aquabase.org/articles/html.php3/temperature-dans-aquarium=859.html>
- 33- <http://www.csdm.qc.ca/sldm/ProjetEducatif/ExperienceScientifique.shtm?Section=ProjetEducatif>
- 34- <http://www.teteamodeler.com/dossier/sciences.asp>
- 35- <http://www.poumon.ca/enfants/>
- 36- http://www.planete-sciences.org/scolaire/spip/article.php3?id_article=45.
- 37- <http://www.airaq.asso.fr/publications/expe2.htm>.
- 38- <http://dictionnaire.doctissimo.fr/definition-poumons.htm>.
- 39- http://nature.ca/education/mus/ws/wexp_f.cfm
- 40- <http://pst.chez-alice.fr/svtiufm/pe2nutpl.htm>
- 41- <http://alecole.educ.cg86.fr/lamapnat/buxeuil/vegetaux/vegetaux.html>
- 42- <http://www.cspi.qc.ca/cpp/sciences/>
- 43- <http://crdp.ac-reims.fr/cddp51/sciences/primaire/cyclei/default.htm>
- 44- <http://crpal.free.fr/>
- 45- <http://terre.haplosciences.com/dossiers.html>
- 46- <http://www.pourlascience.com/index.php?ids=AEpWMtbjRvIbxMXBaonb>

Tableau 2 : Sites analysés par des étudiants en formation des maîtres

5.2 Analyse des données relativement au thème 2

Au Tableau 3, nous présentons le pourcentage des réponses pour chacun des deux énoncés de ce thème, suivi de quelques commentaires des étudiants.

		POURCENTAGE DES RÉPONSES			
		Toujours	Souvent	Rarement	Jamais
(2-1)	Le contenu scientifique présenté à l'élève est bien adapté à son niveau.	47%	53%	0%	0%
<p><u>Toujours</u> : «Dans la plupart des cas, le contenu scientifique aurait pu être compris par des enfants niveaux fins 2^e cycle et 3^e cycle.» E25</p> <p><u>Souvent</u> : «La plupart du temps oui, mais concernant l'électricité ce n'était pas toujours clair. Il a fallu que je demande l'aide d'un ami électricien.» E15</p>					
(2-2)	Le contenu scientifique présenté à l'élève est valide et complet.	37%	63%	0%	0%
<p><u>Toujours</u> : «Il est difficile pour moi de le confirmer puisque je connais peu de notions scientifiques, mais je crois bien que ce qui m'est présenté est valide.» E16</p> <p>«C'est l'impression que j'ai eue! Tout semblait cohérent!» E24</p> <p><u>Souvent</u> : «Je ne connais pas les règles pour établir si l'information est considérée valide. Par contre, les sites consultés semblent avoir une réputation établie.» E11</p>					

Tableau 3 : Pourcentage des réponses des énoncés du thème 2

5.3 Analyse des données relativement au thème 3

Au Tableau 4, nous présentons le pourcentage des réponses pour chacun des deux énoncés de ce thème portant sur le type de participation sollicitée par les sites avant l'expérimentation.

		POURCENTAGE DES RÉPONSES			
		Toujours	Souvent	Rarement	Jamais
(3-1)	Le site propose à l'élève de compléter un questionnaire pour exprimer ses connaissances préalables sur le thème qui sera étudié avant de lui proposer une expérience à réaliser.	0%	0%	3%	97%
<p><u>Rarement</u> : «Les sites ne tiennent majoritairement pas compte du point de vue de l'élève. En fait, ils affirment leur propre point de vue sans tenir compte des antécédents des visiteurs.» E17</p> <p><u>Jamais</u> : «Il n'y a aucun site qui nous demande notre point de vue avant de faire l'expérience. On énonce tout simplement ce que sera l'expérience.» E6</p>					
(3-2)	Le site propose une mise en situation à l'élève relative à un phénomène donné et l'invite à identifier les problèmes engendrés.	0%	0%	5%	95%
<p><u>Jamais</u> : «Aucun site consulté ne nous invite à faire cela.» E2</p> <p>«Je n'ai vu aucun site où une mise en situation est présentée pour que l'élève identifie par lui-même le problème à étudier. Sur les sites, il y a toujours le but, l'expérimentation et les résultats.» E8</p>					

Tableau 4 : Pourcentage des réponses des énoncés du thème 3

5.4 Analyse des données relativement au thème 4

En ce qui concerne le Tableau 5, nous y présentons le pourcentage des réponses et les commentaires de quelques étudiants pour chacun des deux énoncés de ce thème portant sur la prédiction des résultats des manipulations réalisées, ainsi que la formulation des hypothèses suite aux manipulations effectuées.

		POURCENTAGE DES RÉPONSES			
		Toujours	Souvent	Rarement	Jamais
(4-1)	Le site invite l'élève à prédire les résultats des manipulations à effectuer le long de la réalisation de l'expérience.	0%	0%	2%	98%
<p><u>Rarement</u> : «Non, malheureusement ce n'est pas tous les sites qui le mentionnent. Certains, tout au long de la manipulation, demandent plusieurs questionnements, par exemple : Note ce que tu observes dans ton cahier : le ballon reste-t-il collé au mur? Si oui, combien de temps?» E5</p>					
(4-2)	Le site invite l'élève à formuler des hypothèses en se basant sur les observations découlant des différentes manipulations réalisées dans le cadre d'une expérience.	0%	0%	6%	94%
<p><u>Jamais</u> : «La plupart des sites sont plutôt incomplets pour ce qui est de suivre une démarche scientifique rigoureuse et de noter les hypothèses, observations et conclusions. Les sites ne s'attardent que sur les manipulations et le matériel nécessaire.» E13 «Le site ne nous invite pas clairement à formuler une hypothèse. Toutefois, il est certain qu'après avoir réalisé l'expérience, nous serons plus tentés à formuler une hypothèse en se basant sur les résultats de l'expérience.» E23</p>					

Tableau 5 : Pourcentage des réponses des énoncés du thème 4

5.5 Analyse des données relativement au thème 5

Au Tableau 6, nous présentons le pourcentage des réponses et quelques commentaires des étudiants. Ce thème porte sur l'établissement par l'élève de relations entre les variables qui entrent en jeu dans l'expérience et la synthèse des résultats sous forme de modèle explicatif.

		POURCENTAGE DES RÉPONSES			
		Toujours	Souvent	Rarement	Jamais
(5-1)	Le site invite l'élève à établir la relation qui existe entre les variables qui sous-tendent l'expérience.	0%	0%	10%	90%
<p><u>Rarement</u> : «La plupart du temps, les expériences sont seulement détaillées avec les résultats. Il n'y a aucune réflexion par rapport à l'expérience.» E8</p>					
(5-2)	Le site invite l'élève à réaliser une synthèse des résultats obtenus lors de l'expérience sous forme de modèle explicatif.	0%	0%	10%	90%
<p><u>Rarement</u> : «Comme les expériences sont pour les enfants, on nous propose de légères synthèses préparées d'avance et on demande de faire le point, mais pas selon certaines lois ou modèles.» E19 <u>Jamais</u> : «Certains sites nous offrent des résultats sous formes de modèles ou de lois, mais ils ne nous demandent pas de faire nous-mêmes la synthèse. Dans la plupart des sites, les résultats sont toujours donnés sans que nous ayons à réfléchir sur ce que nous avons obtenu.» E8 «Les résultats sont déjà mentionnés et ils sont écrits textuellement dans la fiche de l'expérience.» E10</p>					

Tableau 6 : Pourcentage des réponses des énoncés du thème 5

5.6 Analyse des données relativement au thème 6

Le tableau 7 présente les pourcentages des réponses et quelques commentaires des étudiants relativement aux trois énoncés du présent thème concernant diverses considérations entourant le développement des connaissances scientifiques dans différentes sociétés et différentes époques.

		POURCENTAGE DES RÉPONSES			
		Toujours	Souvent	Rarement	Jamais
(6-1)	Les expériences proposées sont situées dans un contexte historique.	3%	27%	60%	10%
<p><u>Toujours</u> : «De cette façon, lorsqu'on se trompe on peut remarquer qu'on passe par le même chemin que les grands scientifiques. En apprenant cela, on y trouve beaucoup de motivation.» E7</p> <p><u>Souvent</u> : «Il faut consulter les autres sections du site pour avoir les informations historiques.» E11</p> <p><u>Rarement</u> : «La plupart des sites proposaient des expériences mais n'avaient aucune notion d'histoire reliée à celles-ci.» E2</p> <p>«Je n'ai pas trouvé que l'on situait particulièrement les expériences dans l'histoire, malgré que certains sites racontaient l'histoire des différents phénomènes à merveille, le lien n'était pas fait avec les manipulations proposées.» E13</p> <p><u>Jamais</u> : «C'est une des lacunes de ces expériences. Elles ne font jamais référence à l'histoire qui a mené à les réaliser.» E9</p>					
(6-2)	Le site vous souligne les difficultés d'ordres conceptuel, économique, social et politique rencontrées par les scientifiques pour réaliser leurs travaux.	0%	17%	43%	40%
<p><u>Rarement</u> : «Certains sites ne font que divulguer l'information du concept. Par contre, plusieurs énoncent effectivement les difficultés rencontrés (ex : modèle de l'atome, lampe à incandescence).» E11</p> <p><u>Jamais</u> : «Aucun site ne souligne les difficultés rencontrées par les scientifiques pour réaliser leurs expériences, ce qui est bien dommage, car cela démontrerait tous les efforts et le cheminement de leur expérimentation (contexte et histoire).» E9</p> <p>«Jamais je n'ai vu dans les sites proposés dans ce travail, d'indication au niveau des difficultés qui pourraient survenir lors de l'élaboration de l'expérience. Cela aurait pourtant été très intéressant pour pouvoir, par la suite, les faire avec les enfants.» E20</p>					
(6-3)	Le site vous souligne les erreurs commises par les scientifiques lorsqu'ils sont amenés à interpréter les observations qui résultent de leur expérience.	0%	7%	43%	40%
<p><u>Souvent</u> : «La plupart du temps, on est au courant des erreurs des scientifiques qui les ont amenées à essayer d'autres possibilités pour arriver aux résultats qu'ils désiraient obtenir ou pour permettre à un autre scientifique de ne pas répéter leurs erreurs.» E17</p> <p><u>Rarement</u> : «Dans le cas des sites qui présentaient des notions historiques sur un sujet, une petite minorité relatait des erreurs commises par le passé.» E21</p> <p><u>Jamais</u> : «C'est dommage de ne pas savoir quelles erreurs les scientifiques ont rencontrées. On pourrait comparer nos propres erreurs avec les leurs.» E8</p>					

Tableau 7 : Pourcentage des réponses des énoncés du thème 6

6 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

La quasi-totalité des sites étudiés par les étudiants ne contient pas des logiciels proposant des expériences simulées qui amèneraient l'élève à accomplir différentes actions de nature expérimentale. Par exemple, l'élève devrait réaliser un montage à l'aide d'une banque de composantes, il devrait aussi prédire les résultats de la manipulation, changer les paramètres de la situation à l'aide de contrôles prévus par le logiciel de simulation et vérifier la valeur de sa prédiction en observant les résultats obtenus. C'est donc dire que l'élève aurait pu expérimenter lui-même les différentes phases d'une investigation scientifique. Ainsi, l'exploration des multiples possibilités qu'un tel médium peut offrir aux élèves, en termes de simulation et de modélisation n'est malheureusement pas exploitée ce qui, selon nous, constitue une lacune majeure.

Quand à l'observation, une des phases essentielles de la démarche expérimentale, la majorité des sites dirigent l'observation de l'expérience par des questions fermées et ne permet pas à l'élève une grande liberté dans l'observation, la réalisation et l'interprétation de l'expérience. Cette façon de procéder s'apparente à celle préconisée par plusieurs manuels (Métoui et Trudel, 2007) et enseignants (Logier et Lefevre, 1993; Nonon et Métoui, 2003) lorsqu'il s'agit d'initier les élèves du primaire et du secondaire à la démarche expérimentale. Ainsi, d'une façon générale pour chaque expérience présentée dans le site, on se contente de préciser très succinctement l'objectif poursuivi, le matériel nécessaire pour faire l'expérience et comment la réaliser. Les explications scientifiques présentées et le questionnement qui en découle suite à l'expérimentation ne sont pas suffisamment précisés en ce qui a trait (1) aux objectifs visés, (2) au niveau d'approfondissement à atteindre, (3) aux pièges à éviter, (4) aux erreurs que les scientifiques commettent lors de l'interprétation de certaines expériences et leurs impacts sur l'avancement de la science, (5) aux falsifications des résultats des expériences réalisées par certains chercheurs en vue d'obtenir de l'argent pour continuer leur recherche et avoir une renommée au sein de la communauté scientifique, (6) aux concepts et aux principes les plus importants, (6) aux modèles des élèves à l'égard des notions étudiées et les abus du langage commun relativement au langage scientifique, (7) aux limites des lois, des analogies et des théories soulevées, et (8) aux aspects culturel, historique, géographique, économique, politique et religieux (notons que ces aspects sont importants pour comprendre la nature des enjeux qui influence le développement de la science et les obstacles que les scientifiques rencontrent pour mener à terme leurs travaux).

Selon l'ensemble de ces considérations, nous croyons qu'il est essentiel de développer des productions médiatiques sur Internet pour permettre aux jeunes d'acquérir des connaissances reliées aux sciences tout en leur donnant le goût de faire les sciences qu'ils trouvent ennuyantes selon l'OCDE (2005). Comment bâtir de tels sites pour leur permettre d'acquérir les rudiments de la démarche expérimentale, tout en leur communiquant le plaisir d'apprendre. Il s'agit d'un défi qui n'est pas facile et par conséquent, cela dépasse le cadre du présent travail. Cependant, nous allons tout de même proposer l'armature de tels sites que nous pensons possible de construire grâce aux avancées en technologie informatique et en didactiques des sciences.

7 SUGGESTION DES LIGNES DIRECTRICES POUR CONCEVOIR UN SITE WEB INTERACTIF

Plusieurs auteurs ont suggéré, pour favoriser l'engagement des élèves, la conception d'activités qui permettraient d'être impliquées dans des tâches interactives (Denommé et Roy, 1998). À cet égard, l'utilisation d'environnements informatiques permettrait à l'élève d'avoir accès à diverses sources d'information et lui procurerait un soutien dans sa démarche d'appropriation des concepts scientifiques grâce à des logiciels de simulation et de modélisation. En particulier, les activités de modélisation de phénomènes à l'aide des applets permettraient à l'élève d'identifier les caractéristiques importantes des phénomènes, de formuler des règles qui expliquent leurs propriétés et de vérifier leur validité en agissant

directement sur les contrôles prévus à cette fin (Cox, Belloni et Christian, 2005). Lors de ces activités, l'élève recevrait des rétroactions de la part du logiciel, ce qui lui permettrait d'ajuster sa démarche d'apprentissage en conséquence (Hattie et Timperley, 2007). De plus, les choix laissés à l'élève dans la poursuite de ses propres intérêts et le support qu'il recevrait dans sa démarche pourraient faciliter l'acquisition des concepts et des méthodes scientifiques, tout en favorisant l'établissement d'attitudes favorables envers les sciences (Schraw et al., 2007). Pour atteindre cet objectif, l'aspect interactif doit constituer la toile de fond du site qu'on peut développer grâce aux technologies informatiques de pointe, de plus en plus accessibles, et aux connaissances acquises sur l'état cognitif des élèves. Selon nous, ce caractère interactif doit se manifester à deux niveaux : 1) dans la conception même de l'interface utilisateur qui exigera de l'utilisateur qu'il pose des actions (répondre à une question ou choisir des éléments avec les rétroactions appropriées), en plus de se montrer souple, simple et fluide; 2) par la possibilité pour les usagers auxquels il est destiné de contribuer à son enrichissement grâce à des situations issues de leurs propres expériences. Un projet évolutif donc, à la manière des sciences expérimentales, dont le point de départ serait la première mouture du site. L'objectif consiste à promouvoir la science et la technologie par l'entremise de la vulgarisation de divers phénomènes associés à ces champs. On doit traiter des découvertes, de leurs applications, de leurs impacts sociaux, économiques et environnementaux. Les conceptions scientifiques et technologiques développées à travers différentes époques et sociétés constitueront la toile centrale du site qui inclura également les conceptions construites par les élèves, suite à leurs multiples interactions avec ces phénomènes.

Les thèmes choisis devront être abordés par le biais de différents modules centrés sur des questionnements épistémologiques, sur l'expérimentation à l'aide de logiciels de simulation, sur l'expérimentation à l'aide de matériel de laboratoire et des considérations historiques et sociales, comme illustré à la prochaine section dans le cas de l'électrostatique. Pour favoriser l'interactivité, il est nécessaire au préalable de connaître les conceptions des élèves et à cet égard, il aura à répondre à des questions sur le site même de l'activité. Selon les réponses obtenues, le logiciel lui proposera des expériences simulées qui l'amèneront à accomplir différentes actions de nature scientifique : prédire les résultats de l'expérience simulée, changer les paramètres de la situation à l'aide de contrôles prévus par le logiciel de simulation et vérifier la valeur de cette prédiction en observant les résultats obtenus. C'est donc dire que l'élève aura pu expérimenter lui-même les différentes phases d'une investigation scientifique. Pour interpréter les expériences, on doit favoriser la modélisation des propriétés des phénomènes étudiés et suite à cette démarche, on devra prévoir des activités permettant à l'élève d'appliquer les concepts scientifiques à des événements de la vie quotidienne. Ensuite, l'élève pourra réaliser de petites expériences mettant en jeu les principaux concepts étudiés. Au sujet des références électroniques, des indications seront données pour le guider dans ses lectures et lui éviter de se perdre dans certains détails qui risquent de le décourager! Il est aussi important que les activités proposées rendent compte à la fois du langage parlé des élèves, résultant d'une approbation qui fait consensus dans une communauté donnée et dont la signification peut varier d'une société à une autre (Solomon, 1993), et du langage scientifique résultant d'une approbation qui fait consensus dans la communauté scientifique et qui, contrairement au langage parlé, n'a «ni appartenance nationale ni appartenance de classe» (Encyclopaedia Universalis, 1980). Cette dualité entre le langage parlé et le langage scientifique constituera le noyau central de la structure du site que nous proposons. Par exemple, nous allons voir que les diverses conceptions scientifiques développées à travers différentes époques seront confrontées à celles des élèves par l'entremise d'un questionnement et d'expérimentations simulées. Notons que malgré les multiples facteurs (langue, culture, histoire, géographie, économie, politique et religion) qui peuvent influencer la construction des conceptions des élèves relativement aux notions scientifiques, leurs conceptions sont partagées. En effet, l'analyse des recherches portant sur les conceptions d'élèves provenant de plusieurs cultures et communautés linguistiques à l'égard des notions telles que la lumière, la chaleur, la vitesse, l'électricité, le mouvement, la respiration et la digestion, se ressemblent étonnamment.

8. EXEMPLE DE THÈME À DÉVELOPPER : ÉTUDE DE PHÉNOMÈNES ASSOCIÉS À L'ÉLECTROSTATIQUE

Ce thème peut être abordé par le biais de différents modules centrés sur des questionnements épistémologiques, l'expérimentation à l'aide de logiciels de simulation, l'expérimentation à l'aide de matériel de laboratoire et des considérations historiques et sociales comme illustré ci-dessous, bien entendu sous une forme synthétique.

Module 1 Questionnaire d'introduction à choix multiples (QCM) : en s'inspirant des travaux sur les fausses conceptions des élèves à l'égard des phénomènes reliés à l'électrostatique, on peut construire un QCM qui invitera l'élève à choisir une réponse sur une question qui lui sera familière afin qu'il puisse se sentir en confiance. Il aura comme consignes de choisir au mieux de ses connaissances, sans se justifier ni se soucier de la véracité de sa réponse qu'il aura par ailleurs l'occasion de vérifier. Un tel questionnaire aura pour objet de lui permettre d'exprimer ce qu'il connaît implicitement ou explicitement sur l'électrostatique.

Module 2 Mise en situation : cette étape importante doit avoir pour objet d'introduire le thème qui sera étudié au prochain module. L'élève doit savoir entre autres pourquoi on doit recourir à une expérimentation pour étudier les phénomènes d'attraction et de répulsion électrostatique. Cela lui évitera d'avoir le sentiment d'exécuter une recette, sans être convaincu de la pertinence du recours à l'expérimentation.

Module 3 Simulation du phénomène d'attraction et de répulsion électrostatiques à l'aide d'un pendule électrostatique : on demandera à l'élève d'observer attentivement les résultats d'une expérience simulant les phénomènes d'attraction et de répulsion électrostatiques entre des objets frottés. Il devra noter par écrit l'essentiel de ses observations. Ensuite, on lui demandera de les vérifier en lui présentant une synthèse des plus importantes qui découlent de cette simulation. Nous l'inviterons ensuite à vérifier à l'aide de matériel que nous lui suggérerons les résultats de la simulation. Cette activité servira à l'amener à identifier certaines conditions, comme l'humidité ou le degré de frottement entre objets, qui pourraient perturber les résultats des manipulations suggérées. Après, quelques considérations historiques seront présentées et cette étape servira à identifier les difficultés et les erreurs que les scientifiques ont rencontrées. Par exemple, quelles sont les erreurs de William Gilbert qui a expérimenté les propriétés d'objets frottés. L'élève saura aussi comment on est parvenu pour la première fois à observer le phénomène de la répulsion électrostatique que Gilbert n'a jamais pu observer. Ces considérations historiques constitueront aussi un prélude à l'étude des conducteurs et des isolants, ainsi que du fonctionnement d'un électroscope.

Module 4 Simulations du fonctionnement d'un électroscope, de conducteurs et d'isolants.

Module 5 Simulations du fonctionnement d'un paratonnerre (Franklin) et du phénomène de l'éclair (dangers associés et modes de protection).

Pour les modules 4 et 5, on répétera la même démarche que pour les modules 2 et 3.

Module 6 Interprétation des expériences étudiées selon le modèle atomique de la matière.

Module 7 Étude de quelques applications de l'électrostatique.

Module 8 Retour sur le questionnaire d'introduction : l'élève devra à nouveau répondre au questionnaire d'introduction afin de réajuster ce qu'il vient d'étudier (s'il y a lieu). Si la réponse avancée est erronée, l'élève recevra une analyse de sa réponse ainsi qu'un résumé de la solution. Si sa réponse s'avère juste, il recevra tout de même un résumé de la réponse, au cas où il aurait répondu en ne s'appuyant sur aucun raisonnement ou sur un raisonnement faux.

Module 9 Questionnaire de renforcement à double choix multiples : l'élève aura à choisir entre quelques affirmations sur une situation donnée, et il devra choisir entre quelques justifications pour expliquer sa réponse. Comme précédemment, une boîte de dialogue gèrera les réponses avancées.

Module 10 Projets : cette fois-ci, quelques projets seront suggérés à l'élève et aucun suivi préalable ne lui sera soumis ainsi que des références bibliographiques dans le web reliées aux thèmes étudiés. Au sujet des références, des indications seront données pour le guider dans ses lectures et lui éviter de se perdre dans certains détails qui risquent de le décourager!

CONCLUSION

De part le monde, il existe plusieurs organismes et individus qui proposent des activités scientifiques dans le but d'intéresser les jeunes à la science et à la technologie. Ces activités exercent une influence certaine sur certains mais, elles ne suffisent pas à constituer un "savoir de base" permettant de servir de cadre de référence pour juger des réalités ou des événements et prendre les décisions adéquates. Ces informations ponctuelles, descriptives et stimulantes, mais aussi incomplètes et parfois erronées, offrent rarement l'occasion de connaître le processus qui préside à la construction de la science ou de la technologie. Elles peuvent contribuer, en l'absence d'une pensée critique, à générer une représentation qui échappe difficilement à l'emprise de la pensée magique et à des interprétations erronées du rôle de la science, de la technologie et de leur démystification.

Selon ces considérations, nous pensons qu'il reste encore beaucoup à faire dans ce champ complexe et important de la vulgarisation scientifique, particulièrement au niveau pédagogique. Dans cette optique, le développement de sites Web interactifs, conçus essentiellement pour les élèves du primaire et du secondaire pourrait créer un engouement pour les sciences, et qui sait, peut-être autant qu'il en a pour les jeux sur le Web!

Le développement de tels sites Web devraient : (1) permettre à l'élève d'effectuer une démarche d'apprentissage réflexive, dépouillée des fausses conceptions et des mystifications courantes associées aux sciences et aux technologies; (2) fournir à l'élève du même coup de l'information immédiatement utilisable dans son environnement quotidien et (3) inculquer à l'élève les bases de la démarche scientifique.

BIBLIOGRAPHIE

COX, A.J., BELLONI, M. et CHRISTIAN, W. *Teaching physics with physlet-based ranking task exercises*. The Physics Teacher, 2005, 43 (december), pp.587-592.

De JONG, T. et VAN JOOLINGEN, R. *Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains*. Review of Educational Research, 1998, vol. 68, n° 2, pp. 179-201.

DENOMME, J.-M. et ROY, M. 1998. *Pour une pédagogie interactive : La triade étudiant-enseignant-environnement*. Montréal : Gaëtan Morin Éditeur.
ENCYCLOPOEDIA UNIVERSALIS, 1980, vol. 14.

GLASER, R.E. et CARSON, K.M. *Chemistry in the news : Taxonomy of authentic news media-based learning activities*. International Journal of Science Education, 2005, vol. 27, n° 9, pp.1083-1098.

HATTIE, J. et TIMPERLEY, H. *The power of feedback*. Review of Educational Research, 2007, vol.77, n° 2, pp. 81-112.

Jacquet, P. *Le poids économique des nouvelles technologies. Revue La société du savoir, L'impact des nouvelles technologies sur la vie quotidienne, l'économie, l'éducation, la formation, la démocratie...*, 2001, n° 32, Mars-Avril-Mai, Hors-série, pp. 28-31.

LOGIER, A. et LEFEVRE, R. *Prévoir et observer le fait expérimental au cours moyen*, Aster, 1993, n° 16, pp. 143-169.

MÉTIOUI, A. et TRUDEL, L (2007). *Analyse critique des expériences proposées dans les manuels destinés aux jeunes de 8 à 12 ans: Magnétisme, électrostatique et circuits électriques*. In Critical Analysis of School Science Textbooks, P. Clément (dir.), 2007, IOSTE International Meeting Tunisia Hammamet, 7 to 10, February, 12 pages.

NONNON, P. et MÉTIOUI, A. (2003). *L'appropriation du processus de vérification expérimentale par des étudiants en formation des maîtres au secondaire : exemple de la diffusion de la chaleur dans un liquide*, RES (Revue de l'Enseignement Supérieur), Academica, vol. 21, no 1, pp. 39-61.

NACHMIAS, R. et TUVI, A. *Taxonomy of scientifically oriented educational websites*. Journal of Science Education and Technology, 2001, vol. 10 n° 1, pp. 93-104.

SCHRAW, G., CRIPPEN, K.J. et HARTLEY, K. 2006. *Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning*. Research in Science Education, 36, 111-139.

SOLOMON, J. (1993). *The Social Construction of Children's Scientific Knowledge*. In P. J. Black et A.M. LUCAS (dir.), Children's Informal Ideas in Science. London : Routledge.

TUVI, A. et NACHMIAS, R. *A study of web-based learning environments focusing on atomic structure*. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 2005, vol. 22, n° 3, pp. 225-240.

TUVI, A. et NACHMIAS, R. *Current state of web sites in science education – Focus on atomic structure*. Journal of Science Education and Technology, 2001, vol. 10, no 4, pp. 293-303.

VAN JOOLINGEN, W.R. et DE JONG, T. *An extended dual search space model of scientific discovery learning*. Instructional Science, 1997, 25, pp. 307-346.