

Les TIC et les nouvelles perspectives pour des travaux de laboratoire à distance et en mode « lab@home »

Radhi **Mhiri**

École de technologie supérieure, radhi.mhiri@etsmtl.ca

Vahé **Nerguizian**

École de technologie supérieure, vahe.nerguizian@etsmtl.ca

Hamadou **Saliah-Hassane**

Télé-université du Québec, saliah@teluq.ca

Maarouf **Saad**

École de technologie supérieure, maarouf.saad@etsmtl.ca

Hamdjatou **Kane**

Université du Québec en Outaouais, hamdjatou.kane@uqo.ca

Jean-Sébastien **Deschênes**

Université du Québec à Rimouski, jean-sebastien_deschenes@uqar.ca

Résumé

Le fonds du développement académique du réseau de l'Université du Québec (FODAR) s'est intéressé à financer un projet dénommé T-lad pour les travaux de laboratoires à distance. Nous présentons dans cette communication la solution de laboratoire chez soi (Lab@home), mise en œuvre dans deux cours techniques, l'un à l'École de technologie supérieure (ÉTS) et l'autre à la Télé-université du Québec (TELUQ), ainsi qu'un cours de gestion des opérations et de la production à l'Université du Québec en Outaouais (UQO). L'évolution des TIC et des technologies électroniques nous permettent d'envisager une nouvelle extension du laboratoire pour l'amener à domicile (Lab@home). L'idée est de profiter de la miniaturisation et des coûts de plus en plus réduits de certains équipements et des facilités offertes par le PC. L'étudiant disposera d'un kit miniature qui intègre l'électronique de base permettant la génération et le traitement des divers types de signaux. L'ordinateur, associé au kit, joue le rôle d'un ensemble d'appareils de mesure, mais pourrait aussi favoriser le travail collaboratif en assurant en même temps les échanges entre pairs et les échanges avec la personne tutrice. La communication proposée détaillera ces différents aspects, présentera des illustrations concrètes des travaux du projet en cours et discutera les implications pédagogiques et les perspectives de conduite des travaux de laboratoire combinant trois modes : des séances dans le laboratoire, des séances à distance et d'autres chez soi.

Mots clés

Laboratoire à distance, Lab@home, e-learning, TIC, kit électronique

1. Introduction

L'évolution des technologies de l'information et de la communication (TIC) a généré une véritable révolution dans plusieurs secteurs et notamment dans les systèmes de formation, où les expériences de e-learning ont connu un développement sans précédent.

Dans de nombreuses organisations, le e-learning fait partie de la stratégie d'apprentissage et il est entièrement adopté dans différents programmes de formation.

La situation est un peu différente pour les formations nécessitant des travaux de laboratoire, car la manipulation de matériel et la conduite d'expérience réelle ne sont pas aussi simples à faire si l'on n'est ni au laboratoire ni dans un environnement similaire. Le problème se pose particulièrement dans le cas des formations scientifiques et technologiques.

Il est communément admis que les travaux de laboratoire sont indispensables, mais on précise peu ce que ces travaux doivent permettre à l'étudiant d'accomplir et apporter au niveau de l'apprentissage (Feisel & Rosa, 2005).

La pratique réelle a tendance à confirmer le constat fait dans les publications du *Journal of Engineering Education*, qui met en évidence l'importance encore limitée accordée à l'amélioration et l'exploitation efficaces de ces activités. La recommandation de Bucciarelli (2000) reste aujourd'hui encore valable : « il est recommandé de revoir les objectifs des travaux effectués en laboratoire afin de développer des méthodes innovantes pour répondre à ces objectifs ». C'est dans le cadre de cette réflexion que sont nés des projets basés sur l'utilisation des TIC visant à développer des approches appropriées pour réaliser les travaux de laboratoire de manière différente.

2. Les projets

Le projet FODAR repose sur le concept de laboratoire chez soi (Lab@home). Le concept est mis en œuvre dans deux cours à l'École de technologie supérieure (ÉTS) et à la TELUQ où les travaux de laboratoire nécessitent du matériel et des équipements de laboratoire (Site TLAD). Le projet considère aussi le cours Gestion des opérations et de la production de l'Université du Québec en Outaouais. Le projet est également enrichi par l'expérience que l'équipe de l'Université du Québec à Rimouski a acquise à travers des travaux de laboratoire à distance.

Cet article présentera les travaux développés dans le cadre de ce projet FODAR (<http://tlad.etsmtl.ca/>) et prendra appui aussi sur les réalisations d'un projet de laboratoire à distance développé par la collaboration entre l'École de technologie supérieure de Montréal et les cégeps (collèges d'enseignement général et professionnel) de Granby, de Sorel-Tracy et de Valleyfield.

3. Lab@home

Depuis que les environnements informatiques sont devenus accessibles, on a vu se développer un usage répandu des simulations numériques pour divers concepts scientifiques et divers processus techniques. La simulation sous cette forme logicielle a pris alors une place de choix dans les systèmes de formation : elle permettait d'illustrer des phénomènes complexes et servait souvent de support convivial pour tester et comprendre diverses notions. Toutefois, ces solutions ne pouvaient traduire la réalité physique des systèmes et ne permettaient pas à l'étudiant un contact direct avec ces systèmes. L'usage de ces simulations ne permettait pas le développement de compétences pratiques qui sont particulièrement importantes dans le cas des formations scientifiques et techniques.

Avec l'évolution de l'électronique, on assiste à la miniaturisation de divers dispositifs et à la réduction de leurs coûts. Ceci est à l'origine du concept de laboratoire chez soi (Lab@home) pour les formations en génie électrique. On peut ainsi sur une surface réduite disposer de l'électronique nécessaire à l'acquisition ou la génération de signaux ainsi que de leurs traitements et leurs transferts vers une interface qui communique avec un ordinateur. Nous avons choisi dans notre expérimentation d'utiliser le kit « Electronics Explorer » de Digilent (<http://digilentinc.com/>). Ce kit, connecté par un câble USB à un ordinateur sur lequel on a installé le logiciel approprié, peut jouer le rôle de cinq appareils de laboratoire comme l'illustre la figure 1 (alimentation électrique, générateur de signaux, multimètre, oscilloscope et analyseur de signaux). La face du kit est une plaque d'essai (« breadboard ») qui permet le câblage et le test de tout type de circuit électronique.

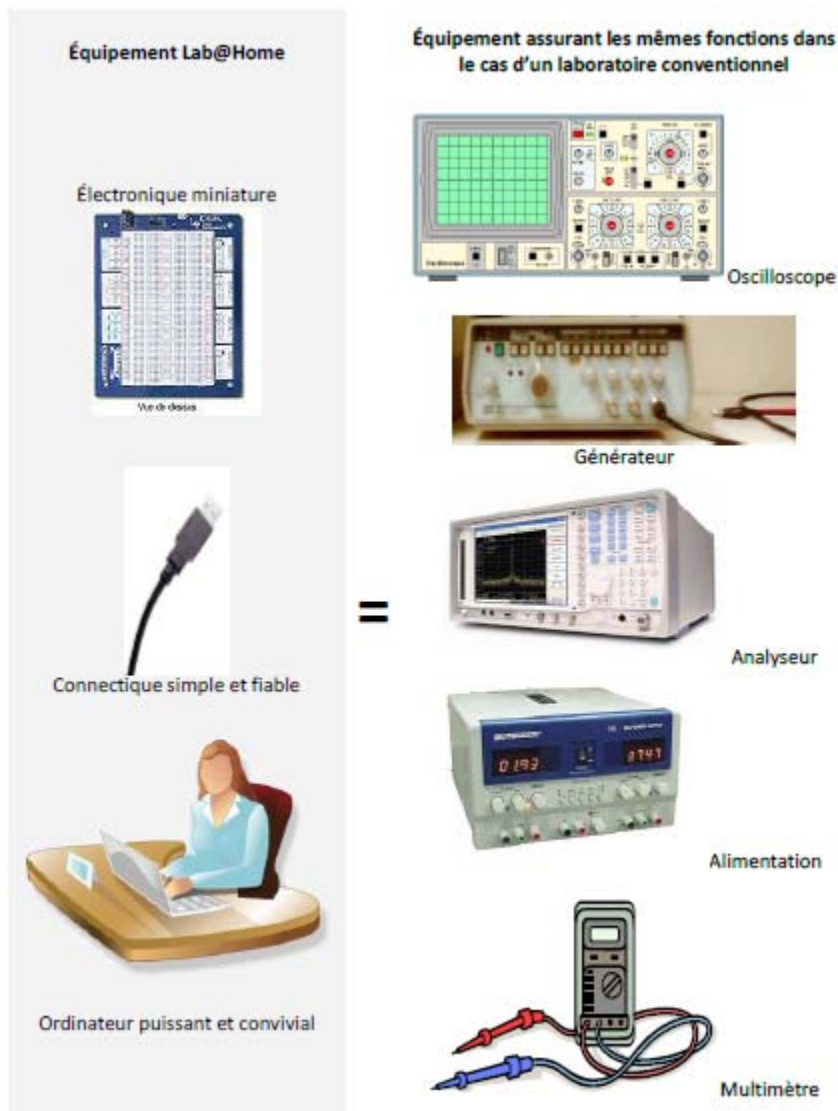


Figure 1. Le dispositif Lab@home (kit +PC) joue le rôle de plusieurs appareils de laboratoire.

Ce dispositif s'offre à divers modes d'exploitation dans le cadre des travaux de laboratoire en génie électrique. En raison de sa flexibilité et de son coût limité, il représente une solution économique très intéressante pour équiper les laboratoires et remplacer une multitude d'appareils coûteux. C'est un premier mode d'utilisation du kit dans le laboratoire conventionnel.

Le deuxième mode est encore plus intéressant. Il s'agit de l'utilisation du kit par l'étudiant chez soi pour réaliser les travaux de laboratoire habituels. Ce genre de kit a un coût très raisonnable comparé au coût du PC et des livres scientifiques. L'étudiant qui va l'acheter pourra l'utiliser durant tout son parcours de formation.

Grâce aux environnements numériques d'apprentissage (ENA), on peut facilement envisager le travail en équipe et à distance.

Dans nos premières expérimentations, nous avons utilisé l'environnement de téléconférence « Bridgit » pour tester la faisabilité d'un travail de laboratoire par équipes de deux étudiants. On a besoin dans ce cas d'un seul kit par équipe. Une fois le kit installé sur le PC de l'un des étudiants, les autres pourront voir l'évolution de la manipulation par partage d'écran. La communication par image et son recrée un environnement similaire à celui d'une séance de laboratoire en présentiel. Celui qui a installé le kit peut donner à tour de rôle le contrôle des opérations aux autres membres de l'équipe pour que chacun réalise une partie du travail demandé.

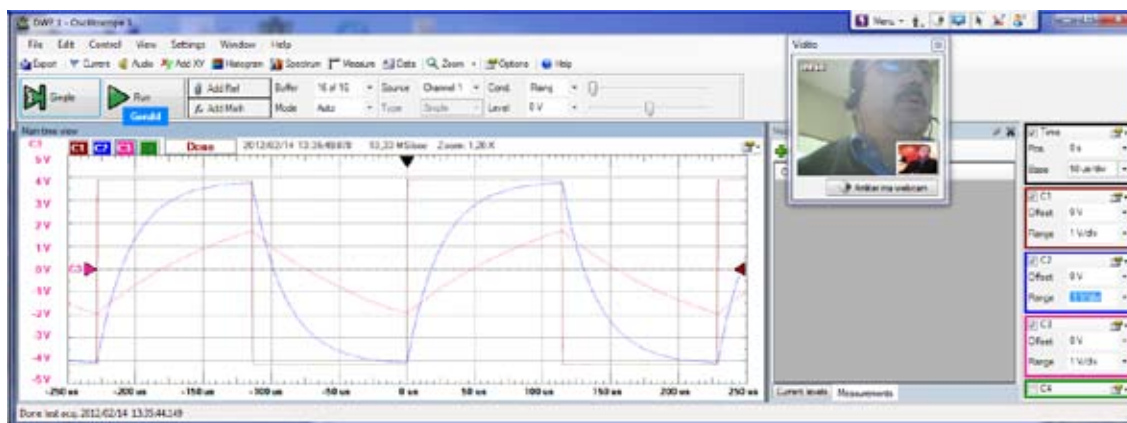


Figure 2. Partage d'écran lors d'un travail de laboratoire utilisant le kit DIGILENT.

Dans un troisième mode possible, chaque étudiant possède son propre kit. Les membres de l'équipe se répartissent les tâches avec une vision collaborative puis se réunissent sur « Bridgit » pour discuter de leurs résultats respectifs et élaborer un rapport commun. L'approche est aussi valable pour réaliser des travaux décrits par des instructions précises que pour réaliser des mini-projets par petits groupes.

Dans un autre mode que nous considérons aussi, la personne tutrice soutient la réalisation de ces travaux à distance. Les étudiants collaborent entre eux à travers l'ENA et la personne tutrice offre son soutien aux diverses équipes à distance à tour de rôle.

4. Le LAD

Pour le cas des travaux de laboratoire nécessitant des équipements coûteux et non déplaçables, nous avons recours à des solutions permettant l'utilisation de ce matériel à distance. Nous sommes alors dans le mode de laboratoire à distance (LAD). Ce type de solution se développe déjà depuis plus d'une vingtaine d'années et profite continuellement des prouesses de la technologie (Saad, Saliah-Hassane, Hassan, El-Guetioui, & Cheriet, 2001).

Le serveur représente le noyau central de la configuration du LAD. Il assure à la fois le contrôle et les échanges avec l'équipement du laboratoire. Il prend également en charge la communication et la gestion d'accès pour les utilisateurs à travers le réseau d'Internet.

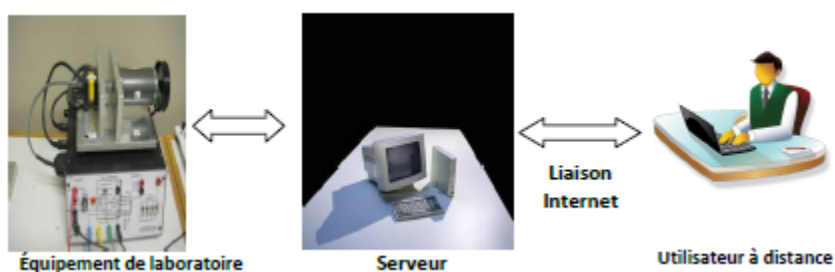


Figure 3. Schéma synoptique d'une configuration de LAD.

Nous avons déjà traité divers aspects relatifs à ce mode de laboratoire dans le cadre d'un projet de collaboration (site LAD) entre l'ÉTS et les cégeps de Granby, de Sorel-Tracy et de Valleyfield. (<http://elab.etsmtl.ca/>) Nous avons considéré les aspects techniques et notamment le mode de communication à distance où nous utilisons pour certaines applications un module approprié développé autour du logiciel « Labview » qui gère en même temps les équipements et la réalisation des travaux demandés. Dans d'autres cas d'application, nous passons par des serveurs passerelles (ex. : LogmeIn, Radmin). Ces solutions garantissent la sécurité de l'échange d'informations et le partage contrôlé avec plusieurs utilisateurs en même temps. Un utilisateur principal a le contrôle du serveur de laboratoire tandis que les autres utilisateurs sont en mode d'observation. L'utilisateur principal peut transférer le contrôle à un des autres utilisateurs observateurs.

5. Expérimentations

Quelques premiers essais expérimentaux des divers LAD développés ont été conduits. Des essais ont été faits dans chacun des cégeps pour voir la réaction des étudiants et leurs appréciations. D'autres essais ont été menés entre les cégeps pour valider le partage des ressources de laboratoire. Des expérimentations ont été conduites aussi à l'ÉTS et même entre institutions éloignées à grande distance. Ces essais avaient pour but d'évaluer la réaction des utilisateurs et d'identifier les améliorations à apporter en matière de présentation, de navigation et de convivialité.

Le nombre d'étudiants ayant expérimenté ces dispositifs est encore limité (une trentaine d'étudiants); les expérimentations ont toutefois révélé l'intérêt et la motivation des étudiants à l'égard de ces projets. Les apprenants ont exprimé leur satisfaction quant aux étapes préparatoires du LAD (Pré-LAD) et aux indications fournies pour la réalisation des travaux du LAD. Ces premières appréciations peuvent être vues sur des enregistrements vidéo ou dans des commentaires écrits faits par les étudiants. Une étape d'expérimentation plus élargie est en cours dans le cadre de formations officielles des cégeps.

Les essais du laboratoire chez soi (Lab@Home) ont été réalisés pour valider la fonctionnalité des outils et des environnements de partage utilisés pour la mise en œuvre de travail d'équipe à distance. Le développement du projet est en cours pour appliquer ces approches sur trois cours :

- Circuit électronique (ELE200) de l'École de technologie supérieure;
- Travail scientifique et technologie de l'information (TEC1230) de la TELUQ;
- Gestion des opérations et de la production (MNG1483) de l'Université du Québec en Outaouais.

L'aspect pédagogique occupe une place particulière dans nos projets. Nous veillons à enrichir les travaux de laboratoire en les reliant à des exemples de situations authentiques en nous appuyant sur des séquences vidéo accessibles sur le Web et qui décrivent une application ou un produit industriel. L'approche par projet pour le laboratoire a été déjà testée dans des expérimentations pilotes à l'ÉTS (Nerguizian & Rafaf, 2008). Ces approches permettent de contextualiser le travail demandé et de lui donner plus de sens et de signification pour l'étudiant.

6. Conclusion

Les projets décrits dans cet article considèrent principalement le cas des travaux de laboratoire qui sont appelés à gagner en importance, particulièrement dans les formations scientifiques et techniques. L'évolution de la technologie a permis le développement de kits miniatures qui, connectés à un PC, permettent de remplir les fonctions d'une multitude d'appareils de laboratoire classiques. Ceci a permis d'envisager la réalisation de travaux de laboratoire chez soi. Ce mode peut même être envisagé en travail collaboratif grâce aux plateformes de communication. La réalisation des travaux de laboratoires à distance avec les équipements disponibles au laboratoire est rendue facilement envisageable grâce à Internet.

Ces solutions rendues possibles grâce au développement des TIC offrent de nouvelles perspectives pour améliorer la contribution des travaux de laboratoires dans l'apprentissage particulièrement pour les formations en science et en technologie. Le futur laisse prévoir des solutions encore plus puissantes et plus flexibles par l'entremise du « *cloud computing* » (Saliah-Hassane et al., 2011).

Les différents modes décrits précédemment offrent le laboratoire « au bout du doigt » et permettraient d'envisager de nouvelles articulations entre les séances de cours magistral, celle des travaux dirigés et les travaux de laboratoire; c'est ce que nous développons en adoptant l'approche par problèmes et projets pour la nouvelle forme du cours « Circuit électronique » à l'ÉTS dans le cadre du projet FODAR.

Ces nouveaux modes de laboratoires, qui n'exigent plus la présence physique de l'étudiant dans la salle de laboratoire, pourraient révolutionner l'organisation de ces salles et leurs temps d'occupation. Il ne faudrait pas toutefois perdre de vue l'importance de prévoir des séances pour mettre l'étudiant en contact direct avec

l'équipement réel et de lui permettre de le manipuler et développer les compétences pratiques appropriées. Nous soutiendrons alors un mode hybride qui permettrait de profiter des laboratoires à distance tout en prévoyant quelques séances présentielles.

7. Remerciements

Nous tenons à remercier Sandra Sahli du Cégep de Valleyfield, Gérald Brady du Cégep de Granby et Saber Ouertani du Cégep Sorel-Tracy pour le travail qu'ils ont accompli dans le développement des laboratoires à distance de leurs institutions respectives et pour les expérimentations qu'ils ont conduites avec leurs étudiants.

Références

- Amadou, M. M. D., Saad, M., Kenné, J. P., & Nerguizian, V. (2006, décembre). *Virtual and remote laboratories*. Communication présentée à l'IEEE International Conference on E-Learning, ICELE 2006, Hammamet, Tunisie.
- Bucciarelli, L. L. (2000). ECSL/MIT Engineering Education Workshop, 99 : A report with recommendations. *Journal of Engineering Education*, 89(2), 141-150.
- Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 121-130.
- Nerguizian, V., & Rafaf, M. (2008, juillet). *Problem and project-based approach for analog electronic circuits course*. Communication présentée à la 12th World Multi-Conference on Systemics and Informatics, Orlando, FL.
- Saad, M., Saliah-Hassane, H., Hassan, H., El-Guetioui, Z., & Cheriet, M. (2001, août). *A synchronous remote accessing control laboratory on the Internet*. Communication présentée à l'International Conference on Engineering Education, Oslo, Norvège.
- Saliah-Hassane, H., Saad, M., Ofosu, W. K., Barre, W., Alzouma Mayaki, M., & Amadou, M. M. D. (2011). *Lab@home : Remote laboratory evolution in the cloud computing era*. Washington, DC : American Society for Engineering Education.