

Rapport d'activités pour le projet

Réseau de laboratoires à distance (R-L @d)

Maarouf Saad, Kodjo Agbossou, Hamadou Saliah, Moustapha Dodo
Amadou et Brahim Brahmi

Soumis à :

M. Dominique Gentile

Président

Conférence Internationale des Formations d'Ingénieurs et de
Techniciens d'Expression Française (CITEF)

Soumis le

28 mars 2018

Réseau de laboratoires à distance (R-L @d)

Maarouf Saad, Kodjo Agbossou, Hamadou Saliah, Moustapha Dodo
Amadou et Brahim Brahmi

1) Mise en contexte

Ce projet a pour objectifs 1) la mise en place d'un réseau des laboratoires avec des équipements réels accessibles à distance et 2) le partage en mode mixte, pédagogiquement parlant, d'infrastructures technologiques pour l'apprentissage en science et technique et en génie. Les équipements de ce laboratoire seront manipulés et contrôlés à distance via le réseau Internet. Il s'agit en particulier de concevoir et de réaliser un environnement basé sur une approche modulaire, flexible et accessible en tout temps. Selon cette approche pour chaque séance de laboratoire, un certain nombre de services est disponible. Pour mettre en évidence un concept donné, il est nécessaire d'exécuter un ou plusieurs services. Le développement d'un tel environnement a été testé avec les équipements actuellement utilisés dans les séances de laboratoires du département de génie électrique de l'École de technologie supérieure, mais peut facilement être adapté à d'autres domaines comme l'hydraulique, la physique ou la chimie (génie des procédés).

2) Introduction

Ces deux dernières décennies et grâce au développement et à l'accessibilité de l'informatique, des applications logicielles sont utilisées dans tous les domaines d'activité. Dans le domaine de l'enseignement technique en particulier, des laboratoires virtuels (qui permettent de réaliser des expérimentations à l'aide des simulations) et des laboratoires à distance (qui permettent de réaliser des expérimentations avec des équipements réels) ont été réalisés dans le but d'aider le futur ingénieur à mieux comprendre les concepts théoriques. Cependant l'observation de nos étudiants pendant les séances de laboratoires actuelles montre que l'approche classique qui consiste à fournir une procédure à suivre pour chaque séance de laboratoire afin d'obtenir certains résultats et ensuite les analyser a des limites.

Les principales retombées escomptées avec cette proposition sont multiples. En premier lieu pour l'étudiant, une meilleure vérification de la compréhension des concepts théoriques. Une utilisation maximale et flexible des équipements. En second lieu, un partage des équipements de pointe entre différentes institutions est possible. En troisième lieu, une collaboration nord-sud permet à des institutions d'accéder à des équipements récents et coûteux difficilement accessibles autrement. Finalement, cette approche permet à des professionnels, techniciens ou ingénieurs, de mettre leur connaissance à jour sans nécessairement quitter leur milieu de travail ou leur région éloignée, si c'est le cas. Ils peuvent utiliser ce moyen pour une formation continue avec une grande flexibilité de temps ou d'espace.

Le rapport est composé de 8 sections. La première section est une mise en contexte en rappelant les objectifs du projet. La deuxième section est cette introduction générale. Une classification, ainsi que la description des types de laboratoires est donnée à la section 3. La section 4 donne une description globale de l'environnement développé. La section 5 décrit les différents simulateurs proposés pour la compréhension des concepts théoriques fondamentaux d'un exemple d'un cours de commande pour les étudiants de deuxième année en génie électrique. Les sections 6 et 7 décrivent les laboratoires virtuels et à distance que nous avons développés respectivement. Finalement, une conclusion est donnée dans la section 8. Dans chacune des sections, une description sommaire de l'approche proposée sera donnée.

3) Classification des types de laboratoires

La figure 1 ci-dessous montre la classification proposée des différents types de laboratoires.

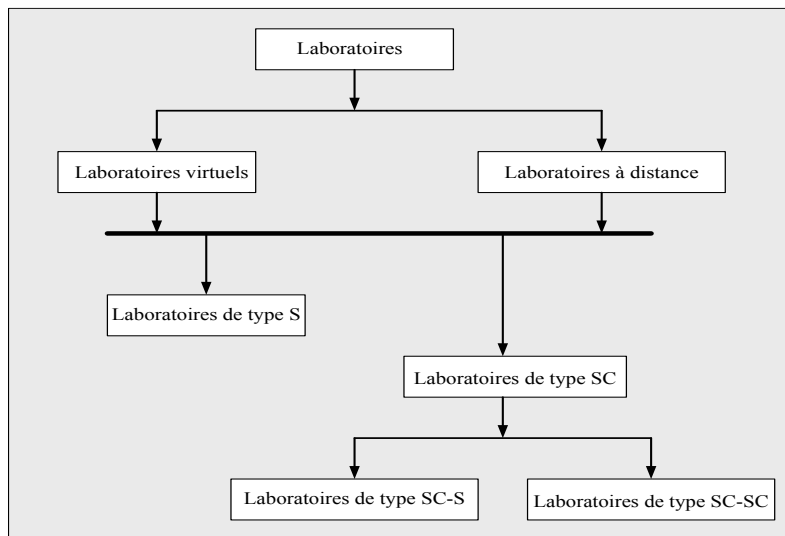


Figure 1 : Classification des laboratoires

Selon qu'il s'agit d'une application simulant le fonctionnement d'un système réel ou contrôlant un équipement réel, on distingue les laboratoires virtuels et les laboratoires à distance. Les laboratoires virtuels sont des laboratoires qui n'utilisent pas les équipements réels, mais plutôt leur modèle mathématique. Ces types de laboratoires possèdent les avantages et inconvénients suivants :

⊙ Avantages :

- Un modèle mathématique à la place du système réel. Donc, peu coûteux;
- Utile pour mieux comprendre les concepts théoriques;
- Peut-être dupliqué;

- Facile à réaliser.

⊙ Inconvénients:

- Diffère du système réel;
- Moins motivant pour les apprenants.

À la différence des laboratoires virtuels, les laboratoires à distance utilisent les équipements réels. Donc, ils sont plus chers et nécessitent un local pour l'emplacement des équipements. Ces laboratoires présentent les avantages suivants :

- Un apprentissage flexible;
- Élimination des contraintes géographiques;
- Réduction des contraintes temporelles;
- Utilisation rationnelle du matériel;
- Partage des équipements entre différentes institutions de formation;
- Réponse aux besoins d'un nombre croissant des étudiants, sans nécessairement ajouter d'autres équipements;
- L'environnement est sécuritaire, car les apprenants ne sont pas dans le même local avec les équipements.

Selon la cible (ordinateur en général) où s'exécute le code de l'application simulant ou contrôlant le système réel on distingue les laboratoires virtuels et les laboratoires à distance peuvent être de type S (Serveur) ou SC (Serveur-Client). À leur tour, les laboratoires de type SC peuvent être divisés en laboratoires de type S ou SC.

Détaillons à présent ces différents types de laboratoires.

Dans les laboratoires de type S le code de l'application réside et s'exécute au niveau du serveur. Ici et dans la suite le terme 'serveur' désigne l'ordinateur contrôlant l'équipement réel ou son modèle mathématique et le terme 'client' désigne l'ordinateur que l'apprenant utilise pour interagir avec l'application ou une partie de l'application qui contrôle l'équipement réel ou son modèle mathématique. Pour les laboratoires de type S un minimum de logiciels est requis du côté client. Généralement, l'apprenant a besoin juste d'une connexion Internet et l'installation d'un ou deux Plug-ins (plugiciels). Ces Plug-ins sont dans la plupart des cas gratuits. Les laboratoires de type S présentent les avantages suivants :

⊙ Facile à réaliser

- L'accès à l'application contrôlant le système étudié se fait à partir d'une **page Web** et nécessite peu ou pas de programmation de la part du développeur.

⊙ Facile à utiliser

- L'interface entière de l'application du côté serveur est disponible chez l'apprenant.
- L'apprenant modifie simplement les paramètres appropriés et reçoit les réponses correspondantes de la part du serveur. Aucune expertise en programmation n'est requise de la part de l'apprenant.

Le principal inconvénient des laboratoires de type S est leurs fonctionnalités prédéterminées (L'apprenant ne peut pas changer les fonctionnalités de l'application serveur). Pour pallier à ces limitations, une architecture modulaire est proposée dans [1].

Pour les laboratoires de type SC, une installation des logiciels dédiés du côté serveur comme du côté client est requise. Les logiciels fréquemment utilisés sont LabVIEW, MatLab/Simulink et un module permettant une exécution de l'application en temps réel. Le principal avantage de ces types de laboratoires est la possibilité d'avoir des fonctionnalités modifiables. En effet, l'apprenant peut changer les fonctionnalités de l'application serveur. Cependant l'apprenant doit avoir une certaine expertise en programmation.

Pour les laboratoires de type SC-C, l'application contrôlant l'équipement utilisé ou la simulation est développée du côté client, mais exécutée du côté serveur. Ces types de laboratoires ont les particularités suivantes : le client doit avoir l'environnement de développement et le serveur loge le module permettant l'exécution en temps réel de l'application. Voici un exemple des logiciels à installer :

Logiciels à installer sur le client:

- ⊙ WinCon Server;
- ⊙ MatLab/Simulink;
- ⊙ Real-time Workshop (RTW).

Logiciels à installer sur le serveur:

- ⊙ WinCon Client;
- ⊙ Module temps réel (RTX).

Dans les laboratoires de type SC-S, une partie de l'application est exécutée au niveau du client et l'autre partie sur le serveur contrôlant directement l'équipement utilisé ou son modèle mathématique. Pour ces types de laboratoires :

- ⊙ Le client doit avoir l'environnement de développement;
- ⊙ Si le temps réel est nécessaire le serveur et le client doivent avoir le module temps réel;
- ⊙ Une synchronisation du client avec le serveur est nécessaire;
- ⊙ Dans certains cas, un traitement du délai de communication est nécessaire.

La majorité de nos séances de laboratoires virtuels et à distance sont de type S. Dans les deux sections suivantes, une description détaillée pour ces types de laboratoires est donnée.

4) Description générale de l'environnement développé

La figure 2 montre l'interface de l'environnement qui a été développé.



Figure 2 L'interface de l'environnement développé.

L'interface donne les informations générales concernant l'environnement. Les principales ressources (simulateurs, laboratoires virtuels, laboratoires à distance et leur documentation respective) sont accessibles seulement après une connexion réussie. D'autre part, le contenu qui sera affiché dépendra s'il s'agit d'un enseignant ou d'un étudiant qui s'est connecté. Par exemple en plus des ressources l'enseignant aura accès

aux outils administratifs tel que, activé ou désactivé un laboratoire donné, choisir la plage de réservation

5) Description des laboratoires virtuels proposés

Dans la plupart des cas, nous utilisons les laboratoires virtuels comme la partie préparatoire ou pré-laboratoire d'un laboratoire à distance. La figure 3 montre l'algorithme pour un laboratoire virtuel de type S.

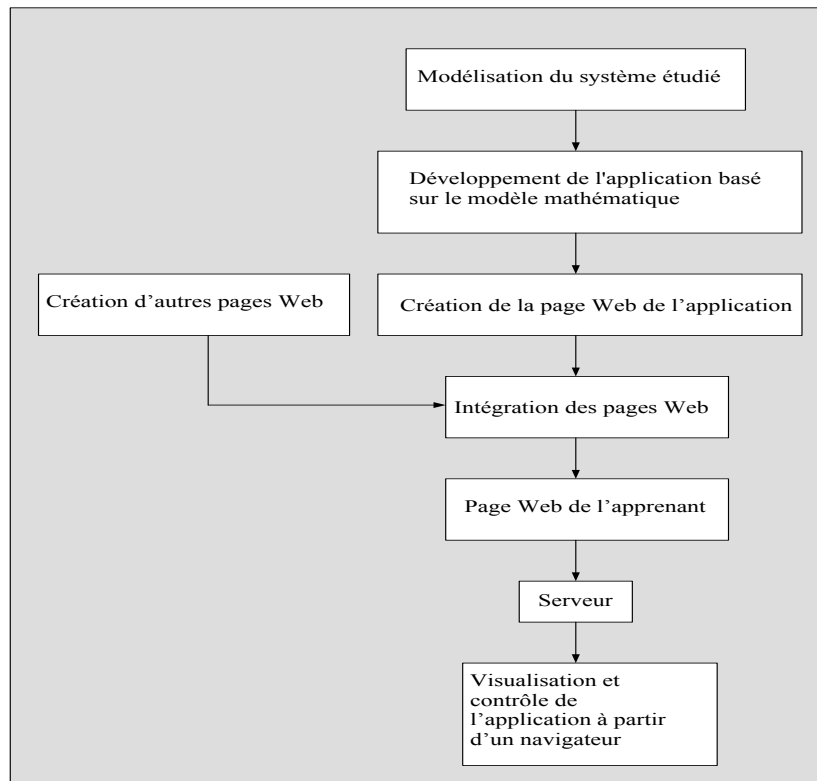


Figure 3 : Algorithme d'un laboratoire virtuel de type S

Comme le montre la figure 3, la première étape consiste à modéliser le système analysé. À cette étape, on détermine la fonction de transfert du système en appliquant les lois physiques (loi d'Ohm, lois de Kirchhoff, lois de Newton, ...) aux phénomènes physiques qui régissent le comportement du système étudié. En nous basant sur la fonction de transfert obtenue et sur un scénario pédagogique donné, nous développons l'application correspondante dans l'environnement LabVIEW. L'outil de publication sur le Web de LabVIEW est utilisé pour générer la page Web de l'application. Notons que l'utilisation de cet outil est une configuration (aucune programmation n'est nécessaire). Pour générer la page Web de l'apprenant, nous intégrons une page Web contenant les instructions pour réaliser la séance de laboratoire. La page Web de l'apprenant réside du côté serveur. Pour visualiser et contrôler l'application du côté serveur à partir d'un navigateur Web, l'apprenant doit installer sur son ordinateur le moteur d'exécution de LabVIEW de la

version correspondante qui a été utilisée pour développer l'application du côté serveur. Notons que le moteur d'exécution est un logiciel gratuit.

Par exemple pour l'apprentissage de l'identification d'un système dynamique de 2^e ordre, c'est-à-dire déterminer son modèle mathématique (Une fonction de transfert dans notre cas) à partir de la réponse temporelle (Variation du signal de sortie en fonction du temps) nous utilisons le circuit électrique de la figure 4.

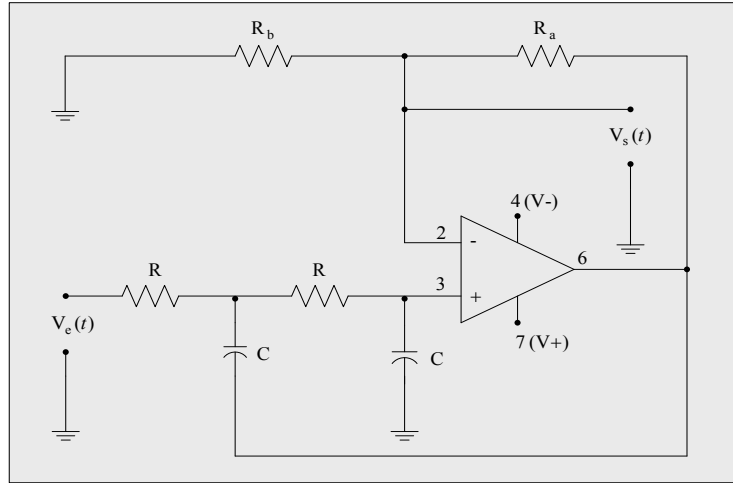


Figure 4 : Circuit électrique pour identifier un système de 2^e ordre

La figure 5 montre la page Web qui est accessible à l'apprenant pour faire les manipulations nécessaires (en lisant les instructions données à droite de la page) afin d'obtenir la réponse temporelle du circuit. Ensuite il doit mesurer les paramètres appropriés sur la réponse temporelle qui vont lui permettre de déterminer la fonction de transfert du circuit.

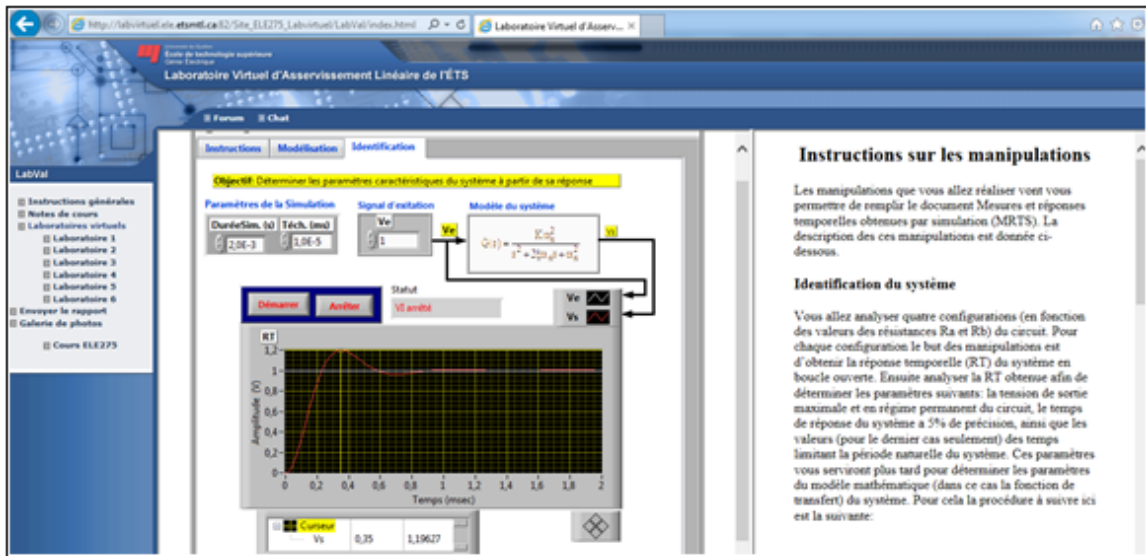


Figure 5 : Page Web de l'apprenant pour identifier un système de 2^e ordre

6) Description des simulateurs proposés pour la compréhension des éléments de base

Les simulateurs proposés aideront les étudiants à comprendre le sens physique des paramètres d'un système asservi : Le pôle dominant, le gain statique, la constante de temps, ... Par exemple les 2 figures ci-dessous montrent l'interface d'un simulateur d'aide à la compréhension de la notion du pôle dominant

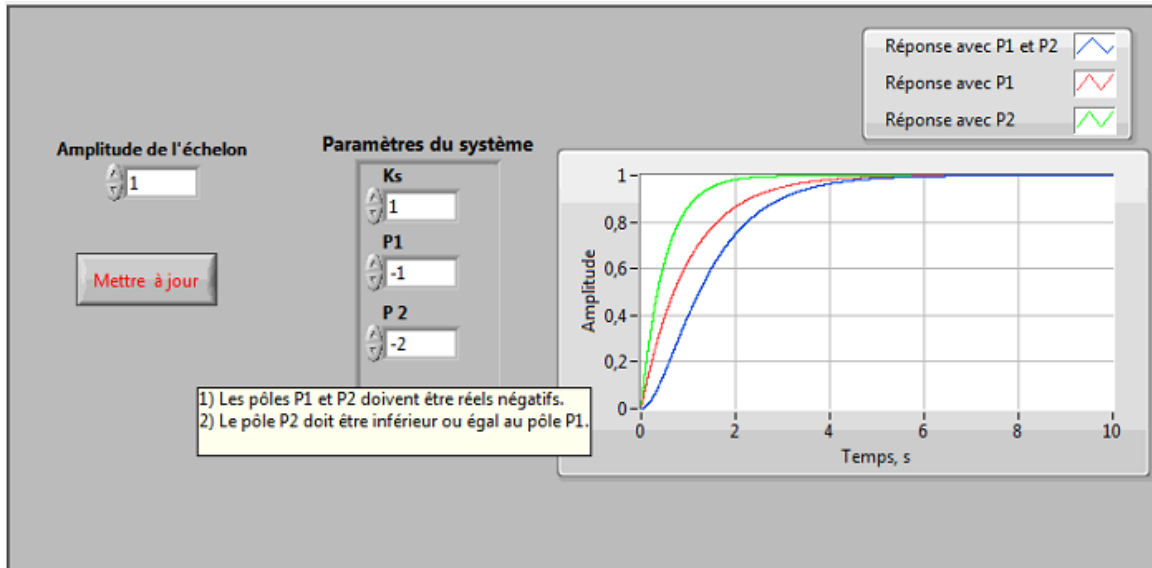


Figure 6

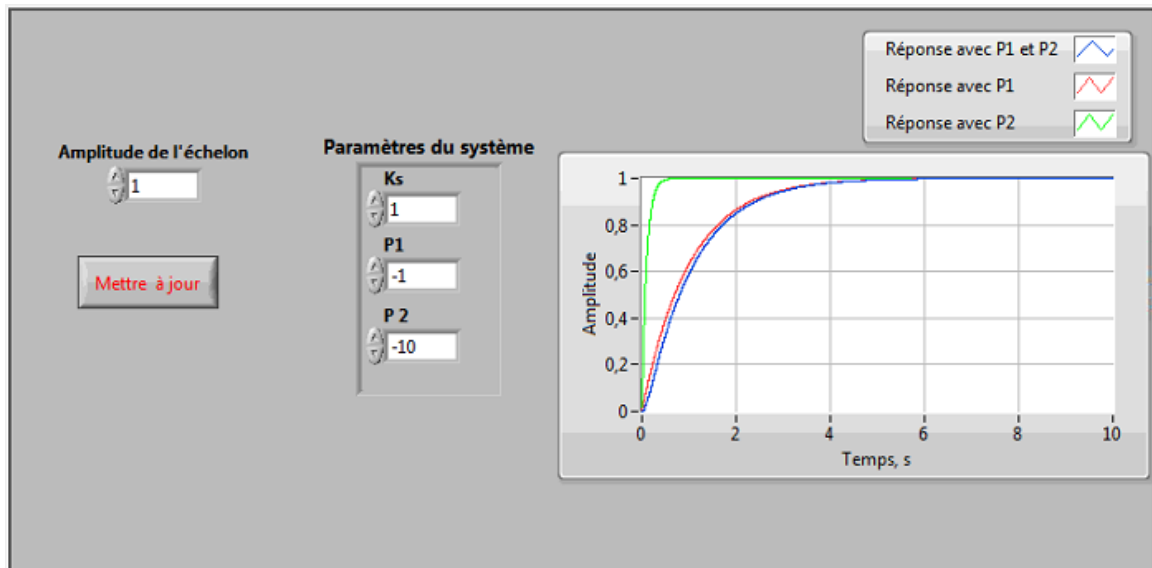


Figure 7

A titre d'exemple, l'analyse de deux figures ci-dessus montrent que lorsque le rapport entre les deux pôles P1 et P2 est grand (10 dans ce cas) la fonction de transfert initiale du

système avec 2 pôles peut être approximée par une fonction de transfert avec un seul pôle (P1 dans ce cas), mais le gain statique de deux fonctions de transfert doit être le même.

7) Description des laboratoires à distance proposés

La figure 8 montre l'algorithme générique que nous utilisons pour la réalisation de ce type de laboratoire.

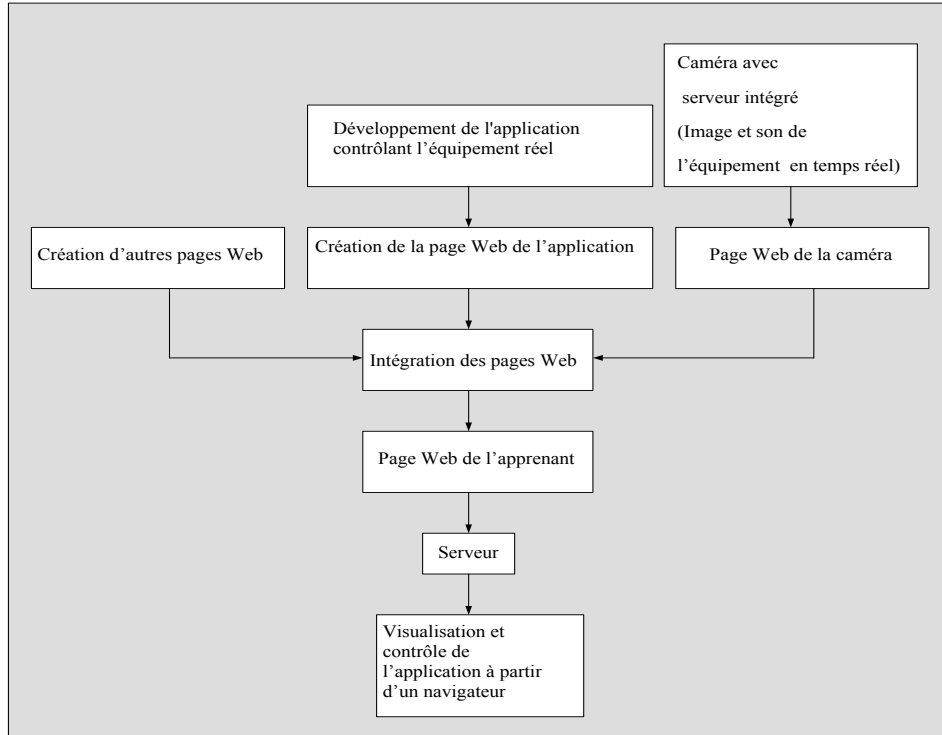


Figure 8 : Algorithme de laboratoire à distance de type S

L'algorithme d'un laboratoire à distance de type S diffère de celui d'un laboratoire virtuel de type S par la présence d'une page Web pour montrer l'image vidéo du procédé et le son. Cette page Web est fournie par le serveur intégré de la caméra. D'autre part, une carte d'acquisition des données est nécessaire pour l'acquisition des signaux en provenance des capteurs et pour générer des signaux pour les actionneurs de l'équipement utilisé.

Pour illustrer les exemples de laboratoires à distance de type S considérons deux de nos plateformes réelles : Une plateforme avec un réservoir d'eau et une autre avec un moteur à courant continu.

La plateforme permettant le contrôle du niveau et/ou de la température de l'eau dans un réservoir est montrée à la figure 9.

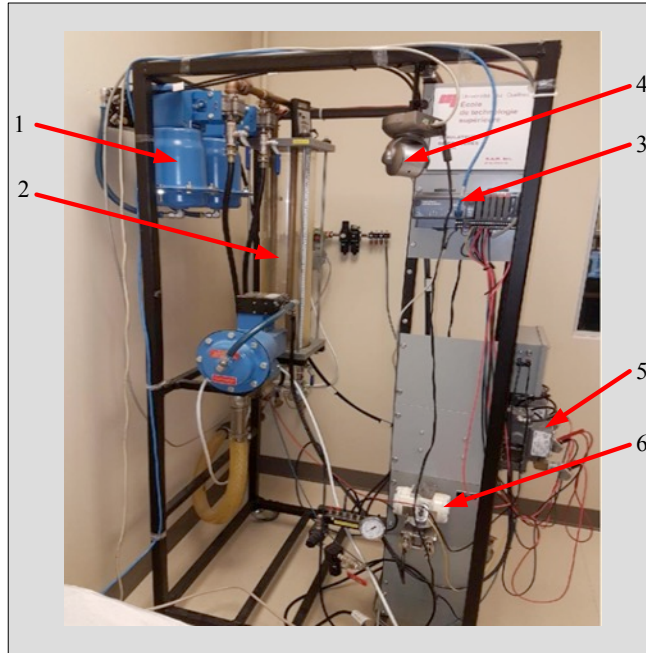


Figure 9 : Plateforme avec un réservoir d'eau

La plateforme comporte les principaux éléments suivants : 1 – vannes, 2- réservoir d'eau, 3 – carte d'acquisition des données de type Fieldpoint de National Instruments, 4 – caméra qui sert à transmettre l'image vidéo de la variation du niveau d'eau dans le réservoir, ainsi que le son, 5- les convertisseurs courant à pression pour commander les vannes et 6 – Capteur de pression différentielle. Ici ce capteur est utilisé comme capteur de niveau, étant donné que la pression est proportionnelle au niveau. La figure 10 montre la page Web que l'apprenant utilise pour interagir avec l'application qui contrôle la plateforme :

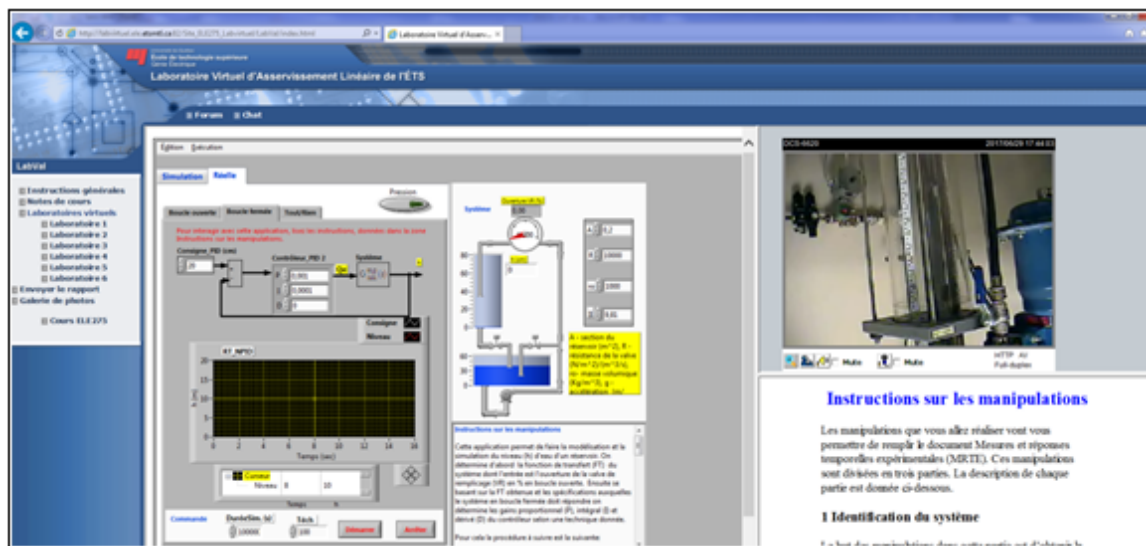


Figure 10 : Page Web de la plateforme avec un réservoir d'eau

La figure 11 montre la plateforme que nous utilisons pour le contrôle de la position et de la vitesse d'un moteur à courant continu.

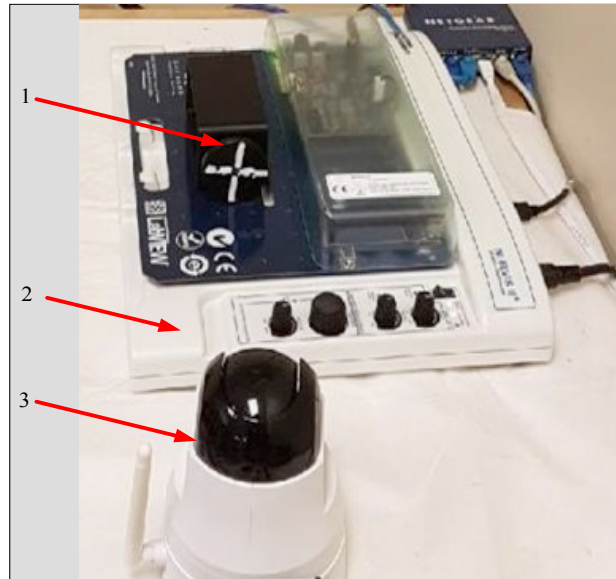


Figure 11 : Plateforme avec un moteur à courant continu

1 – disque fixé sur l'arbre du moteur, 2 – plateforme NI-ELVIS II+ de National Instruments et 3 – caméra. La caméra est orientée vers le disque 1. Elle sert à transmettre l'image vidéo montrant l'état du disque (fixe ou en rotation), ainsi que le son émis par le fonctionnement du moteur.

La figure 12 montre la page Web de la plateforme.

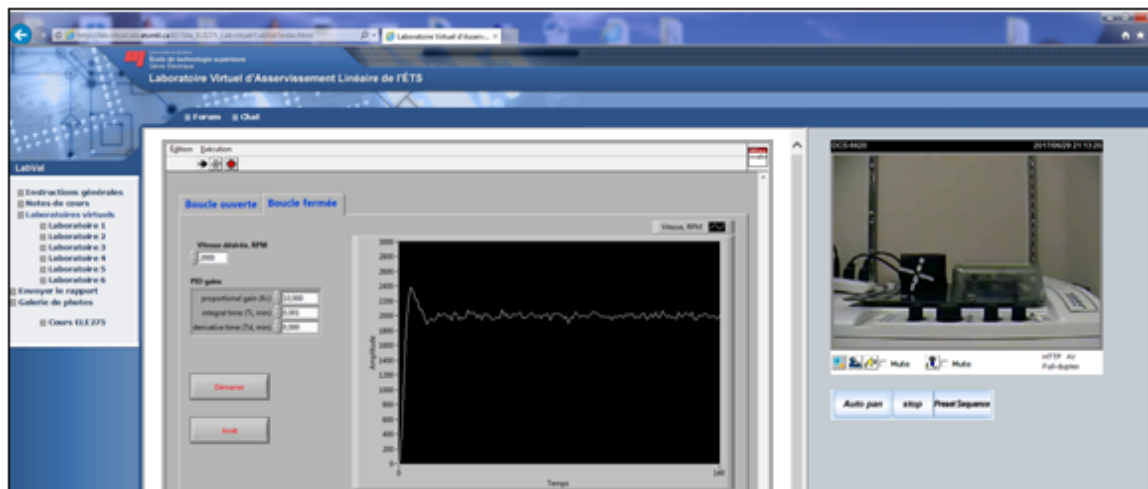


Figure 12 : Page Web de la plateforme avec un moteur à courant continu

8) Conclusion

Ce projet nous a permis de progresser dans la mise en place de laboratoires à distance. Vue le budget accordé, certains objectifs ont été atteints, surtout ceux reliés aux simulations interactives et au télé-laboratoires. Malheureusement, les objectifs reliés au laboratoire mobile ne sont pas encore atteints à 100% et seront développés dans un projet futur. En ce qui a trait au ‘Réseau de laboratoires à distance’, comme le titre l’indiquait, nous sommes heureux d’accueillir prochainement notre collègue Mohamed El-Omari, de l’Université Cadi Ayyad au Maroc, pour un séjour d’un mois à l’ETS. Mohamed sera à Montréal tout le mois d’avril pour adopter le concept développé dans le cadre de ce projet à des laboratoires à distance en hydraulique. Nous mettrons toute notre expérience pour supporter les nouvelles applications qui seront développées durant le séjour de Mohamed.

Rapport Financier

Les détails du rapport financier sont ci-dessous :

	Subvention accordée	Montant reçu	Dépenses	Montant disponible	Montant à recevoir
	6000 Euros ⁽¹⁾	4800 Euros ⁽¹⁾ (80%) ou 7041.12\$ CAD			1200 Euros (20%) ⁽¹⁾
Bourse (partielle) pour un étudiant qui a travaillé sur le projet			4000.00\$ CAD ⁽²⁾		
Virement à TELUQ qui a participé au projet			2000Euros ou 2933.80\$ CAD ⁽³⁾		
Total	6000Euros	7041.12\$ CAD	6933.80\$ CAD	107.32\$ CAD	1200Euros

Notes :

Note 1 : le montant de la subvention accordée est 6000Euros. 80% de ce montant soit 4800 Euros a été reçu par l'ETS. Il reste 1200 Euros à recevoir, soit 20% de la subvention.

Note 2 : Un étudiant a été embauché pour travailler sur le projet. Il a reçu un montant de 4000\$. Nous lui devons encore le montant à recevoir de 1200Euros qui sera reçu prochainement.

Note 3 : Le partenaire de ce projet TELUQ a reçu 2000Euros, soit 2933.80\$ CAD

La page 1 de l'annexe donne l'ensemble de ces montants. Les pages 2 et 3 donnent les détails des notes 2 et 3.

ANNEXE

Détails du rapport financier



Tableau de bord / Détail du compte /

Date (Période comptable)

Critères de sélection

Annuels: Du: 1^{er} mai 2017 Au: 30 avril 2018
 Permanents: Toutes les périodes
 UBR: 304534

Détail par compte UBR 304534

Agence Universitaire de la francophonie

Montant attribué: **7 041,12\$** Réel: **6 933,80\$**

Responsable: Saad, Maarouf

Eng/Pré-Eng.: **0,00\$** Disponibilité: **107,32\$**

Date début: 2017-09-01 Date fin: 2018-12-31

0 pièce jointe ⁿ
note

Revenus

CBS	Bloc	Compte	Desc. Compte	Montant attribué	Eng./Pré-Eng.	Réel	Dispo.
001	10-Revenus	44303	Revenu comm cles (non majoré)	0,00\$	0,00\$	7 041,12\$	N/A
Sous-total:				0,00\$	0,00\$	7 041,12\$	0,00\$
Total:				0,00\$	0,00\$	7 041,12\$	N/A\$

Dépenses

CBS	Bloc	Compte	Desc. Compte	Montant attribué	Eng./Pré-Eng.	Réel	Dispo.
001	25-Autres dépenses	58501	Virement autres universités ou organisme affiliés	2 933,80\$	0,00\$	2 933,80\$	0,00\$
Sous-total:				2 933,80\$	0,00\$	2 933,80\$	0,00\$
001	30-Bourses	53619	Bourse étranger 3e cycle	0,00\$	0,00\$	4 000,00\$	-4 000,00\$
Sous-total:				0,00\$	0,00\$	4 000,00\$	-4 000,00\$
001	50-Personnel non régulier	51805	Assistant de recherche	3 634,79\$	0,00\$	0,00\$	3 634,79\$
Sous-total:				3 634,79\$	0,00\$	0,00\$	3 634,79\$
001	99-Avantages sociaux	52100	Avantages sociaux	472,53\$	0,00\$	0,00\$	472,53\$
Sous-total:				472,53\$	0,00\$	0,00\$	472,53\$
Total:				7 041,12\$	0,00\$	6 933,80\$	107,32\$



Tableau de bord / Détail du compte / Transaction /

Date (Période comptable)

Critères de sélection

Annuels: Du: 1^{er} mai 2017 Au: 30 avril 2018
 Permanents: Toutes les périodes
 UBR: 304534
 CBS: 001
 Bloc: 25-Autres dépenses

DEPENSES - Budget

Date Report AA-MM-JJ	Document	Type	Entité Externe	Desc. Entité Externe	Référence	Description Document	Date AA-MM-JJ	UBR.CPT.FIN.CBS.UA.Fds	Impact	Mnt Doc.
17-12-08	021181-000	Correction révisée			DF 6568-01	Agence Universitaire de la francophonie, 2017-2018, DF 6568-01, Budget transfert à TÉLUQ, selon DP DR-315A, \$2,933.80	17-12-07	304534.58501.00656801.001.55220.3	2 933,80\$	N/A
Total:									2 933,80\$	N/A

DEPENSES - Réel

Date Report AA-MM-JJ	Document	Type	Entité Externe	Desc. Entité Externe	Référence	Description Document	Date AA-MM-JJ	UBR.CPT.FIN.CBS.UA.Fds	Impact	Mnt Doc.
17-12-15	176797-000	Demande de paiement	110400	Téluq Québec (Téluq)	DR315A	Transfert fonds 2000.00 euro @ 1.4669 via l'AUF séminaire CITEF, chercheur: Salah-Hassane, Hamadou	17-11-23	304534.58501.00656801.001.55220.3	2 933,80\$	2 933,80\$
Total:									2 933,80\$	N/A



Le génie pour l'industrie

 Bienvenue Maarouf Saad
[Déconnexion](#)
[Tableau de bord](#) / [Détail du compte](#) / [Transaction](#) /

Date (Période comptable)

[Critères de sélection](#)
 Annuels: Du: 1^{er} mai 2017 Au: 30 avril 2018
 Permanents: Toutes les périodes
 UBR: 304534
 CBS: 001
 Bloc: 30-Bourses

DEPENSES - Engagement

Date Report AA-MM-JJ	Document	Type	Entité Externe	Desc. Entité Externe	Référence	Description Document	Date AA-MM-JJ	UBR.CPT.FIN.CBS.UA.Fds	Impact	Mnt Doc.
18-03-23	00121072	Demande rémunération	150153	Brahmi Brahim			18-03-15	304534.53619.00656801.001.55220.3	0,00\$	N/A
Total:									0,00\$	N/A

DEPENSES - Réel

Date Report AA-MM-JJ	Document	Type	Entité Externe	Desc. Entité Externe	Référence	Description Document	Date AA-MM-JJ	UBR.CPT.FIN.CBS.UA.Fds	Impact	Mnt Doc.
18-03-23	00121072	Demande rémunération	150153	Brahmi Brahim			18-03-15	304534.53619.00656801.001.55220.3	4 000,00\$	N/A
Total:									4 000,00\$	N/A


 Propulsé par Safirh
 © 2014, Université du Québec
 Build 20180125-2047 - dbweb-devtest


Pour toute question, veuillez contacter votre service des finances.