



**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM**

**Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique
Département de mathématiques et d'informatique
Filière Informatique**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique

Option : Ingénierie des Systèmes d'Information

Thème

**Le laboratoire de travaux pratiques à distance
d'électronique**

Présenté par :

**Amina MEDJAHED
Kheira LARBAOUI**

Encadré par:

Mr Abdelhalim BENACHENHOU

Année Universitaire 2013/2014

Remerciements

Nous exprimons nos profondes gratitude et respectueuse reconnaissance à

Notre encadreur

Mr. Abelhalim BENACHENHOU

Pour sa bonne volonté d'accepter de nous encadrer, pour tout le temps qu'il nous a octroyé et pour tous les conseils qu'il nous a prodigué.

Nous remercions aussi

Mr. Abderrahmane ADDA BENATTIA

Pour ses directives précieuses, et pour la qualité de son suivi durant toute la période de notre projet.

Nous tenons à remercier

Les membres du jury

D'avoir bien voulu accepter de faire la commission d'examineurs.

Nos vifs remerciements s'adressent également à nos collègues de travail et à nos amis, Pour leur présence chaleureuse et leur encouragement

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	II
SOMMAIRE.....	III
LISTE DES FIGURES	V
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 : GENERALITES ET ETAT DE L'ART.....	2
1. INTRODUCTION.....	2
2. APERÇU HISTORIQUE	2
3. NOTION D'E-LEARNING.....	3
4. PLATE-FORME E-LEARNING.....	3
5. LES TRAVAUX PRATIQUES (TP)	4
5.1. Définition.....	4
5.2 Les objectifs pédagogiques d'un TP.....	5
5.3. Les interactions d'un TP.....	5
5.4. Cycle de déroulement d'un TP	6
5.5. Les limites d'un TP.....	6
5.6. Les travaux pratiques (TP) et l'informatique	6
5.7. Laboratoires locaux assistés ou non par l'ordinateur.....	6
6. TELE-TP.....	8
6.1 Définition.....	8
6.2. Laboratoire virtuel	8
6.3. Laboratoire hybride.....	9
7. L'AVANTAGE D'UN TP A DISTANCE.....	10
8. ETAT DE L'ART.....	10
8.1 NetLab. Université du Sud de l'Australie.....	10
a) Plate-forme logicielle.....	11
b) Plate-forme matérielle	12
8.2 RwmLAB. L'université de Western Michigan (Etats-Unis)	14
a) Plate-forme logicielle.....	14
b) Plate-forme matérielle	14
8.3 RemotElectLab. Institut Polytechnique de Porto.....	15
a) Plate-forme logicielle.....	16
b) Plate-forme matérielle	16
8.4 ISILab Université de Gênes (Italie).....	17
a) Plate-forme logicielle.....	18
b) Plate-forme matérielle	19
8.5 iLAB. Institut de Technologie de Massachusetts	20
a) Plate-forme logicielle.....	20
b) Plate-forme matérielle	21
8.6 VISIR. Institut de Technologie de Blekinge (Suède).....	22
a) Plate-forme logicielle.....	23
b) Plate-forme matérielle	24
9. COMPARAISON ENTRE LES LABORATOIRES DISTANTS.....	26
10. CONCLUSION	27
CHAPITRE 2 : CONCEPTION	28
1. INTRODUCTION.....	28
2. DESCRIPTION DU SYSTEME DE TP A DISTANCE PROPOSE	28

2.1 Plate-forme Matérielle	29
a) Raspberry Pi	30
b) Serveur MOODLE.....	30
c) Carte de relais.....	30
d) Circuit de TP.....	31
e) Instrument de mesure utilisé	31
2.2 Plate-forme logicielle	31
3. CONCEPTION UML DE L'APPLICATION.....	33
3.1. Diagramme de cas d'utilisation.....	34
3.2. Le diagramme de classe	35
3.3. Diagramme de séquence.....	36
4. CONCLUSION	39
CHAPITRE3 : IMPLEMENTATION	40
1. INTRODUCTION.....	40
2. ENVIRONNEMENT DE DEVELOPPEMENT DE L'APPLICATION	40
2.1 Le Langage de programmation	40
2.2 Système de gestion de base de données	41
2.3 Implémentation de la base de données	41
2.4 JavaScript.....	41
2.5 La technologie AJAX	41
2.6 Les Sockets.....	42
2.7 HTML5	42
3. PRESENTATION DE L'APPLICATION	42
4. CONCLUSION	48
CONCLUSION GÉNÉRALE	49
BIBLIOGRAPHIE.....	50

Liste des figures

Figure 1: les interactions lors d'une séance de TP classique.	5
Figure 2: Laboratoire local [GRAV, 2007].	7
Figure 3: Laboratoire local assisté par ordinateur [GRAV, 2007].	7
Figure 4: Laboratoire distant [GRAV, 2007].	8
Figure 5: <i>Le Laboratoire Virtuel</i> [GRAV, 2007].	9
Figure 6: <i>Le Laboratoire Hybride</i> [GRAV, 2007].	9
Figure 7: Architecture de NetLab.	11
Figure 8: L'interface utilisateur de NetLab.	12
Figure 9: les interfaces des instruments utilisés dans NetLab.	12
Figure 10: la plate-forme physique de NetLab.	13
Figure 11: Interface de générateur de circuit de NetLab.	13
Figure 12: Interface utilisateur de RwmLab.	14
Figure 13: la plateforme physique de RwmLab.	15
Figure 14: Interface utilisateur de RemotElectLab.	16
Figure 15: la plate-forme matérielle de RemotElectLab.	17
Figure 16: Interfaces utilisateur d'ISILab.	17
Figure 17: Architecture d'ISILab.	18
Figure 18: Carte mère (ISiBoard) avec les cartes d'expériences.	19
Figure 19: iLAB WebLab java client.	20
Figure 20: Architecture d'iLAB.	21
Figure 21: Architecture d'iLAB basé sur la plate-forme ELVIS.	22
Figure 22: Une carte de test virtuel utilisée dans VISIR.	23
Figure 23: Architecture de VISIR.	23
Figure 24: la matrice de commutation de VISIR.	25
Figure 25: le TP de VISIR.	25
Figure 26: La plate-forme matérielle du système.	29
Figure 27: Raspberry Pi.	30
Figure 28: la carte de relais.	30
Figure 29: Carte de TP.	31
Figure 30 : les instruments de mesure.	31
Figure 31: La plate-forme logicielle.	32
Figure 32 : La plate-forme logicielle avec MOODLE	33
Figure 33: Diagramme de cas d'utilisation du système (Situation pédagogique1).....	34
Figure 34 : Diagramme de cas d'utilisation du système (Situation pédagogique2).....	35
Figure 35: Diagramme de classe de l'application	36
Figure 36 : <i>Diagramme de séquence pour le Télé-TP (Situation pédagogique 1)</i>	37
Figure 37: Diagramme de séquence pour le Télé-TP (Situation pédagogique 2)	38
Figure 38: Formulaire d'inscription.	43
Figure 39: Interface d'authentification de l'application.	43
Figure 40: Interface d'authentification de MOODLE.....	44
Figure 41 : Interface de cours de MOODLE.	44
Figure 42 : le lien de Télé-TP de caractérisation de transistor.	45
Figure 43: Interface de circuit électronique.....	45
Figure 44 : l'envoi des paramètres de mesure.	46

Figure 45 : Le compte rendu de TP	47
Figure 46 : Téléchargement du compte rendu.....	47

Introduction Générale

Dans de nombreuses disciplines, le travail de laboratoire est un élément important de cours de premier cycle et en particulier l'ingénierie et les sciences appliquées.

Grâce aux avancées technologiques en informatique, en réseau et en communication, de nouveaux moyens d'expérimentation ont été instaurés à savoir : l'expérimentation virtuelle et l'expérimentation à distance. Dans l'expérimentation virtuelle, l'environnement d'expériences est un modèle mathématique (simulation) sur un ordinateur. Dans l'expérimentation à distance, l'expérimentateur se situe hors du laboratoire (à distance) et manipule les équipements du laboratoire réel à travers un réseau de communication généralement Internet.

Ce nouveau concept offre de réels services reste encore limité à cause des problèmes organisationnels, humains, et particulièrement techniques. Il est aisé de présenter un cours en ligne, par contre, il est beaucoup plus difficile de donner aux apprenants les moyens de manipuler des dispositifs technologiques (instruments de laboratoire) à distance dans un cadre pédagogique.

Notre travail consiste à concevoir et mettre en œuvre un environnement d'apprentissage à distance, qui assure la manipulation d'une plate-forme matérielle (vrais dispositifs techniques) à travers l'accès à une plateforme LMS, dans le domaine de l'enseignement de l'Electronique. Cet environnement doit remplir les mêmes objectifs des laboratoires classiques, minimiser les contraintes pédagogiques en réduisant le nombre et le coût du matériel utilisé dans les travaux pratiques, adapter l'enseignant aux difficultés liées au contrôle matériel ainsi qu'à la communication avec les étudiants pour mieux évaluer les TPs.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres, le premier présente un état de l'art et des généralités sur les laboratoires à distance, le deuxième présente la conception du prototype de laboratoire à distance proposé et le troisième chapitre aborde les résultats et tests réalisés avec une classe virtuelle des utilisateurs distants.

Chapitre 1 : Généralités et état de l'art

1. Introduction

Les Technologies de l'Information et de la Communication, Internet en particulier, ont, ces dix dernières années, envahi notre quotidien tant personnel que professionnel. L'application des Nouvelles Technologies de l'Information et de Communication au domaine de la formation a conduit à la création d'une nouvelle réalité appelée e-Learning. De manière générale, l'e-Learning désigne l'apprentissage par le biais d'outils et de ressources numériques et électroniques accessibles à distance. Depuis l'ère de l'enseignement assisté par ordinateur où le véritable outil était alors le logiciel utilisé, l'évolution de la technologie a introduit la possibilité de travailler à distance, à plusieurs, où on veut, quand on veut. Cela a contribué au développement d'une seconde approche dans laquelle l'ordinateur est perçu comme un moyen de permettre un apprentissage par la découverte et l'exploration en donnant le contrôle à l'apprenant.

Des plates-formes d'enseignement à distance ont été développées spécialement pour faciliter l'apprentissage et suivre l'enseignement et la pédagogie des apprenants. En sciences techniques, l'autre défi face aux moyens d'enseignement à distance, est les travaux pratiques. Il faut reproduire les tâches effectuées par les étudiants en laboratoire mais à distance. Loin d'être un TP virtuel, l'apprenant doit manipuler à distance du matériel, et doit faire des mesures à distance, ce qu'on peut appeler TP à distance ou télé-TP.

2. Aperçu Historique

L'enseignement à distance a une longue histoire. Celle-ci a commencé à l'Université de Londres, au XIXe siècle, avec des cours par correspondance destinés aux citoyens britanniques, qui étaient dans l'impossibilité de s'inscrire dans une université traditionnelle. En fait, l'enseignement à distance par correspondance est né avec l'invention de la poste. Par la suite, dès qu'une nouvelle technologie permettait de faciliter la communication, elle était introduite pour enrichir l'enseignement à distance [ORIV, 2006]. Cela s'est produit avec la radio, le téléphone, la télévision et les satellites. Après l'utilisation d'un nouveau et puissant

moyen de communication Internet, a eu une grande révolution parce qu'il a introduit pour la première fois un niveau significatif d'interaction entre l'étudiant et l'enseignant.

Malgré ce succès, ce concept est resté limité principalement sur des sujets qui ne nécessitent pas l'usage de laboratoire. Pour cette raison, la majorité des cours de science et de technologie, à l'exception de l'informatique, est resté inaccessible au e-Learning.

Pour l'enseignement de l'électronique Cette réalité a changé avec l'apparition des laboratoires accessibles à distance. Toutefois, en raison de la spécificité de l'accès et de la nécessité de mettre en œuvre l'interactivité souhaitée, ces laboratoires, et en particulier ceux qui sont destinés à l'enseignement de l'électronique, ont besoin des ressources spécifiques différentes de celles utilisés dans les laboratoires réels pour implémenter la même expérience, soit en terme de matériel pour construire l'expérience ou en terme de logiciel pour réaliser une interface d'accès dédié.

Ces laboratoires présentent de nombreux inconvénients en termes de spécificité, de coût des ressources nécessaires, beaucoup de temps pour le développement, la réutilisation limitée et la faible flexibilité. Alors que dans certains laboratoires, une infrastructure minimale est partagée par plusieurs expériences, dans d'autres, chaque expérience nécessite sa propre infrastructure. Ces aspects empêchent potentiellement la généralisation de l'utilisation des laboratoires distants.

3. Notion d'e-Learning

Le terme anglais « e-Learning » correspond en français à l'apprentissage électronique. L'e-Learning est un processus d'apprentissage à distance s'appuyant sur des ressources multimédias, qui permet à une ou plusieurs personnes de se former à partir de son ordinateur [Ramd, 2011]. L'e-Learning nécessite l'utilisation d'internet et d'autres outils multimédia (images, vidéo, son...) pour offrir des modules de formation claires, courts, progressifs et adaptés aux niveaux et aux besoins des apprenants.

4. Plate-forme e-Learning

Une plateforme électronique [Bodet, 2005] [Blae, 2002] pour la formation ouverte et à distance est une application qui assiste la conduite des enseignements à distance. Ce type de logiciel regroupe les outils nécessaires aux quatre principaux types d'utilisateurs (enseignant, apprenant, auteur, administrateur) Elle fournit à chaque acteur un dispositif qui a pour première finalité l'accès à distance au contenu pédagogique, l'auto-apprentissage, et l'auto-

évaluation via l'utilisation des moyens de travail et de communication à plusieurs : visioconférence, e-mail, forums, chats, etc.

À l'heure actuelle, Il existe plus de 200 plates-formes pédagogiques dont une trentaine en open source. Parmi ces plates-formes, Moodle "*Modular Object Oriented Dynamic Environment*" suivant la licence *GPL*, existant en plus de 60 langues et largement utilisée dans les Hautes Ecoles européennes.

Moodle présente de nombreuses caractéristiques : multilinguisme, forums, gestionnaire de ressources, tests et 9 modules clé en main (Devoirs, Chat, Sondage, Glossaires, Journal, Etiquettes, Leçons, Wiki). Des filtres permettent également d'utiliser facilement des fichiers multimédia ou expressions mathématiques au sein de ses pages. Elle permet de créer, par l'intermédiaire du réseau (web), des interactions entre des enseignants, des apprenants, et des ressources pédagogiques.

Moodle est une plate-forme gratuite, modifiable, stable et robuste et son utilisation est simple.

5. Les travaux pratiques (TP)

Toute formation, qu'elle soit initiale (du primaire au supérieur) ou continue, a besoin de proposer des sessions de formation où l'élève est confronté au monde réel afin qu'il mette en pratique ses connaissances et son savoir-faire et qu'on puisse juger de son opérationnalité [Ramd, 2011]. Les cours représentent souvent la première étape et sont chargés d'aborder des théories et des concepts de base. Ensuite viennent les Travaux Dirigés (TD), à mi-chemin entre la théorie et la pratique, pour approfondir ces concepts en favorisant un travail avec exemples et exercices courts. Enfin, les Travaux Pratiques (TP) offrent aux élèves une confrontation entre ce qui a été abordé en cours, travaux dirigés et la réalité.

5.1. Définition

Les travaux pratiques sont défini par « l'activité qui consiste, pour les étudiants, à effectuer une ou plusieurs expérimentations, c'est-à-dire des manipulations de dispositifs expérimentaux avec l'objectif de mettre en évidence un phénomène » [Neau, 2003].

Les travaux pratiques sont une forme d'activité d'apprentissage qui se fait dans un laboratoire et qui permet à un groupe d'élèves d'expérimenter les principes théoriques appris en suivant les consignes de l'enseignant.

5.2 Les objectifs pédagogiques d'un TP

Les objectifs pédagogiques des travaux pratiques sont [Coop, 2002] :

- Fournir illustrations et démonstrations des principes enseignés et donc une meilleure assimilation des apprenants.
- Motiver les élèves et focaliser les interactions entre apprenants et entre apprenants enseignants.
- Développer des compétences pratiques considérées comme importantes d'un point de vue professionnel.
- Développer des compétences de travail collaboratif en équipe.
- Introduire les élèves dans la communauté de pratique des scientifiques

5.3. Les interactions d'un TP

Dans un TP, les apprenants peuvent manipuler et visualiser le matériel (le dispositif). La séance de TP est le lieu d'un échange privilégié avec l'enseignant. Les apprenants posent plus facilement des questions profitant du fait d'être encadrés en petits groupes. Pour l'enseignant, le TP lui permet d'évaluer les réactions des apprenants, leur capacité de travail et leur évolution soit d'une façon individuelle ou travailler en groupe. La **Figure1** illustre les interactions lors d'une séance de TP :

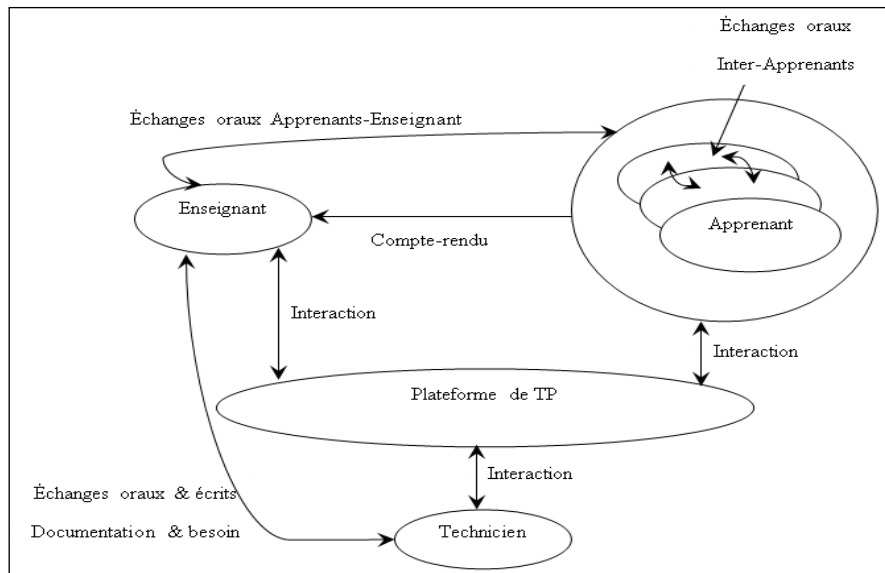


Figure 1: les interactions lors d'une séance de TP classique.

5.4. Cycle de déroulement d'un TP

Un TP classique est divisé en trois étapes :

- Une phase de préparation : elle consiste en une lecture approfondie du texte exposant les notions théoriques utiles et la manipulation.
- La séance de TP : elle débute généralement par un rappel des objectifs du TP et une présentation du matériel puis la manipulation réalisée par l'apprenant.
- La phase de rédaction d'un compte-rendu.

5.5. Les limites d'un TP

Les travaux pratiques classiques présentent quelques limitations intrinsèques :

- **Le temps**: les tranches horaires sont limitées dans l'emploi du temps de TP peuvent ne pas avoir lieu dans l'ordre le plus approprié pour certains groupes. En outre, les contraintes des emplois du temps font que certains TPs arrivent avant le cours.
- **La documentation** : dans le pire des cas, le sujet est donné au moment de la séance et est parfois indisponible en dehors des séances de TP.
- **L'équipement** : certains TPs nécessitent un équipement lourd et onéreux que l'on ne peut pas dupliquer.

5.6. Les travaux pratiques (TP) et l'informatique

L'utilisation de l'informatique dans le cadre des travaux pratiques s'est banalisée. la puissance de calcul et la capacité élevée de stockage des données, l'une des caractéristiques les plus importantes de l'ordinateur est la diversité de ses usages. Lors d'un TP, il peut être utilisé comme outil de calcul, de traitement de données, de support multimédia, ou même comme assistant à l'expérimentation (avec la possibilité de récupération automatique de données à partir des instruments).

Par analogie avec la CAO (conception), la DAO (Dessin), la FAO (Fabrication) et l'EAO (Enseignement), l'utilisation de l'ordinateur en tant qu'outil d'aide et d'assistance (AO : Assisté par Ordinateur) a donné naissance au terme ExAO (Expérimentation Assistée par Ordinateur).

5.7. Laboratoires locaux assistés ou non par l'ordinateur

En générale, conduire une expérimentation c'est la réaliser sur place dans un lieu qu'on appelle laboratoire. Lorsque l'ordinateur était encore absent des salles de travaux pratiques, la manipulation était directe (**Figure 2**).

On appelle « laboratoire local » cette situation où aucun média ne joue l'interface entre l'homme et l'expérimentation. Cette façon de procéder existe toujours, car toutes les expérimentations ne nécessitent pas forcément l'emploi d'un ordinateur, mais elle tend à disparaître.

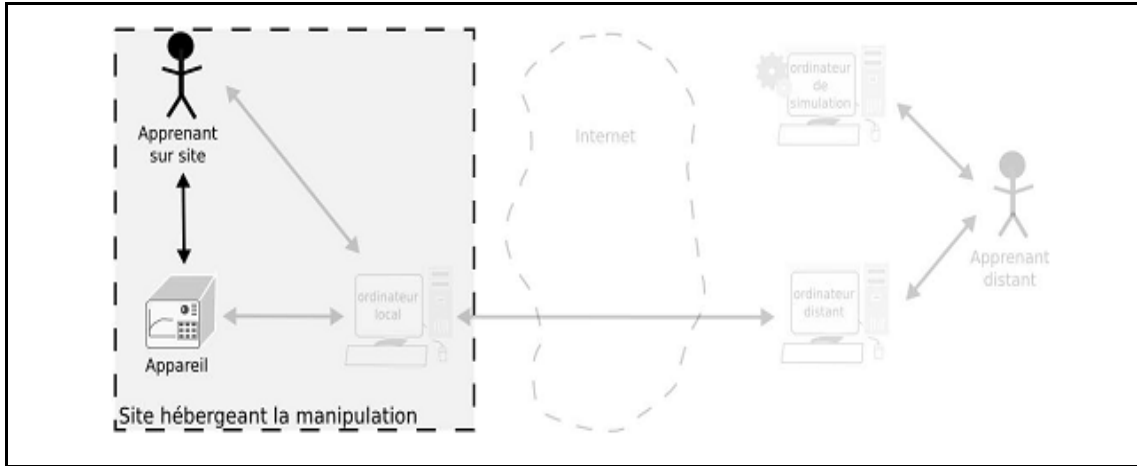


Figure 2: Laboratoire local [GRAV, 2007].

En effet, l'ordinateur apporte bien souvent une nouvelle dimension à la manipulation considérée (visualisation, capacité d'utilisation, adaptation). On parle alors de « laboratoire local assisté par ordinateur » (**Figure 3**).

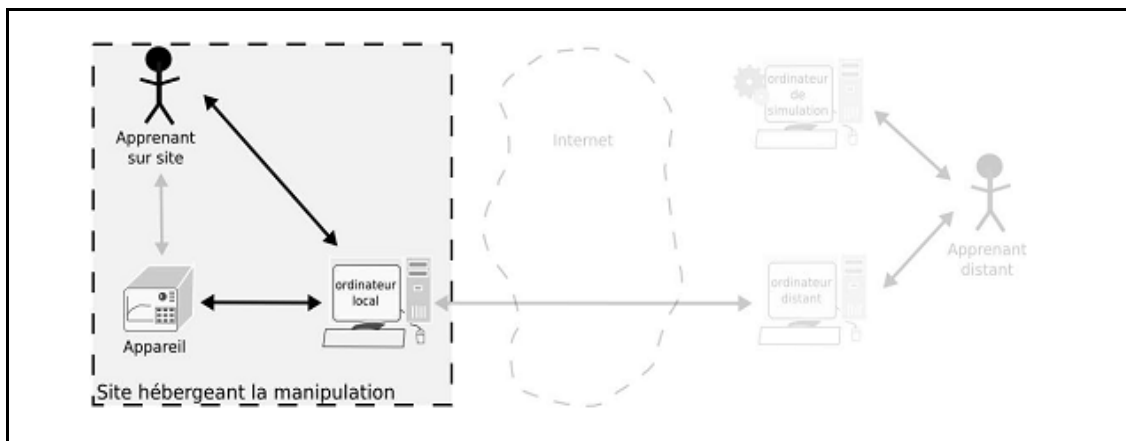


Figure 3: Laboratoire local assisté par ordinateur [GRAV, 2007].

La manipulation est directe dans le sens où il est encore possible d'agir physiquement avec les dispositifs, car l'ordinateur ne sait pas ou ne peut pas gérer entièrement la manipulation. Une panne peut également surgir mais la présence au même endroit et en même temps des dispositifs et des apprenants permet de surmonter ce genre de problème.

6. Télé-TP

Les laboratoires en général sont utilisés dans les disciplines qualifiées scientifiques et techniques comme l'informatique industrielle, physique, chimie et génie électrique. Dans notre cas nous nous sommes intéressés aux laboratoires relevant des disciplines techniques, notamment le domaine de l'électronique.

6.1 Définition

Un laboratoire distant est une activité de travaux pratiques en ligne ou Télé-TP [Lelevé3, 2002] désigne un TP classique qui a été éventuellement modifié mais surtout étendu afin d'être accédé à distance (via Internet, par exemple). Les laboratoires distants concernent les travaux pratiques menés à distance sur des dispositifs réels (**Figure 4**).

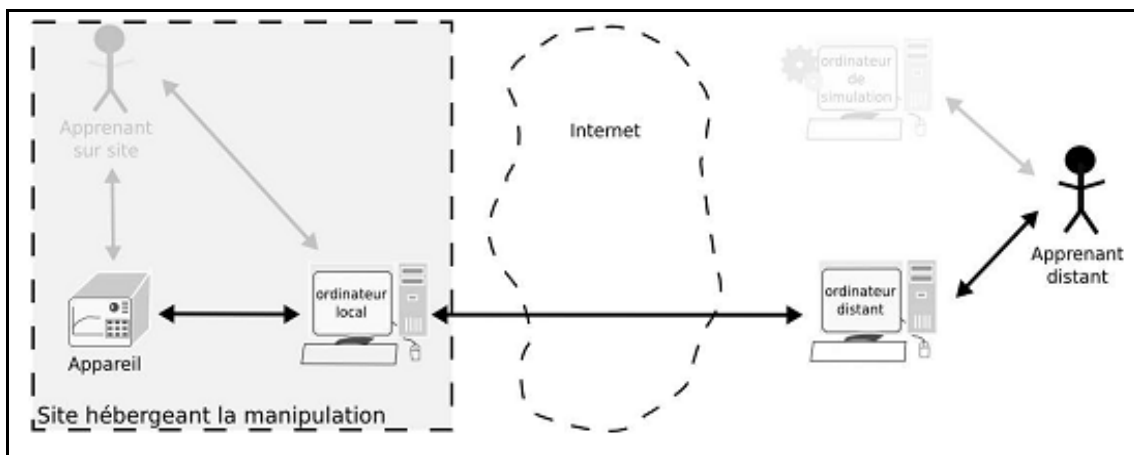


Figure 4: Laboratoire distant [GRAV, 2007].

Du point de vue de l'architecture technologique, dans la quasi majorité des approches, l'ordinateur est relié localement au dispositif mais également sur Internet. C'est alors lui qui fait office de relai entre les commandes de l'utilisateur distant et le système local.

6.2. Laboratoire virtuel

Une autre alternative au laboratoire local, lorsque celui-ci n'est pas envisageable, est de virtualiser le dispositif en établissant un algorithme exécuté sur un serveur central qui simule son comportement. De ce fait, la connexion à Internet n'est plus forcément nécessaire puisque l'apprenant simule de la même façon son expérience (**Figure 5**).

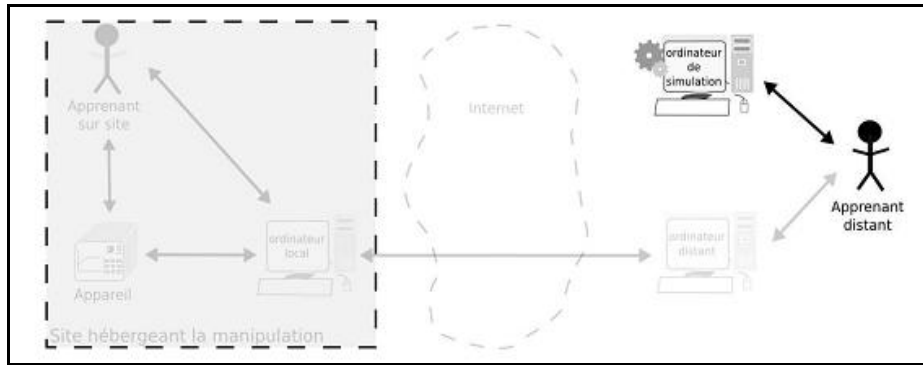


Figure 5: Le Laboratoire Virtuel [GRAV, 2007].

Ainsi, la connexion avec l'appareil est complètement rompue, puisque le logiciel, guidé par son algorithme, remplace le dispositif réel.

6.3. Laboratoire hybride

Il existe une autre classe de laboratoires visant à rassembler le meilleur des deux mondes (distants et virtuels) : il s'agit d'un laboratoire hybride. Ce laboratoire est en partie composé de manipulation sur des dispositifs distants et réels, mais il comporte des simulations, issues d'une étape de modélisation, comme pour les laboratoires virtuels (**Figure 6**).

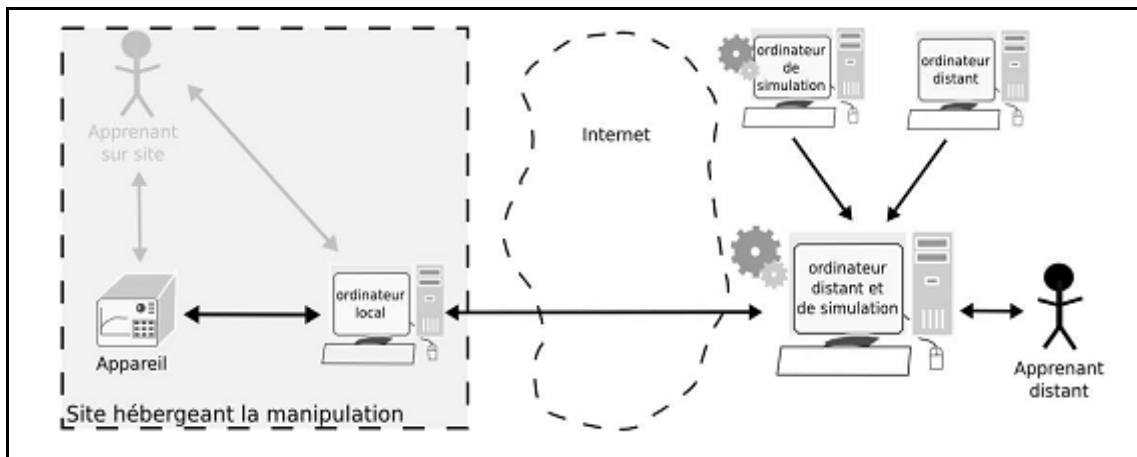


Figure 6: Le Laboratoire Hybride [GRAV, 2007].

Cela correspond à une catégorie de TP où l'on manipule un ensemble réel de dispositifs que l'on fait ensuite inter-opérer par simulations.

7. L'avantage d'un TP à distance

Les travaux pratiques à distance peuvent apporter une solution intéressante aux limitations des travaux pratique classiques. Les environnements de ces derniers offrent aux apprenants et aux enseignants de nouvelles perspectives à la fois du point de vue temporel et du point de vue spatial.

Dans ce cas trois principaux avantages sont énumérés ci-dessous :

- **Coût** : la réduction des coûts des investissements pour le matériel d'instrumentation. En effet, un seul appareil peut être utilisé par de nombreux étudiants à l'échelle internationale. Les coûts de l'entretien peuvent également être partagés si cet appareil est utilisé par des universités différentes.
- **Espace**: le travail d'un laboratoire peut être complété de n'importe quel endroit où le World Wide Web est disponible. L'étudiant distant communique avec le serveur via Internet.
- **Protocole** : Les étudiants peuvent travailler chez eux ou dans n'importe quelle salle équipée par des ordinateurs à l'université.

8. Etat de l'art

Nous entendons ici dresser dans cette partie une liste des principaux laboratoires et projets à distance identifiés dans la communauté scientifique en termes d'ExAO (Expérimentation Assistée par Ordinateur). Tous ces laboratoires et projets ont pour objectif de rendre accessibles des travaux pratiques depuis le réseau publique Internet.

8.1 NetLab. Université du Sud de l'Australie

NetLab (<http://netlab.unisa.edu.au/>) est un laboratoire à distance développé par l'Université du Sud de l'Australie depuis 2002. Il est actuellement utilisé par les étudiants de l'École de génie électrique pour les travaux pratiques en dehors des heures prévues.

NetLab est un environnement interactif et collaboratif multiutilisateur, il donne un accès distant via internet à des vrais instruments et des circuits pour effectuer des mesures en temps réel. Grâce à son interface web graphique, l'utilisateur avec un constructeur de circuit a la possibilité de créer de véritables expériences et de les manipuler en utilisant des touches et des boutons intégrés dans cette interface [Nedic, 2007].

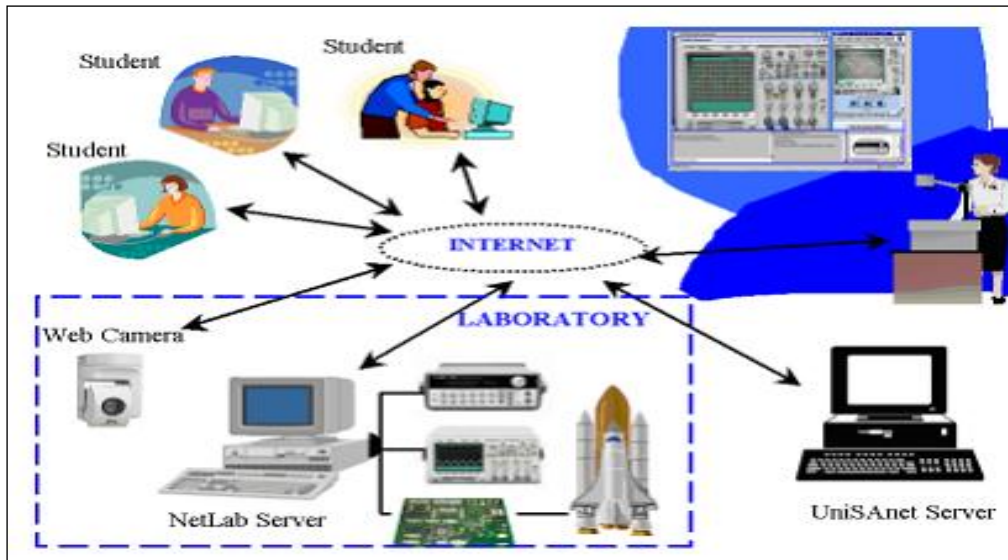


Figure 7: Architecture de NetLab.

a) Plate-forme logicielle

NetLab est une application basée sur le langage Java, elle contient les interfaces des instruments dessinées avec le logiciel Java 2D drawing. Il fonctionne sur n'importe quel système d'exploitation à condition qu'il dispose d'une installation de l'environnement d'exécution Java SE, version 6.0 ou ultérieure. Pour exécuter l'application NetLab, les étudiants doivent télécharger et installer une applet en créant un raccourci sur le bureau.

L'accès à NetLab est libre, c'est à dire que tout le monde peut l'utiliser après création de leur propre compte en s'inscrivant sur la plate-forme comme le montre la **Figure 8** [Nedic, 2008].

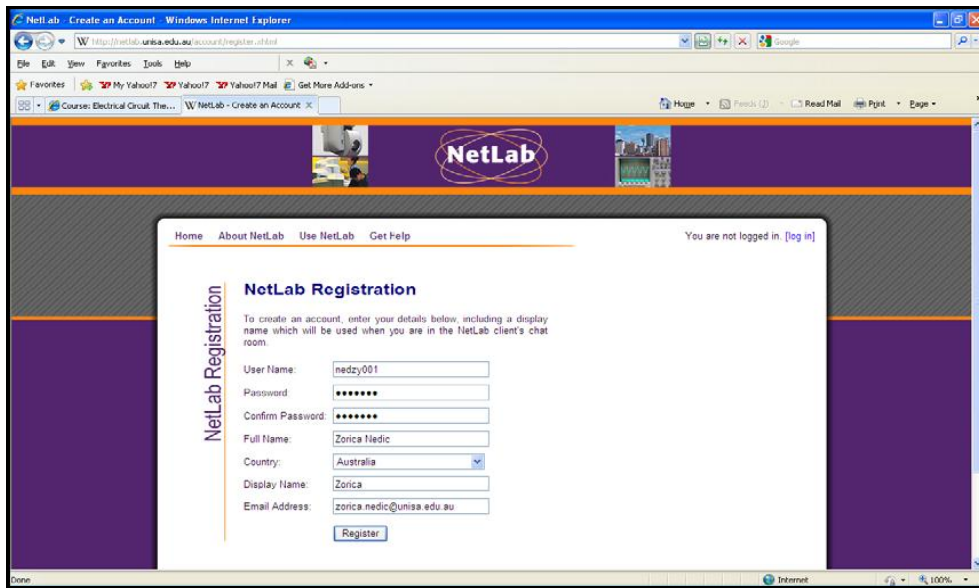


Figure 8: L'interface utilisateur de NetLab.

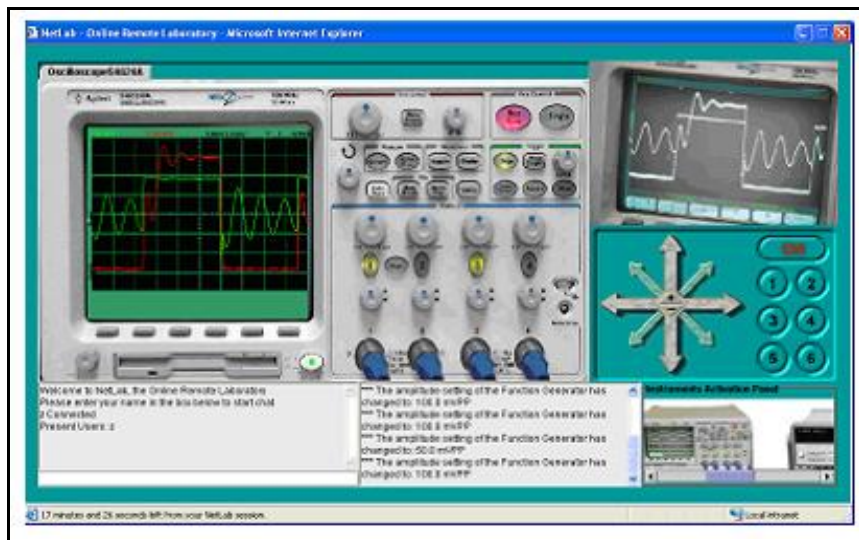


Figure 9: les interfaces des instruments utilisés dans NetLab.

b) Plate-forme matérielle

Le laboratoire dispose des instruments suivants : un oscilloscope, un générateur de signaux, un multimètre, quatre résistances variables, deux condensateurs variables, une bobine d'inductance variable, et un transformateur.

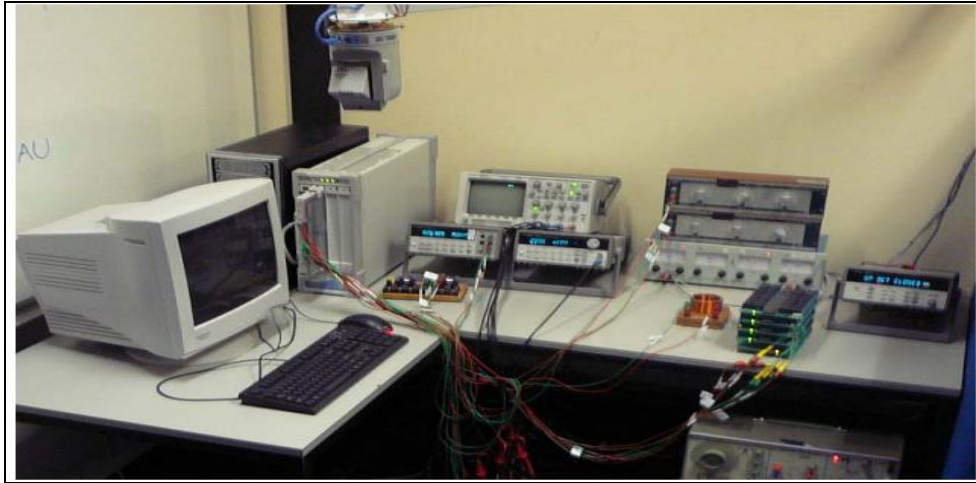


Figure 10: la plate-forme physique de NetLab.

Le générateur de circuit de NetLab est basé sur une matrice de commutation *Agilent E1465A* avec 16x16 modules disponibles. Cette matrice de commutation de relais nécessite un matériel qui comprenait: une unité centrale *E8408A VXI* avec 4-slots et un module de commande *E1406A*. Ces composants communiquent avec le serveur qui héberge l'application de NetLab par l'interface *GPIB*, tandis que le protocole de communication standard *VXI* est utilisé pour la communication interne dans le module de commande (**Figure 11**).

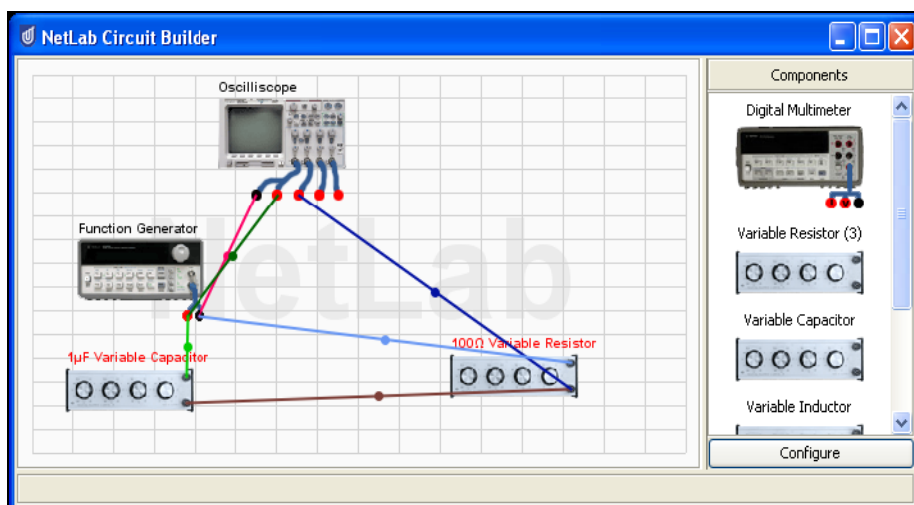


Figure 11: Interface de générateur de circuit de NetLab.

8.2 RwmLAB. L'université de Western Michigan (Etats-Unis)

RwmLAB «*Remote Wiring and Measurement Laboratory*», un laboratoire à distance développé par le Département de l'université de Western Michigan pour les étudiants de génie électrique et informatique. L'objectif de ce laboratoire distant est de traiter le câblage des circuits électriques et électroniques à distance en temps réel à l'aide d'une interface Web comprenant une carte de circuit virtuel classique. Les étudiants peuvent également connecter les instruments au circuit et modifier leurs paramètres et faire les mesures (**Figure 12**) [Assu, 2001].

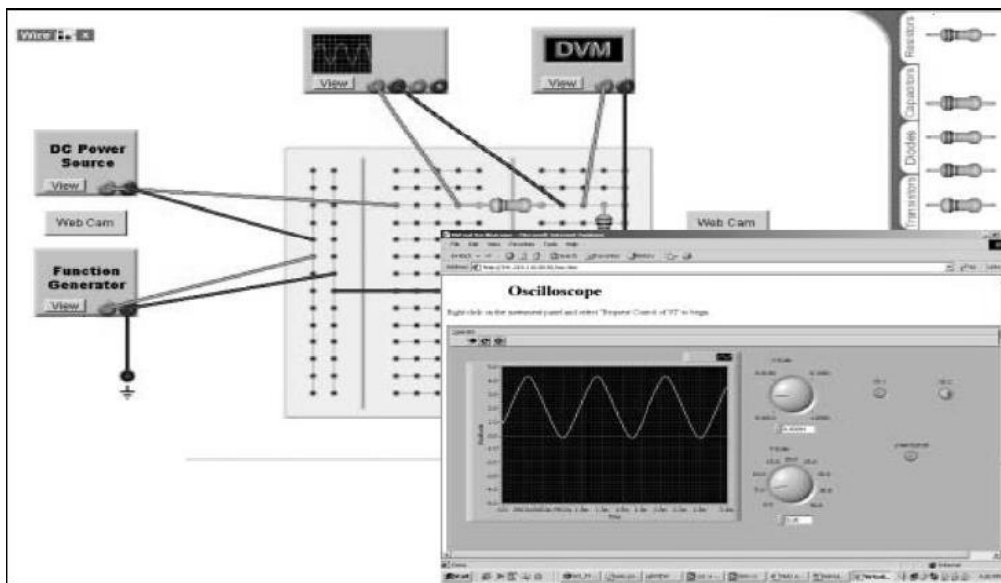


Figure 12: Interface utilisateur de RwmLab.

a) Plate-forme logicielle

RwmLAB est développé en HTML et JavaScript. Lorsque l'utilisateur va câbler le circuit sur la carte de test virtuel, le logiciel transmet un code numérique qui représente les connexions des nœuds du circuit. Ce code est transmis en utilisant un protocole d'interface de grille commune (CGI) écrit en langage C. Les commandes et les affichages des instruments sont développés en utilisant le logiciel *LabVIEW* National Instruments [Assu, 2005].

b) Plate-forme matérielle

Le laboratoire RwmLAB est doté des instruments suivants: un multimètre, un oscilloscope et générateur de fonction. Le câblage et les mesures dans ce laboratoire à distance s'effectuent à l'aide d'une carte de matrice de commutation *Xecom AWC86A* qui joue le rôle d'un contrôleur de la plate-forme avec un serveur web et un *CPLD*. Le back-end

de la matrice est un microcontrôleur *AM186ES AMD 40 MHz* avec SRAM et Mémoire Flash (**Figure 13**) [Assu, 2005].

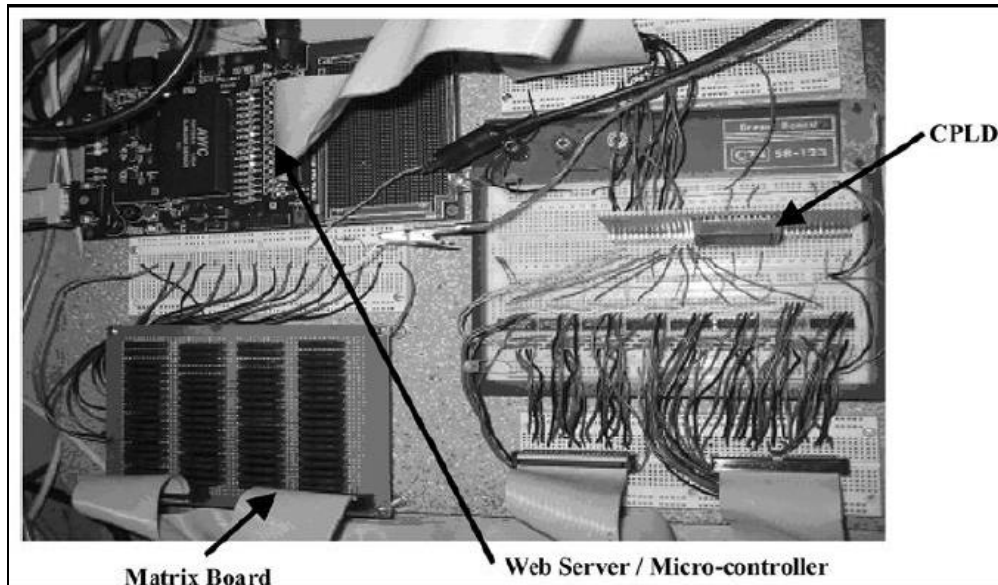


Figure 13: la plateforme physique de RwmLab.

Cette matrice de commutation comprend un tableau 8x8 configurable et basée sur des relais statiques, contrôlés par un serveur Web. Le circuit est défini par l'utilisateur à travers une interface visuelle représentant une carte de test virtuelle "*Virtual breadboard*", lui permettant de câbler physiquement un circuit électrique ou électronique. Les composants et les câbles placés autour de la carte virtuelle peuvent être déplacés pour accomplir la configuration souhaitée. Un ensemble d'instruments peut également être connecté à tous les nœuds du circuit. Lorsque l'utilisateur complète un circuit, le logiciel fait l'analyse pour déterminer les conducteurs qui sont reliés entre eux et configure les relais.

8.3 RemotElectLab. Institut Polytechnique de Porto

RemotElectLab est un laboratoire à distance développé par l'École d'ingénierie de l'Institut Polytechnique de Porto. Actuellement il est utilisé comme un complément au cours d'électronique II 2^e année, et le 1^{er} semestre d'une licence en Génie électrique et informatique. Durant ce cours, et grâce à une interface graphique montrée dans la (**Figure 14**) les étudiants apprennent le fonctionnement de l'amplificateur et peuvent modifier une partie de la structure de l'expérience et effectuer des mesures dessus, en analysant par la suite les différentes valeurs en fonction de la configuration choisie [Garc, 2009].

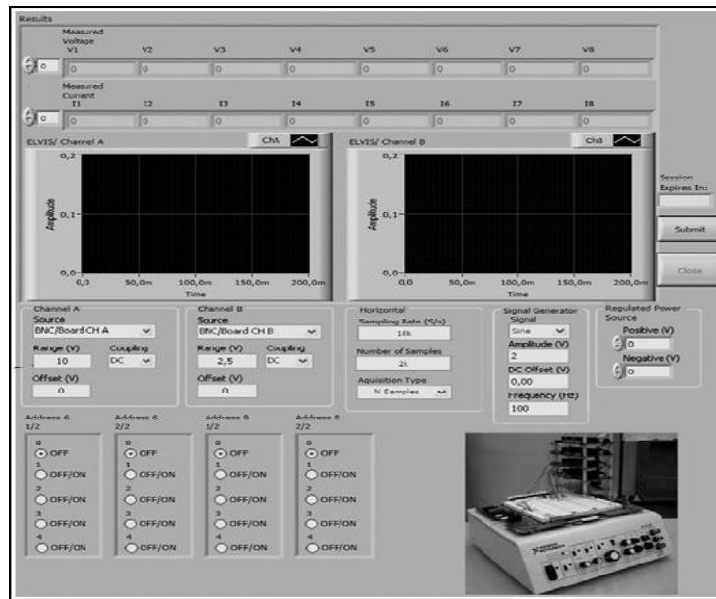


Figure 14: Interface utilisateur de RemotElectLab.

a) Plate-forme logicielle

Tous les logiciels développés pour déployer le RemotElectLab sont basés sur le langage graphique *LabVIEW* de National Instruments qui est largement utilisé dans le milieu universitaire et l'industrie principalement dans le contrôle des instruments. En plus, d'autres fonctions sont définies, programmées et exécutées avec d'autres langages de programmation. L'interface graphique (*GUI*) fournie à l'étudiant est également basée sur *LabVIEW* (Figure 14), dans laquelle l'étudiant peut changer les différents paramètres dans le circuit sous test [Garc, 2009].

b) Plate-forme matérielle

La Plate-forme matérielle (Figure 15) de RemotElectLab est basée sur National Instruments *NI-ELVIS*. Cette plate-forme peut être utilisée dans un laboratoire réel comme elle peut également servir à construire un laboratoire à distance. RemotElectLab comprend aussi une carte d'essais pour l'assemblage des circuits, et un ensemble de douze instruments intégrés (alimentation, multimètre numérique, oscilloscope et générateur de fonction...etc.), plus quelques Entrée/Sortie analogique et numérique [Sous, 2009].

Pour permettre à l'utilisateur d'effectuer des mesures dans les différents nœuds du circuit sous test, les modules de commutation qui fonctionnent comme des multiplexeurs / démultiplexeurs ont été développés et basés sur des relais électromécaniques. Avec cette solution, l'utilisateur peut également changer les composants dans un circuit et le reconfigurer par la suite.



Figure 15: la plate-forme matérielle de RemotElectLab.

8.4 ISILab Université de Gênes (Italie)

ISILab « *Internet Shared Instrumentation Laboratory* » est un laboratoire à distance développé par l'Université de Gênes, et il est actuellement utilisé pour donner accès à distance à des expériences dans le domaine de l'électronique pour ceux qui bénéficient des cours d'ingénierie [Bagn, 2000]. Les expérimentations portent sur des mesures électroniques de base, tels que les retards dans les circuits numériques ou le gain et la distorsion d'amplificateurs en utilisant un générateur de formes d'onde et un oscilloscope. Ce laboratoire à distance intègre des expériences, des conférences, des exercices, et des livres électroniques qui sont accessibles via les interfaces utilisateurs indiquées dans la (Figure 16). Ce laboratoire à distance peut être consulté par <http://isilab.dibe.unige.it/>.

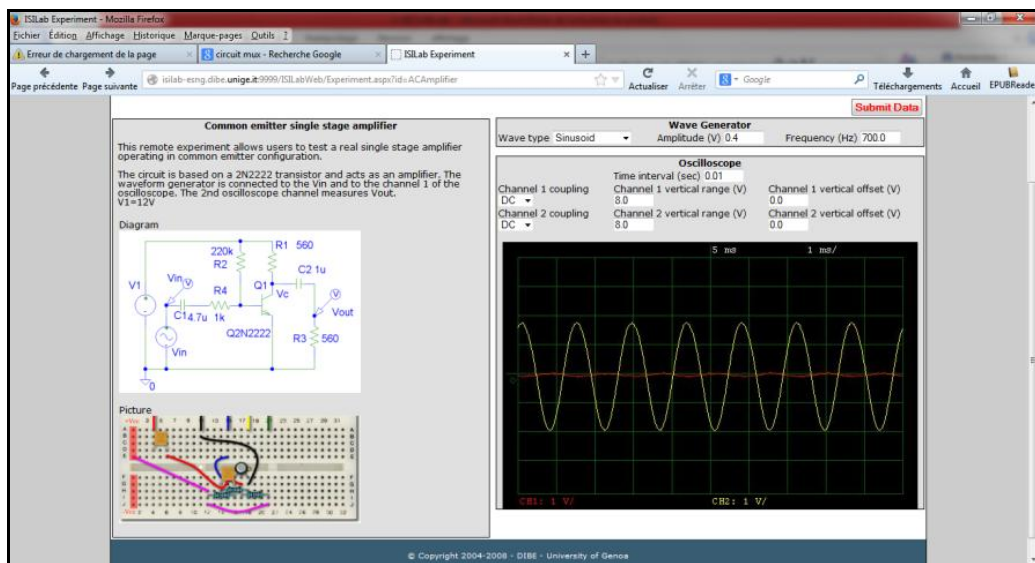


Figure 16: Interfaces utilisateur d'ISILab.

a) Plate-forme logicielle

ISILab a été conçu en utilisant une architecture distribuée dans laquelle est implémenté un serveur d'un laboratoire virtuel principal (VLS), un ou plusieurs serveurs de laboratoire réel (RLS) et des stations clients connectés par internet. Les laboratoires réels peuvent être répartis sur une vaste zone géographique et sont accessibles sans limite par les clients. Le portail de site Web indique les expériences disponibles et il se charge des politiques de sécurité de l'établissement de la communication entre le client et le serveur du laboratoire réel (RLS) pour une expérience choisie (**Figure 17**).

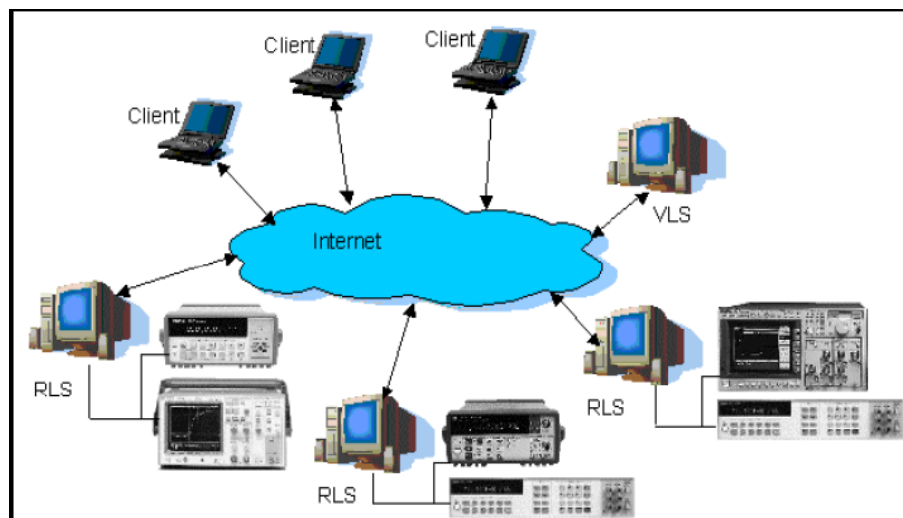


Figure 17: Architecture d'ISILab.

Pour interagir avec les expériences, l'utilisateur n'a besoin ni de matériel ni de logiciel spécifique sauf un navigateur web et la machine virtuelle Java. À travers les panneaux des instruments virtuels représentés sur le site web, l'utilisateur peut commander à distance ces instruments réels et manipuler des expériences. Ces panneaux virtuels sont définis selon un schéma *XML* spécifique et les interfaces graphiques d'utilisateur (GUI) peuvent être configurées en fonction des objectifs de chaque expérience. ISILab possède des modules configurables en apparence et comportement qui peuvent être utilisés par la suite pour contrôler les différents instruments.

Cette approche est basée sur un logiciel appelé *AppletVIEW*. Cet environnement permet au développeur de construire une applet intégrée avec des programmes écrits sous *LabVIEW*. Les fichiers de configuration d'*AppletVIEW* sont écrits avec un langage basé sur *XML* appelé *VIML* (Virtual Instrument Mark-up Language). ISILab a développé ces méthodes pour donner une applet Java qui fonctionne avec ces fichiers de configuration *XML*.

b) Plate-forme matérielle

ISIlab supporte à la fois les instruments autonomes et ceux connecté sur ordinateur (PCI, PXI, GPIB, etc.) Il rend transparent le matériel à l'aide d'une interface de programme d'application homogène dans le moteur de RLS. De cette façon, si un nouvel instrument va être ajouté, il doit seulement être enveloppé dans un adaptateur de pilote approprié pour exposer les fonctionnalités de l'appareil. Ces adaptateurs pilotes sont basés sur la technologie *IVI* (Interchangeable Virtual Instruments) et ils sont développés pour l'oscilloscope, générateur de fonctions et le multimètre numérique.

Si les étudiants veulent créer un circuit à l'aide de composants discrets, le nombre de composants et de relais pour les interconnecter augmente de façon exponentielle avec le nombre de composants. Pour cette raison ou pour d'autres, *ISIBoard* a été créé. Il s'agit d'une carte mère avec seize slots, où se placent les cartes expériences (**Figure 18**). Chaque carte a dix-huit lignes pour donner l'alimentation, les signaux d'entrée/sortie et les connexions avec les instruments. Lorsque le circuit est monté sur la carte mère, les connexions avec les instruments sont créées dynamiquement par un ensemble de commutateurs. Autrement dit, cette carte mère fonctionne comme une matrice de commutation commandée par le RLS, chaque carte possède un identificateur unique et un tableau configurable qui permet à chaque circuit de partager la même instrumentation. En fonction de l'expérience sélectionnée par l'utilisateur sur le portail Web, la carte correspondante va être connectée aux instruments et sur le portail.



Figure 18: Carte mère (ISIBoard) avec les cartes d'expériences.

8.5 iLAB. Institut de Technologie de Massachusetts

Le projet iLab (<http://ilab.mit.edu>) a commencé au MIT (Massachusetts Institute of Technology) en 1998 par J. A. del Alamo [Dela, 2008], due à la frustration de ne pas être capable d'enseigner des sujets pratiques de dispositifs semi-conducteurs au MIT. Traditionnellement, les étudiants inscrits dans ces cours ont suivis uniquement les cours théoriques présentés sous formes de conférence et des supports de cours. Une première version appelé Microelectronics WebLab basé sur une applet java a été développée, elle permettait d'envoyer à distance des alertes à un serveur connecté directement à l'appareil en utilisant Microsoft ASP. En 1999, par la suite ce laboratoire était mis à la disposition des étudiants pour tous les types d'expériences.

En 2001, une architecture basée sur les services Web a commencé à se développer. Elle fournit une infrastructure commune à tous les types d'expériences, avec le développement guidé du centre de « Educational Computing Initiatives » au MIT. Cette architecture reposait dans les premiers temps sur les expériences partagées entre les différentes universités. En 2004 et avec une architecture appelée iLAB Shared Architecture (ISA), une nouvelle version Microélectronique WebLab a été développée comme une expérience dans iLAB.

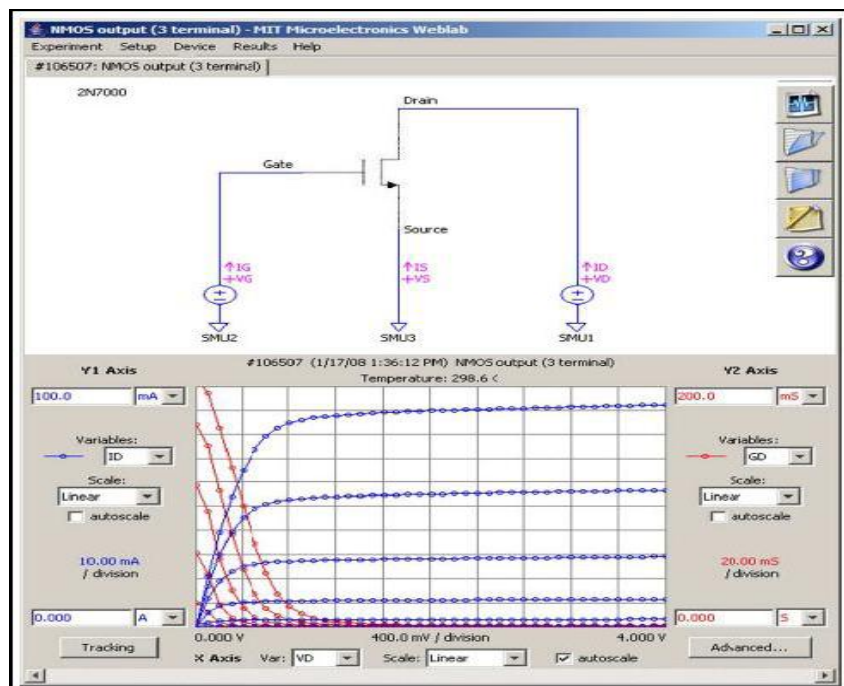


Figure 19: iLAB WebLab java client.

a) Plate-forme logicielle

Le projet iLAB n'a pas un domaine spécifique. Il vise à fournir un contexte logiciel pour soutenir les laboratoires en ligne à partir d'une grande variété de domaines. Ses principales caractéristiques sont:

- Il permet le développement des expériences de différents plates-formes et systèmes d'exploitation ;
- Permet le partage d'expériences entre différentes universités;
- Fournir des outils de gestion efficaces pour les fournisseurs de laboratoire;
- Il possède une conception évolutive.

Selon le concept d'un laboratoire à distance, iLAB est développé en utilisant des technologies qui ne fonctionnent que sur Microsoft Windows. Tous les serveurs sont obligatoirement déployés sous Microsoft Windows à l'aide des technologies Microsoft IIS, de Microsoft SQL Server et Microsoft Visual Studio pour le développement. L'interface client est développée avec les technologies multi-plate-forme telles que Java, afin que les utilisateurs du système utilisent d'autres plates-formes [Hard, 2008].

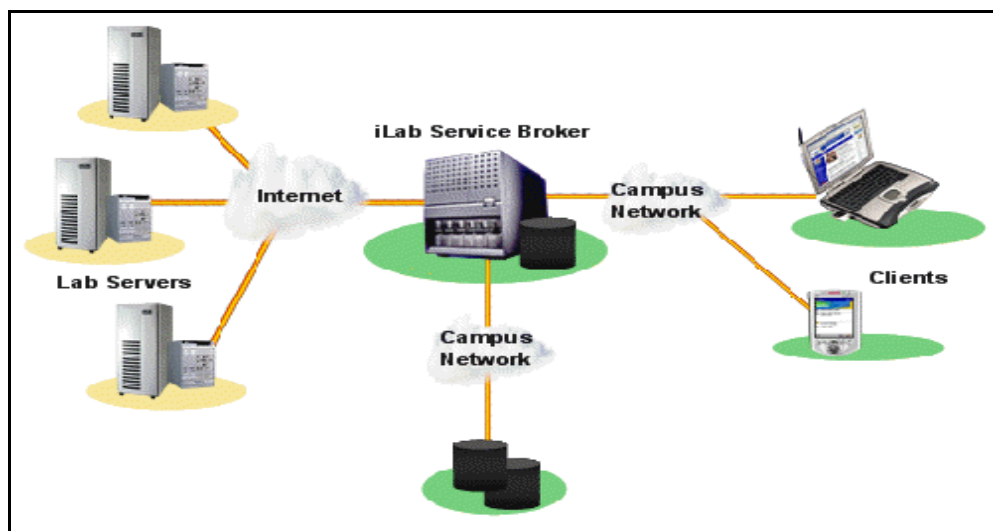


Figure 20: Architecture d'iLAB.

b) Plate-forme matérielle

Pour contrôler l'analyseur des semi-conducteurs et la matrice de commutation utilisée dans les iLABs, le serveur dispose d'une carte d'interface Agilent **GPIB**. Les services Web doivent aussi rendre plus facile à intégrer dans l'architecture globale les modules fournis par les fournisseurs. La matrice de commutation a permis au système d'accueillir plusieurs dispositifs semi-conducteurs pour la caractérisation.

Le projet iLab a mis l'accent sur la construction des laboratoires distants à base de la plate-forme **NI-ELVIS**. Parmi les instruments disponibles sur **NI-ELVIS** sont : le générateur de fonction, l'oscilloscope, multimètre, ...etc. Ces instruments permettent aux étudiants

d'effectuer des mesures en temps réel sur les circuits électroniques et faire des tests et débogage sur des circuits analogiques et numériques. L'utilisateur peut modifier la configuration du système en cours de test grâce à une matrice de commutation (**Figure 21**).

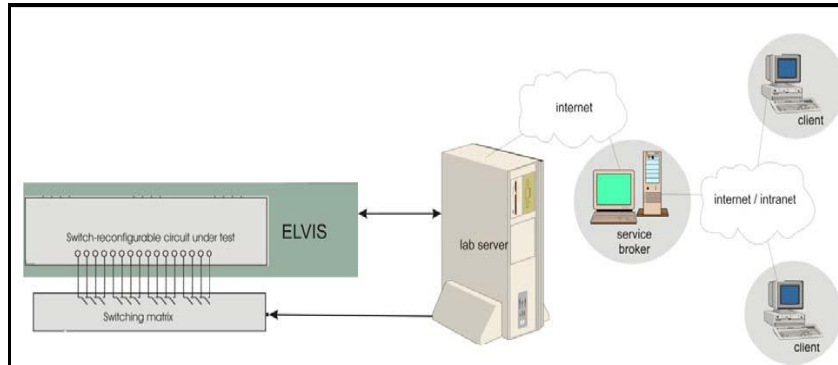


Figure 21: Architecture d'iLAB basé sur la plate-forme ELVIS.

8.6 VISIR. Institut de Technologie de Blekinge (Suède)

Le Département Traitement du Signal (ASB) de l'institut de la technologie (BTH) en Suède a créé un laboratoire à distance connu sous le nom VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality), pour des expériences dans le domaine électriques, imitant et complétant le travail établis dans les laboratoires locaux [Gust, 2006]. L'interface de VISIR permet aux étudiants de créer leur propre circuit électrique et de le tester en utilisant des composants et des dispositifs réels comme l'oscilloscope, le générateur de fonction, le multimètre, et une alimentation.

L'interface utilisateur (**Figure 22**) a été conçu avec les mêmes panneaux que les étudiants utilisent en présentiel, afin qu'ils puissent reproduire les mêmes actions et procédures dans un laboratoire réel.

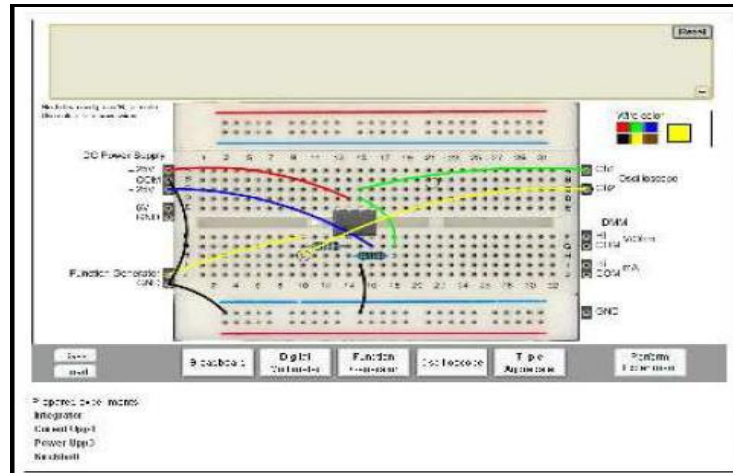


Figure 22: Une carte de test virtuel utilisée dans VISIR.

a) Plate-forme logicielle

La plate-forme logicielle utilisée pour développer le laboratoire VISIR est représentée par la **Figure 23**. Cette plate-forme contient des différents serveurs, chacun joue un rôle dans la mise en place d'un laboratoire d'expérimentation. VISIR est un projet open source, donc tous les logiciels et les renseignements peuvent être téléchargés à partir de l'url <http://svn.openlabs.bth.se>.

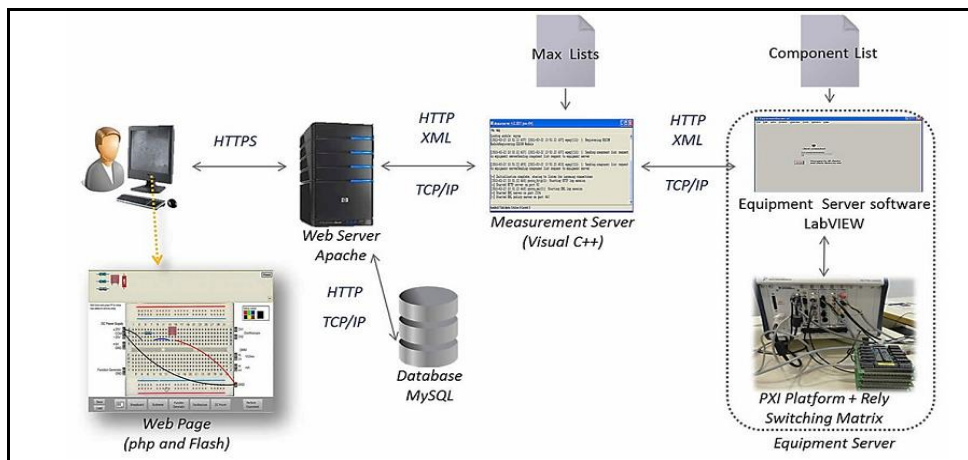


Figure 23: Architecture de VISIR.

Le serveur web assure le lien entre l'étudiant distant et l'expérience située à l'université. L'interface utilisateur utilisée pour créer et tester le circuit a été développée avec Adobe Flash. Pour le développeur, il doit exécuter d'autres logiciels qui seront installés sur le serveur comme PHP 5, Smarty, Text_Wiki et MySQL.

Le serveur de mesure a pour rôle principal de répondre aux requêtes de mesure envoyées par les clients. Ces requêtes sont codées en utilisant un protocole d'expérimentation

contenant les paramètres et les fonctions de l'instrument utilisé dans l'expérience. Les requêtes sont ensuite validées et transformées dans un format compréhensible par les serveurs de l'instrument directement connecté. L'authentification et les files d'attente sont également traitées. Le serveur de mesure utilise Microsoft Windows comme système d'exploitation, le programme est écrit en C++ en utilisant Microsoft Visual C++.

Le serveur des équipements est chargé de recevoir les requêtes de serveur de mesure et configurer les instruments et la matrice de commutation, selon les demandes. L'interface entre le serveur de mesure et le serveur de l'équipement utilise le protocole TCP/IP, de sorte qu'ils peuvent être en cours d'exécution sur des machines distinctes. Le serveur d'équipement est écrit en *LabVIEW* de National Instruments.

b) Plate-forme matérielle

Le laboratoire à distance VISIR utilise le National Instruments *PXI* ou la solution *PCI* pour rassembler tous les instruments nécessaires pour configurer et effectuer des mesures sur un circuit construit par les étudiants à distance. Les instruments disponibles sont: oscilloscope, générateur de fonction, multimètre et l'alimentation. Tous ces instruments devraient être de National Instruments, parce que le serveur d'équipement fonctionne avec ses pilotes.

Pour que l'utilisateur puisse construire un vrai circuit via l'interface Web, VISIR utilise une matrice de commutation propriétaire (**Figure 24**) commandée par le serveur d'équipement. Les relais sont disposés dans un modèle de matrice en trois dimensions avec des connecteurs pour les instruments et des prises pour les composants. Il y a deux modèles de cartes différentes: l'une pour les instruments et l'autre pour les composants. De cette façon, les commutateurs de relais sont intégrés dans le circuit par des fils d'une longueur limitée pour gagner la bande passante. Les nœuds de la matrice de commutation sont propagés d'un bord à l'autre par un bus de nœud. La notation "nœud" se réfère au fait que chaque conducteur créée par ces connecteurs empilés peut être un nœud dans un circuit souhaité [Gust, 2008].

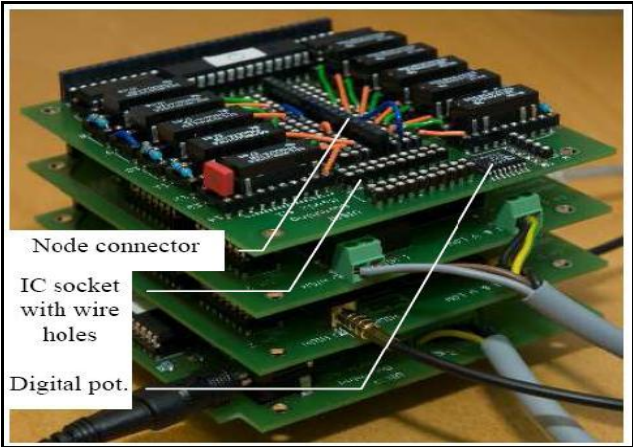


Figure 24: la matrice de commutation de VISIR.

Dans une session de VISIR, l'étudiant peut créer le circuit à distance par un navigateur web tandis que le serveur de mesure et le serveur d'équipement sont chargés de réaliser ce circuit sur la matrice de commutation.

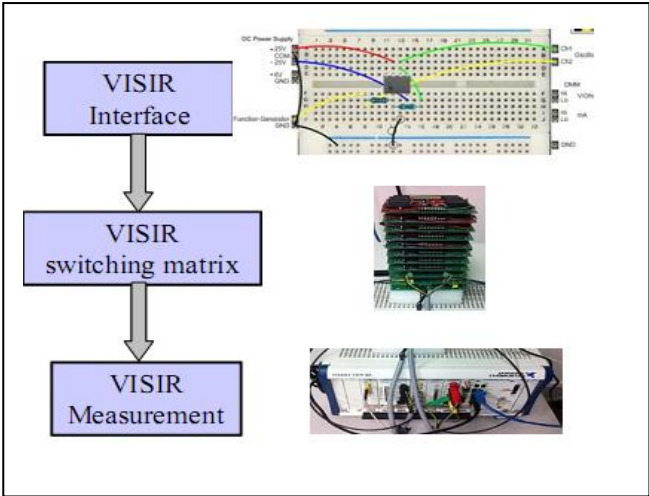


Figure 25: le TP de VISIR.

9. Comparaison entre les laboratoires distants

Le tableau ci-dessous résume et compare les caractéristiques de quelques Laboratoires à distance.

	NetLab	RwmLAB	RemotElectLab	ISILab	iLab	VISIR
Circuits	Discret	Discret	Fixé et modifiable	Fixé	Fixé	Fixé, modifiable et discret
contrôle des instruments	GPIB-VXI	GPIB	NI-ELVIS	PXI, PCI, GPIB sous pilotes IVI	GPIB, NI-ELVIS	PXI
Logiciel de contrôle	JAVA	LabVIEW	LabVIEW	LabVIEW	LabVIEW	LabVIEW
Matrice	Agilent E1465A	Xecom AWC86A +matrice propriétaire	NI-ELVIS + matrice de modules propriétaire	Matrice de carte-mère propriétaire	NI-ELVIS	Matrice de commutation propriétaire
Disponibilité	oui	non	invité	oui	oui	invité
Concurrence	Trois utilisateurs simultanés	Sans information	non	Plusieurs utilisateurs peuvent assister l'expérience en même temps	non	Max 16, en fonction de l'expérience
Interface utilisateur	Plan de travail virtuel en java	Breadboard virtuel in java	LabVIEW front panel	AppletView et AJAX	Java Applet	Breadboard virtuel en Flash
Caractéristiques particulières	Il comprend une plateforme collaborative pour étudiants et enseignants	La matrice est contrôlée par le CPLD	facilement déployable en utilisant à distance des panneaux de LabView	XML est utilisé pour décrire l'ensemble de l'expérience	Intégré en ISA architecture	Interface utilisateur puissante

Table 1: Comparaison entre différents laboratoires à distance.

10. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons dressé le portrait actuel de l'Expérimentation Assistée par Ordinateur, dans le domaine scientifique soutenu par deux acteurs majeurs: laboratoires et industries. Les tenants et les aboutissants de la manipulation distante se traduisent par différentes configurations envisageables pour le concepteur d'un télé-TP: laboratoire distant, virtuel ou encore hybride.

Nous avons aussi abordé les différents types de laboratoires, leurs plates-formes logicielles et matérielles en dressant un tableau comparatif qui résume les caractéristiques de chaque laboratoire distant, il est remarquable que presque tous les laboratoires distant utilisent comme logiciel de contrôle le *LABVIEW*, et que la majorité favorise l'applet java comme interface utilisateur. Le plus proche de notre approche serais le laboratoire distant ISILab.

Dans le second chapitre, nous allons décrire la conception d'une plate-forme d'un TP à distance (Télé-TP) proposé dans laquelle, nous allons présenter le schéma descriptif de son système de pilotage en détaillant chacune de ses composantes.

Chapitre 2 : Conception

1. Introduction

La partie conception dans un projet informatique a une très haute importance, elle permet d'avoir une idée de ce qu'on doit programmer et déterminer les différentes fonctionnalités de l'application, leurs conditions et l'ordonnement de leurs déroulements.

Dans ce chapitre, nous allons décrire la conception et la mise en œuvre d'une plateforme d'un TP à distance (Télé-TP) destiné aux étudiants dans le domaine électronique.

Grâce à une interface web, l'utilisateur aura la possibilité de manipuler une expérience en donnant une configuration au circuit, effectuer des mesures et recevoir les résultats.

La mise à distance d'une séance de TP recouvre une grande variété de situations pédagogiques, selon qui et quoi est à distance, dans un aspect réel ou virtuel. Selon les circonstances, les manipulations peuvent se dérouler en présentiel ou à distance d'une manière réelle ou virtuelle. Les enseignants sont à distance ou non de la manipulation, et à distance ou non des apprenants [Elaj, 2014].

Dans notre cas on a opté pour deux situations pédagogiques :

Situation 1 : l'enseignant en séance présentielle, va donner les consignes de TP sous format papier que l'étudiant l'utilisera par la suite en se connectant à distance sur la plateforme de TP pour le réaliser.

Situation 2 : la plateforme de TP sera intégrée dans un environnement d'apprentissage en ligne (plateforme e-Learning). Dans ce cas l'enseignant dépose l'énoncé de TP dans son espace de cours et il sera présent en ligne pour aider l'étudiant à le réaliser.

2. Description du système de TP à distance proposé

Si on veut construire un modèle d'un TP à distance en électronique qui intègre les activités d'expérimentation sur des dispositifs technologiques réels, le modèle doit reproduire les mêmes fonctionnalités et performances d'un TP en électronique classique.

Le système réalisé repose sur une structure client/serveur. C'est un environnement interactif multiutilisateur qui offre un accès distant à des vrais instruments de mesure. L'architecture de ce système est constituée de deux plates-formes : matérielle et logicielle

2.1 Plate-forme Matérielle

Afin d'accomplir une expérimentation complète d'un TP à distance (Télé-TP), il faut passer par le montage de la manipulation qui se concrétise par la mise à distance d'une plate-forme matérielle. Dans notre cas cette plate-forme se compose de:

- Un serveur de TP : ordinateur de type carte nommé **RaspberryPi**.
- Carte mémoire **SD** pour le système d'exploitation (Installation en Annexe 1).
- Un serveur pour la plate-forme e-learning (**MOODLE**) (Installation en Annexe 3).
- Une carte de relais.
- Circuits de TP.
- Instruments pour effectuer les mesures (générateur, multimètre, oscilloscope générateur de basses fréquences (**GBF**)).

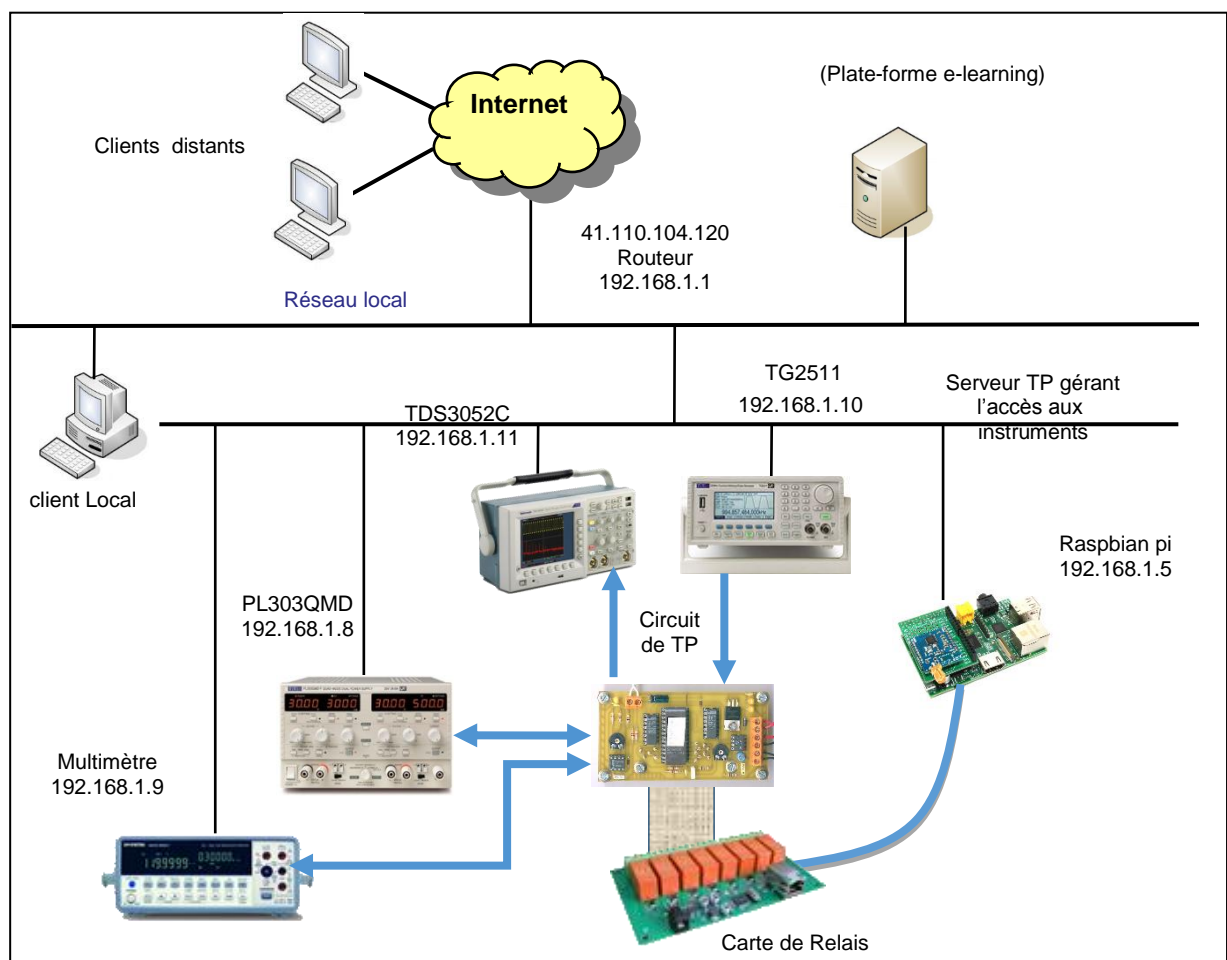


Figure 26: La plate-forme matérielle du système.

a) Raspberry Pi

Raspberry Pi est un ordinateur de type carte à processeur **ARM**. Dans ce modèle, c'est le serveur qui héberge l'application qui gère la manipulation de la carte de relais et la carte de TP.

Raspbian est un système d'exploitation GNU/Linux, dérivé de Debian, spécialement compilé et optimisé pour RaspberryPi.

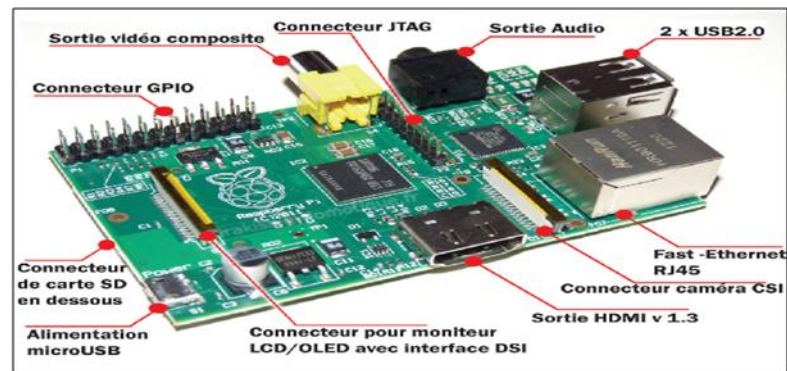


Figure 27: Raspberry Pi.

b) Serveur MOODLE

C'est un serveur qui héberge la plate-forme d'e-Learning. C'est la porte d'entrée pour tout utilisateur désirant accéder au TP.

c) Carte de relais

Ou bien carte des commutateurs. C'est un dispositif permettant de la commutation de liaison dans un circuit donné.



Figure 28: la carte de relais.

d) Circuit de TP

Matériel pourvu de composants électroniques et d'un circuit imprimé utilisé pour le TP.

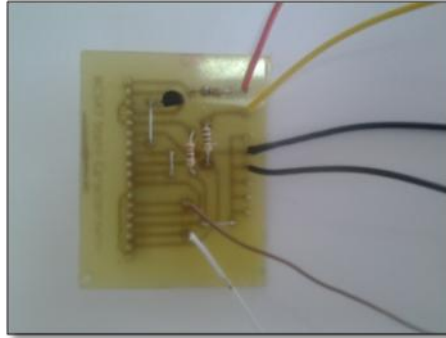


Figure 29: Carte de TP.

e) Instrument de mesure utilisé

Tout instrument de mesure utilisé dans ce TP est compatible avec la norme *LXI*, pilotable par le réseau informatique (connecteur RJ 45) et dispose d'un serveur embarqué et d'une page web.



Figure 30 : les instruments de mesure.

2.2 Plate-forme logicielle

Cette partie décrit le fonctionnement et les interactions entre les différentes composantes logicielles de notre système. Le système permet de créer un mode de communication permettant à plusieurs utilisateurs de se connecter en session, partager simultanément le même dispositif technologique (instrument) et garantir un degré d'interactivité en minimisant le temps de réponse pour le retour des requêtes lancés par les utilisateurs.

L'utilisateur possède sur son écran une visualisation qui reproduit en tout point le circuit électronique. C'est avec la souris de son ordinateur qu'il va reproduire les actions qu'il ferait s'il était physiquement en face de son appareil de mesure. Toute action sur la façade affichée sur l'écran provoque une réaction «en temps réel » de l'appareil occasionnant alors la mise à jour de l'affichage. Dans tous les cas, les résultats affichés correspondent à ceux effectivement mesurés par l'appareil. L'utilisateur peut donc réaliser ses mesures et le système les sauvegarde avec les résultats.

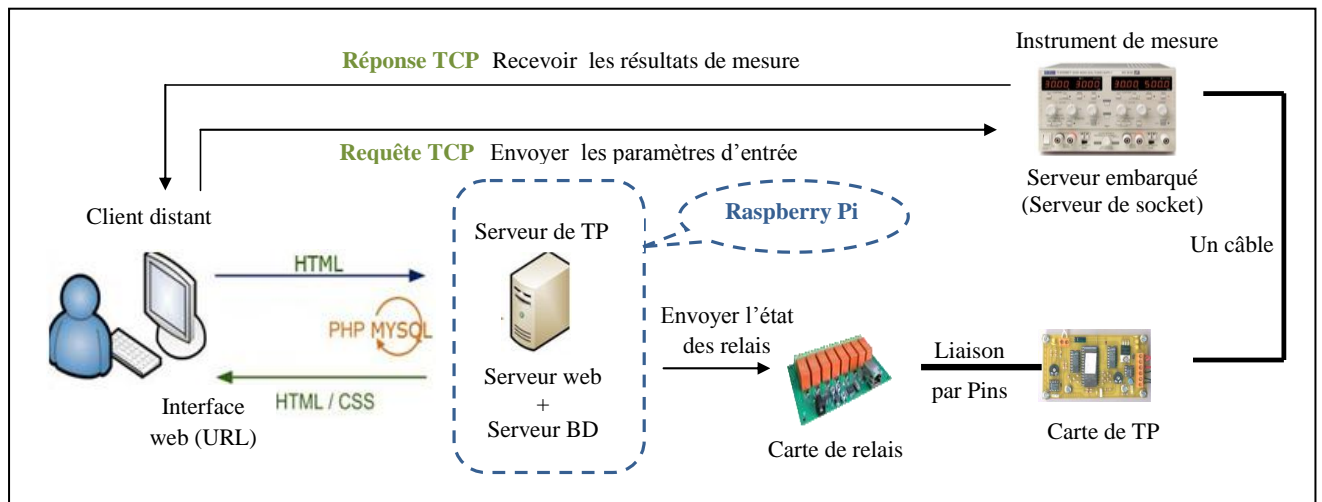


Figure 31: La plate-forme logicielle.

La plate-forme logicielle regroupe quatre (4) serveurs logiques :

- **Le serveur web :** C'est un serveur qui intègre les mécanismes de sécurité et de contrôle des connexions, permettant la gestion de l'infrastructure lors de l'accès simultané de plusieurs utilisateurs aux ressources.
- **Le serveur de TP :** C'est un serveur qui héberge l'application homme-machine.
- **Le serveur embarqué :** Chaque instrument possède un serveur embarqué, son rôle principal est de répondre aux requêtes de mesure envoyées par l'utilisateur à travers le protocole de communication **TCP**. Les requêtes sont validées et transformées dans un format compréhensible vers l'appareil.
- **Serveur de base de données :** sert à gérer la base de données, sauvegarder les informations des utilisateurs, l'état des relais, les valeurs de mesure envoyées et les résultats obtenus.

Si nous voulons envisager que ce TP à distance (Télé-TP) sera considéré comme une activité pédagogique semblable aux cours, exercices, travaux dirigés dans une plate-forme d'e-Learning (**MOODLE**) à la différence près qu'il y a un dispositif réel (instrument de mesure). Nous intégrons dans ce cas un autre serveur celui de la plate-forme d'apprentissage **MOODLE**.

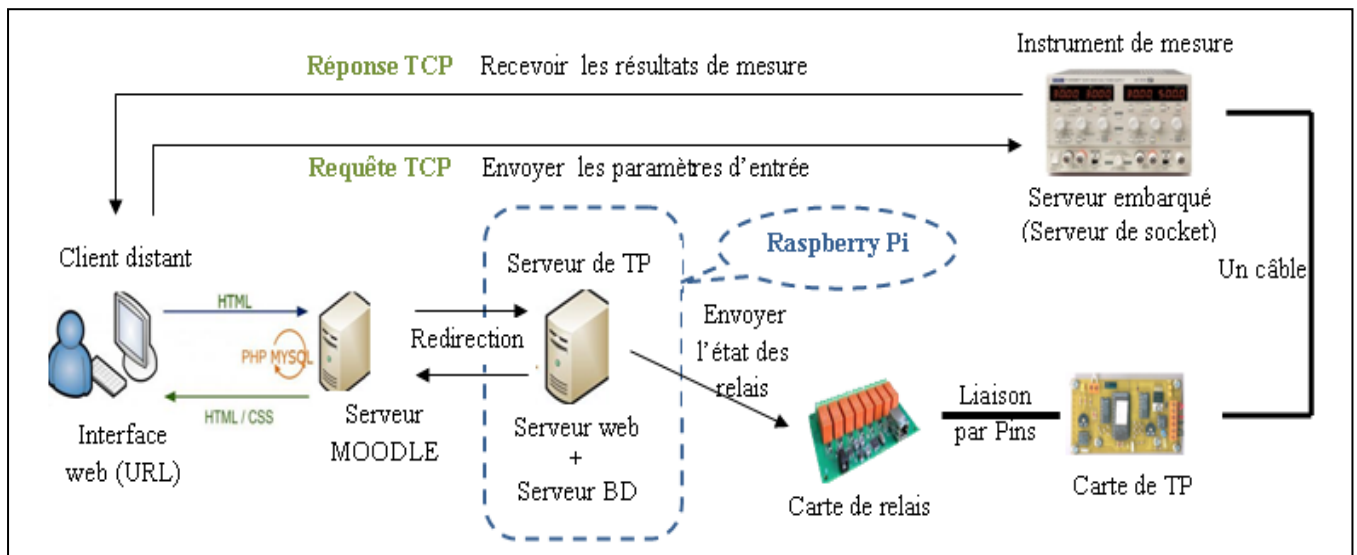


Figure 32 : La plate-forme logicielle avec MOODLE

A travers la plate-forme **MOODLE**, un système de dialogue (Forum, chat) est disponible, permet aux étudiants de communiquer entre eux en groupe, avec l'enseignant ou avec la technicien située sur le site de la plate-forme matérielle pour demander un soutien technique.

3. Conception UML de l'application

Pour décrire la conception finale de notre application, nous avons adopté la méthode **UML** (Unified Modeling Language) et ses différents diagrammes qui permettent de visualiser, spécifier, construire et documenter les abstractions d'un système logiciel. **UML** est considéré comme une boîte à outils qui offre des techniques de modélisation décrite par un langage.

3.1. Diagramme de cas d'utilisation

Pour décrire le comportement fonctionnel et les cas d'utilisation de notre système, on va utiliser les diagrammes de cas d'utilisations vu que cette notation graphique permet de donner une vue générale simplifiée de ce système.

Dans notre système, nous avons identifié trois acteurs humains : Un enseignant concepteur et encadrant le Télé-TP, des étudiants et le technicien de laboratoire physique.

- **L'enseignant** : c'est celui qui assure le suivi ou l'encadrement des étudiants pendant la séance de TP à distance.
- **Etudiant** : il s'agit de la personne effectuant le TP, seule ou au sein d'un groupe, dans le but d'atteindre des objectifs pédagogiques visés par ce TP.
- **Le technicien** : il assure la maintenance du matériel utilisé.

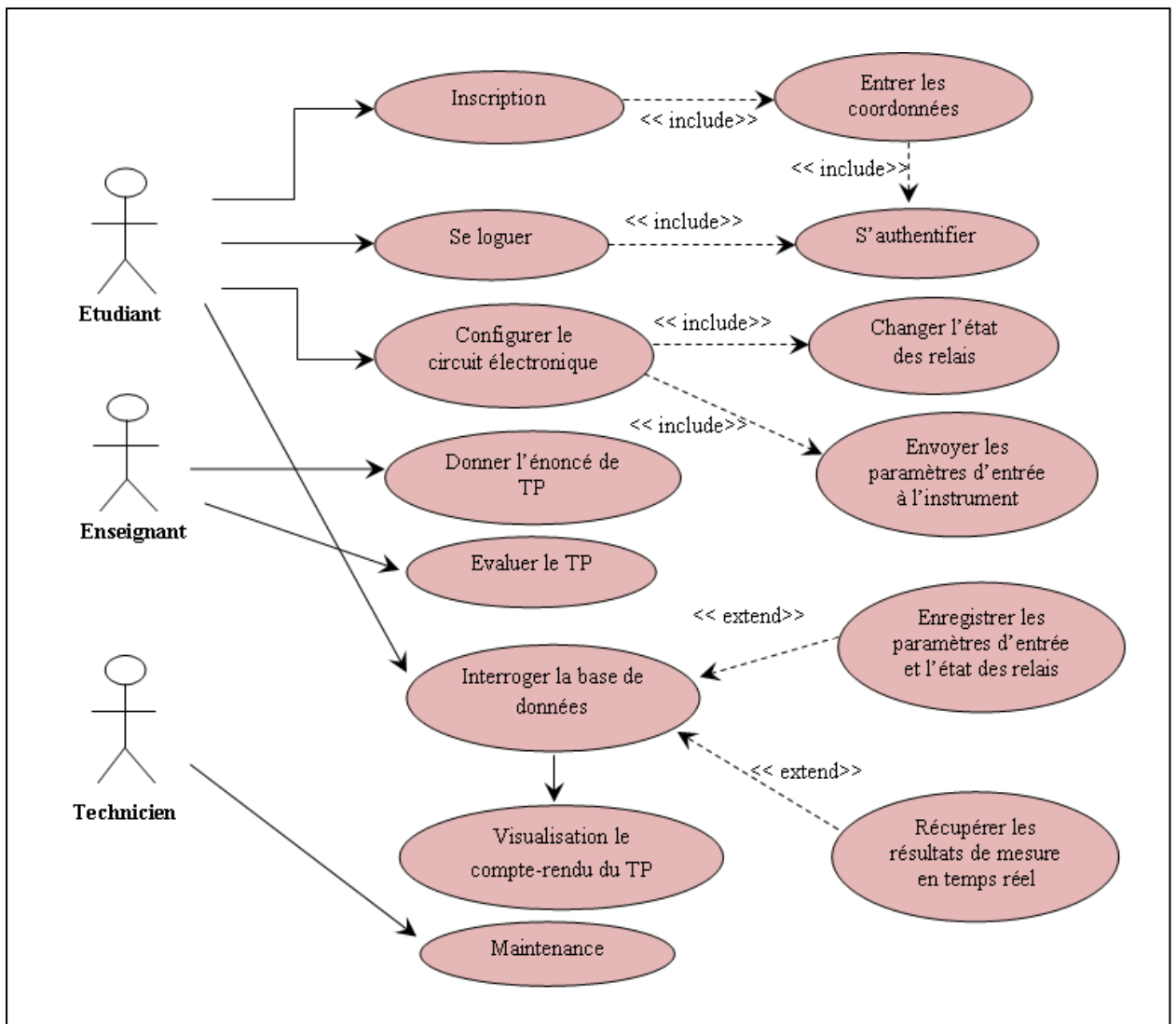


Figure 33: Diagramme de cas d'utilisation du système (Situation pédagogique 1)

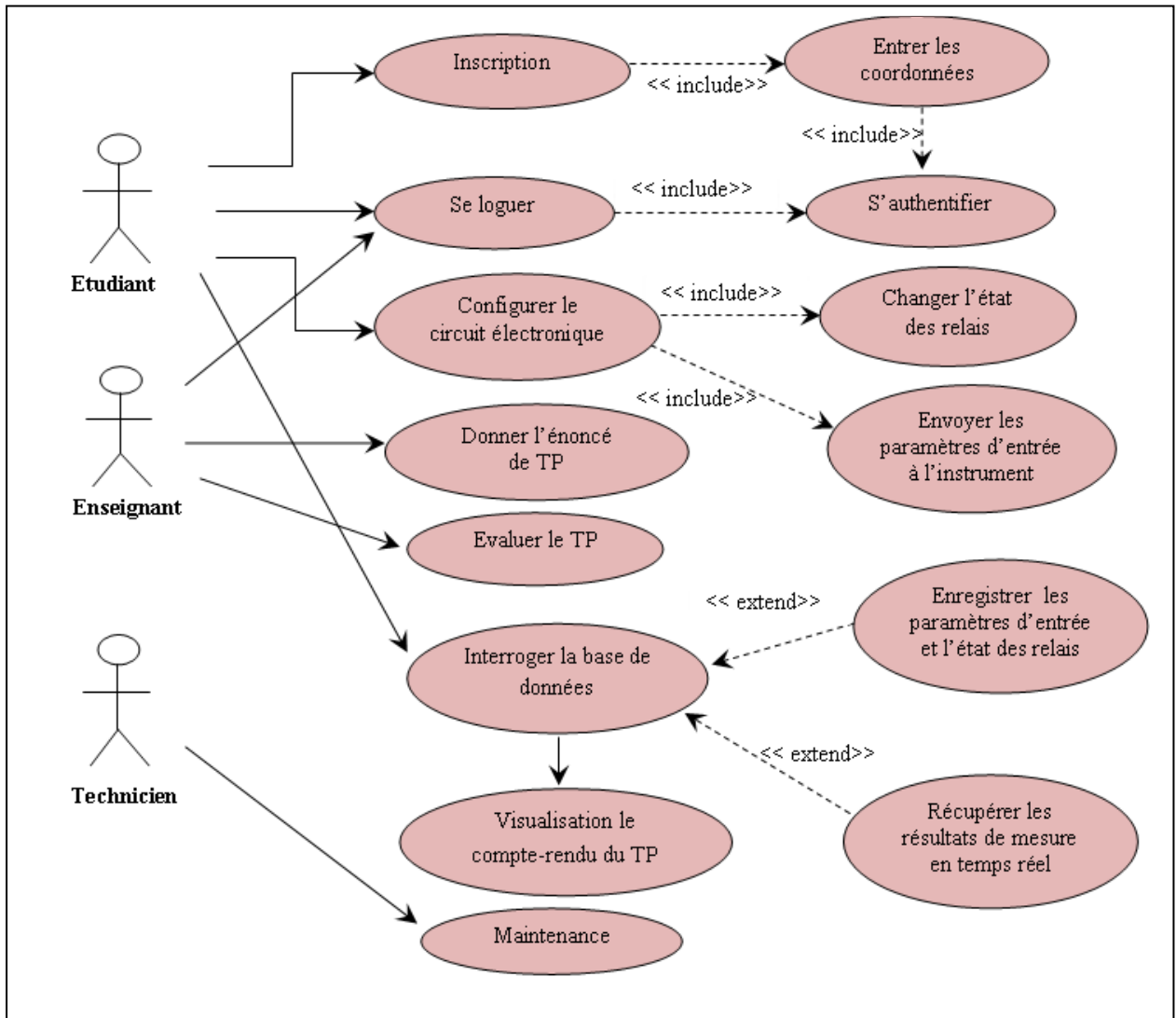


Figure 34 : Diagramme de cas d'utilisation du système (Situation pédagogique2)

3.2. Le diagramme de classe

Le diagramme de classe est un élément important dans une démarche de conception .il représente les différentes entités intervenant dans le système.

En identifiant les concepts importants de l'application, nous avons réalisé le diagramme de classes suivant pour représenter ces concepts et leurs associations.

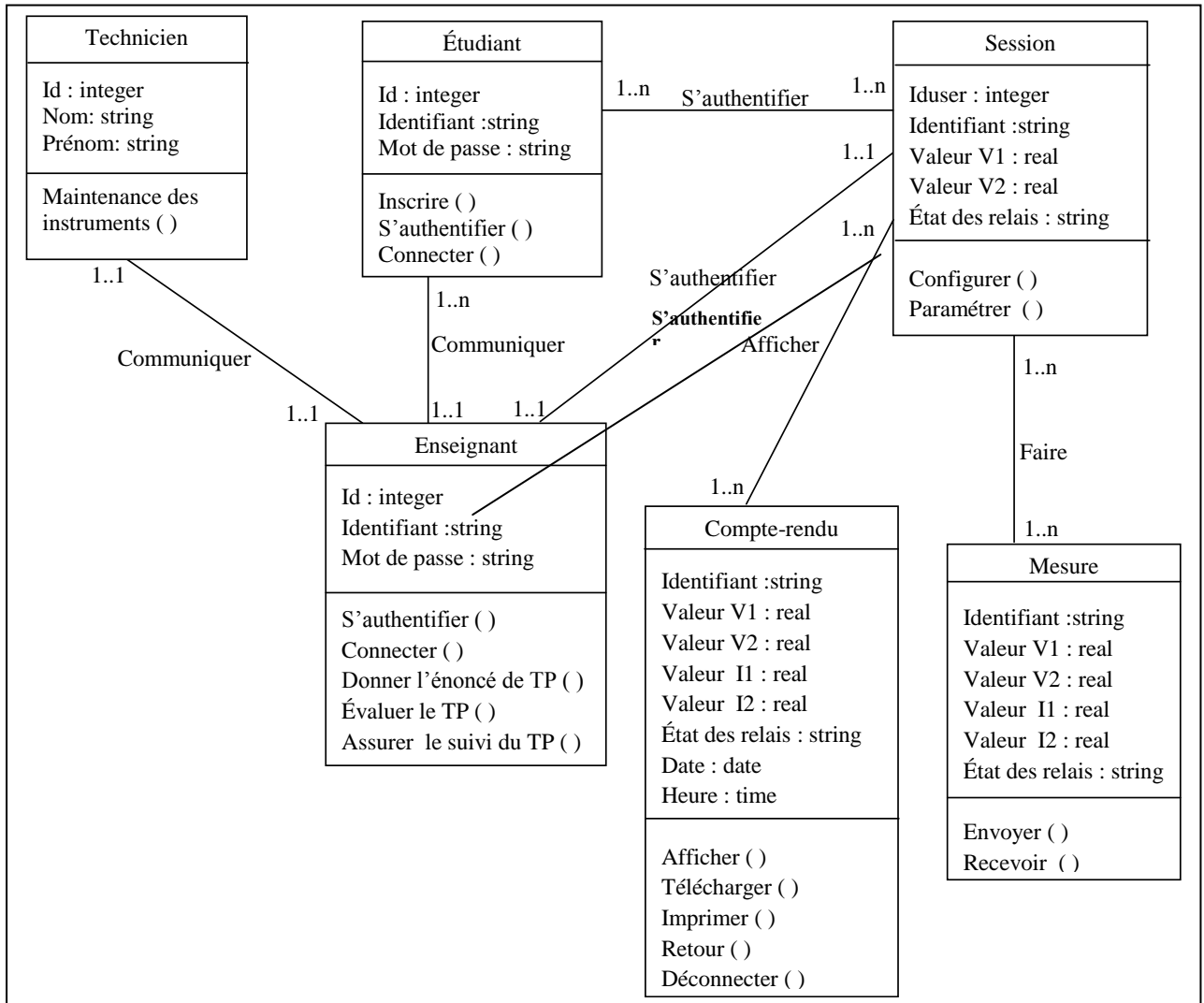


Figure 35: Diagramme de classe de l'application

3.3. Diagramme de séquence

Le diagramme de séquence représente graphiquement les interactions entre les acteurs et le système selon un ordre chronologique. Le but étant de décrire comment se déroulent les actions entre les acteurs ou objets dans le cadre d'un scénario du diagramme des cas d'utilisation.

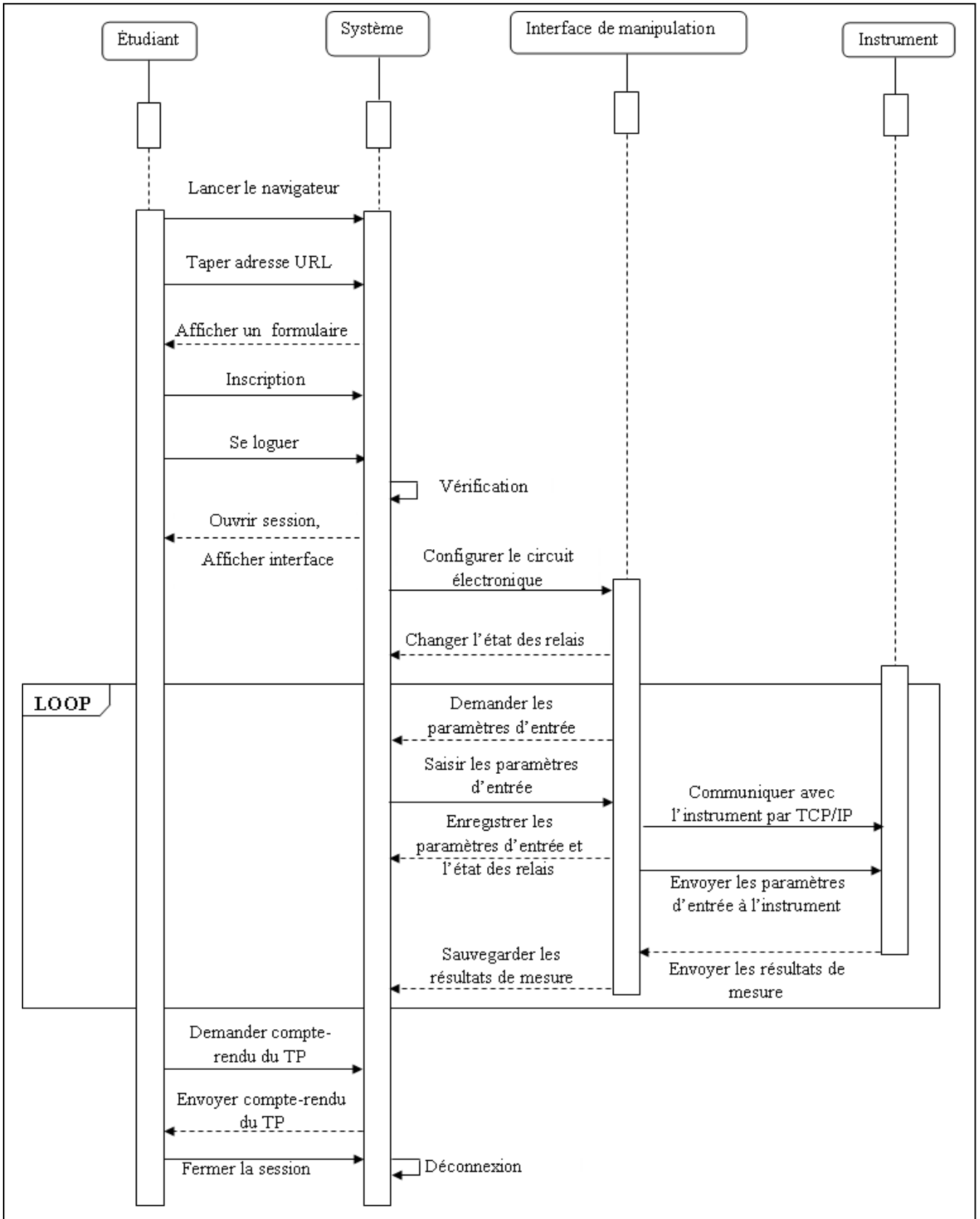


Figure 36 : Diagramme de séquence pour le Télé-TP (Situation pédagogique 1)

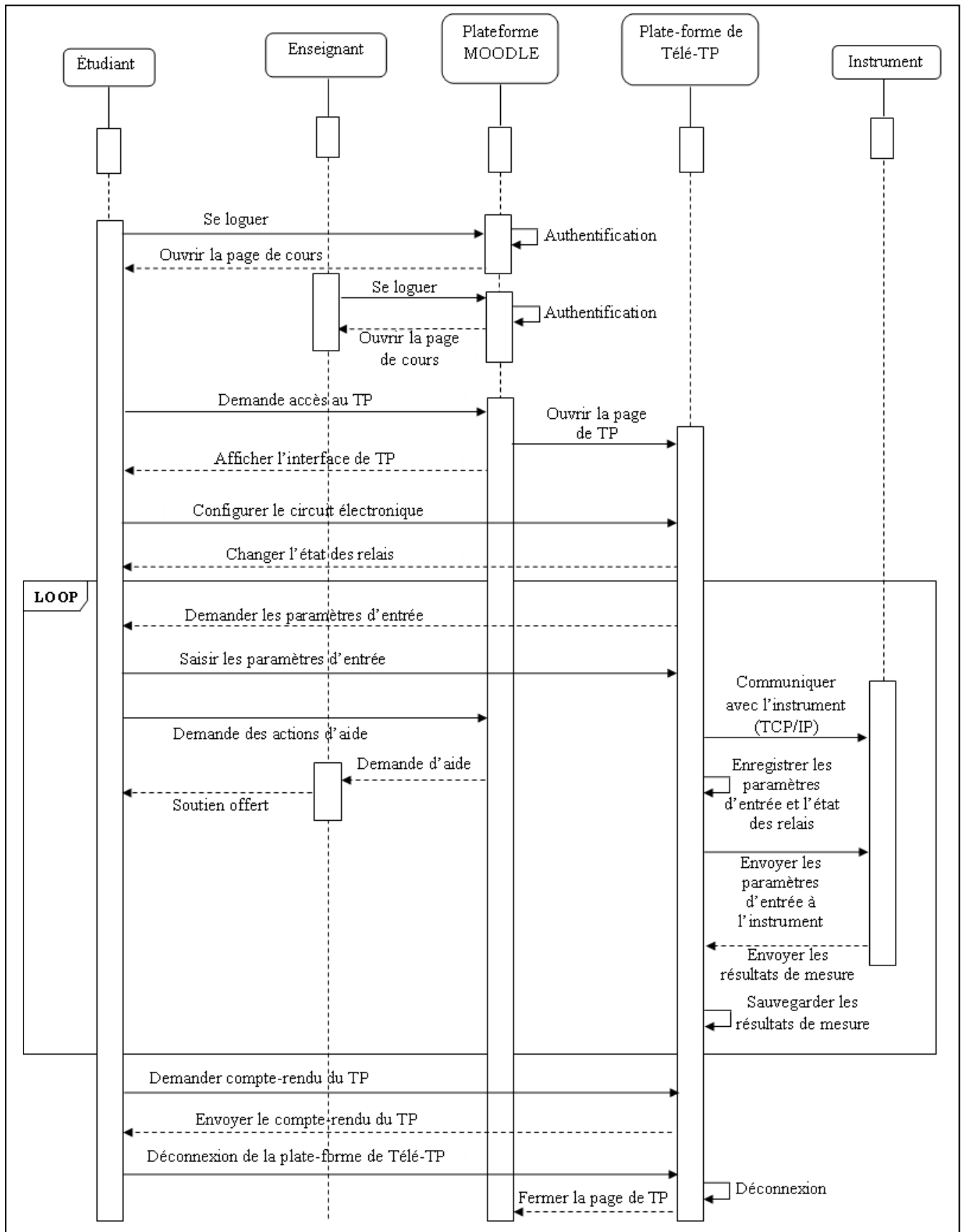


Figure 37: Diagramme de séquence pour le Télé-TP (Situation pédagogique 2)

4. Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons présenté la conception de notre application. Nous avons fourni, dans un premier temps, une conception globale à travers des schémas décrivant l'organisation de notre système. Ensuite, nous avons présenté la conception détaillée de l'application à travers les diagrammes.

Dans le chapitre suivant, nous allons entamer la partie implémentation et réalisation de notre système.

Chapitre3 : Implémentation

1. Introduction

Dans cette partie, il est question de décrire l'aspect d'implémentation. Nous commencerons alors par présenter les choix technologiques. Puis, nous spécifierons l'environnement logiciel supportant notre application. Ensuite, nous allons présenter notre application ainsi qu'une description générale.

2. Environnement de développement de l'application

Quand on doit programmer une application, la première chose qui nous vient à l'esprit est le choix du langage de programmation. Pour avoir une application web dynamique fonctionnant sur n'importe quel système d'exploitation (Windows, Linux,...), qui garantis l'accès de plusieurs utilisateurs en même temps et qui assure un accès distant aux dispositifs technologiques (instruments de mesure). Notre langage doit être capable de supporter les exigences de cette dernière, pour cela nous avons choisi comme langage de programmation le langage PHP.

2.1 Le Langage de programmation




Le langage PHP : est un langage de scripts libre principalement utilisé pour produire des pages Web dynamiques via un serveur HTTP, mais pouvant également fonctionner comme n'importe quel langage interprété de façon locale, en exécutant les programmes en ligne de commande. PHP est un langage impératif disposant depuis la version 5 de fonctionnalités de modèle objet complètes. En raison de la richesse de sa bibliothèque, on désigne parfois PHP comme une plate-forme plus qu'un simple langage [Net1].



Notepad++ : est un éditeur de code source qui prend en charge plusieurs langages. Ce programme, codé en C++ avec STL et win32 api, a pour vocation de fournir un éditeur de code source de taille réduite mais très performant [Net2].


2.2 Système de gestion de base de données

Un SGBD est une collection de logiciels qui sont chargés de créer, gérer et interroger une ou plusieurs bases de données.


 MySQL est un système de gestion de base de données (SGBD). Selon le type d'application, sa licence est libre ou propriétaire. Il fait partie des logiciels de gestion de base de données les plus utilisés au monde, autant par le grand public (applications web principalement) que par des professionnels, en concurrence avec Oracle et Microsoft SQL Server.

MySQL est un serveur de bases de données relationnelles SQL développé dans un souci de performances élevées en lecture, ce qui signifie qu'il est davantage orienté vers le service de données déjà en place que vers celui de mises à jour fréquentes et fortement sécurisées. Il est multithread et multiutilisateurs.


2.3 Implémentation de la base de données

 Pour implémenter notre base des données, nous avons utilisé l'environnement de création de base des données **PHPMyAdmin** et le système de gestion de base des données MySQL.

2.4 JavaScript

 JavaScript est un langage de programmation de scripts principalement utilisé dans les pages web interactives. C'est un langage orienté objets à prototype, c'est-à-dire que les bases du langage et ses principales interfaces sont fournies par des objets qui ne sont pas des instances de classes, mais qui sont chacun équipés de constructeurs permettant de générer leurs propriétés, et notamment une propriété de prototypage qui permet d'en générer des objets héritiers personnalisés [Net3].

2.5 La technologie AJAX

 AJAX (Asynchronous Javascript, XML) est une méthode de développement web basée sur l'utilisation d'un script Javascript pour effectuer des requêtes web à l'intérieur d'une page web sans recharger la page. AJAX rend plus interactifs les sites web et offre une

meilleure ergonomie ainsi qu'une réactivité amélioré en permettant de modifier interactivement une partie de l'interface web seulement [Net4].

AJAX est basé sur l'objet XMLHttpRequest qui permet de faire une requête via Javascript à un serveur HTTP. Le but est donc, de faire une requête au serveur et d'en attendre le retour. Cependant, dans notre cas, le navigateur du client n'est pas nécessairement rafraîchi et tout est transparent pour l'utilisateur.

2.6 Les Sockets



Les sockets servent à communiquer entre deux hôtes appelés Client / Serveur en temps réel à l'aide d'une adresse IP et d'un port ; ces sockets permettront de gérer des flux entrant et sortant afin d'assurer une communication entre les deux (le client et le serveur), soit de manière fiable à l'aide du protocole TCP/IP, soit non fiable mais plus rapide avec le protocole UDP. Chaque instrument utilisé dans le TP dispose d'une adresse IP et d'un port pour se connecter par internet.

2.7 HTML5



Le circuit électronique de l'interface web est réalisé par un nouvel élément HTML `<canvas>` servant au dessin de graphiques. Il s'agit d'un espace de **pixels** initialement transparents, armés de **JavaScript** pour réaliser un bon nombre de fonctions graphiques.

Ces avantages est qu'il fonctionne très bien avec les autres standards (HTML, JavaScript) et il est performant et accéléré matériellement sur la plupart des navigateurs et systèmes.

3. Présentation de l'application

La page d'accueil : c'est la première page vue par l'utilisateur, elle contient deux menus qui permettent l'inscription ou l'authentification pour accéder au TP.

Inscription : cette page permet aux étudiants de s'inscrire sur la plateforme.

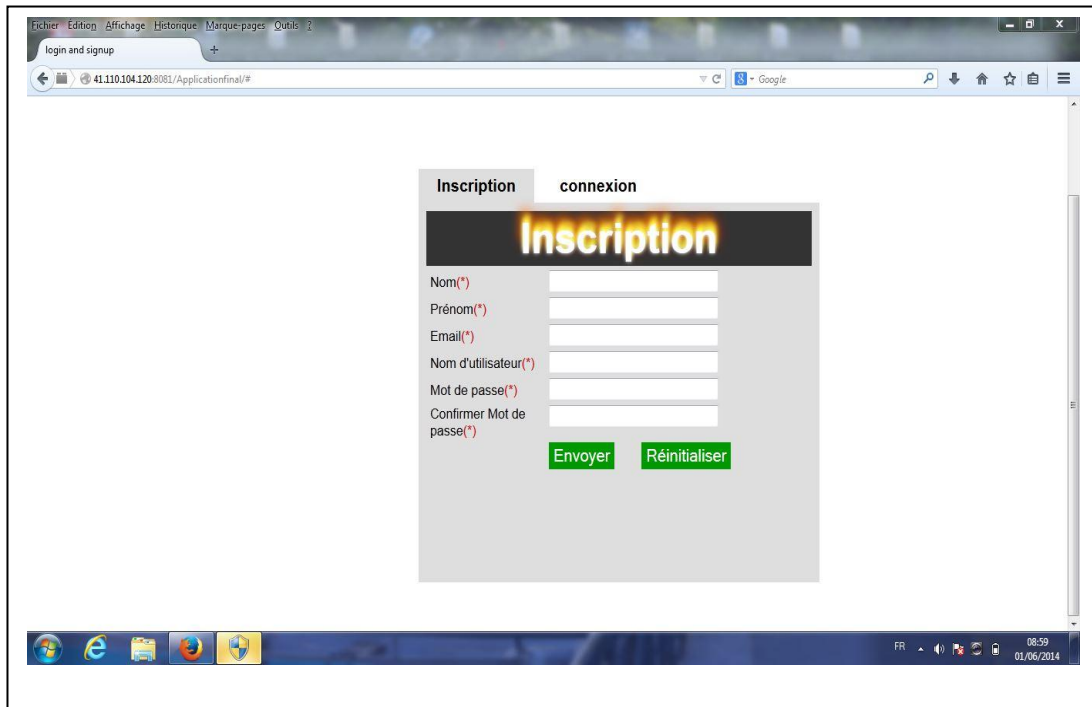


Figure 38: Formulaire d'inscription.

Authentification : Il s'agit d'une interface qui permet de saisir l'identifiant et le mot de passe pour pouvoir accéder à l'interface de TP.

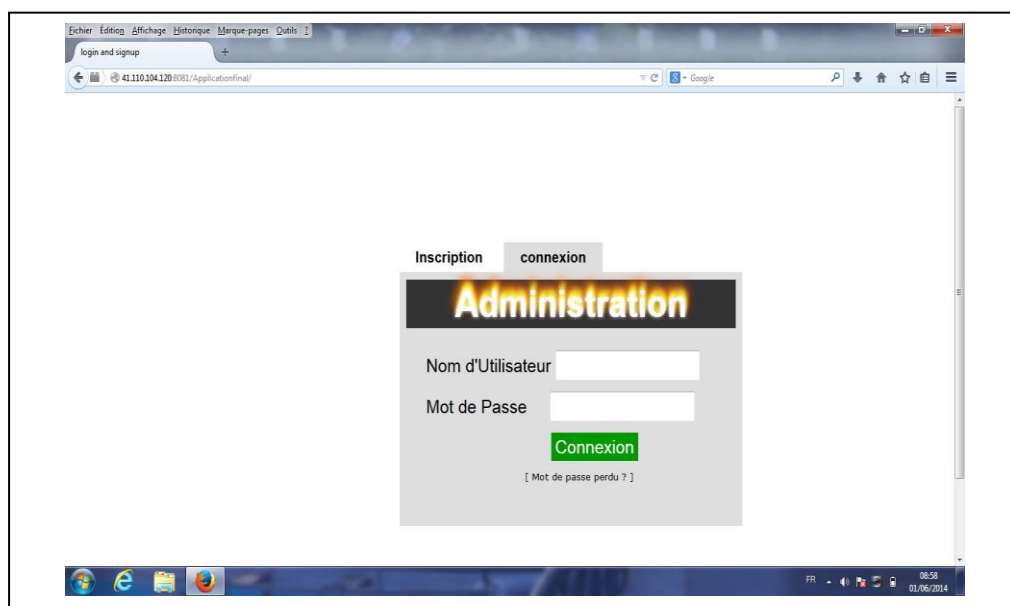


Figure 39: Interface d'authentification de l'application.

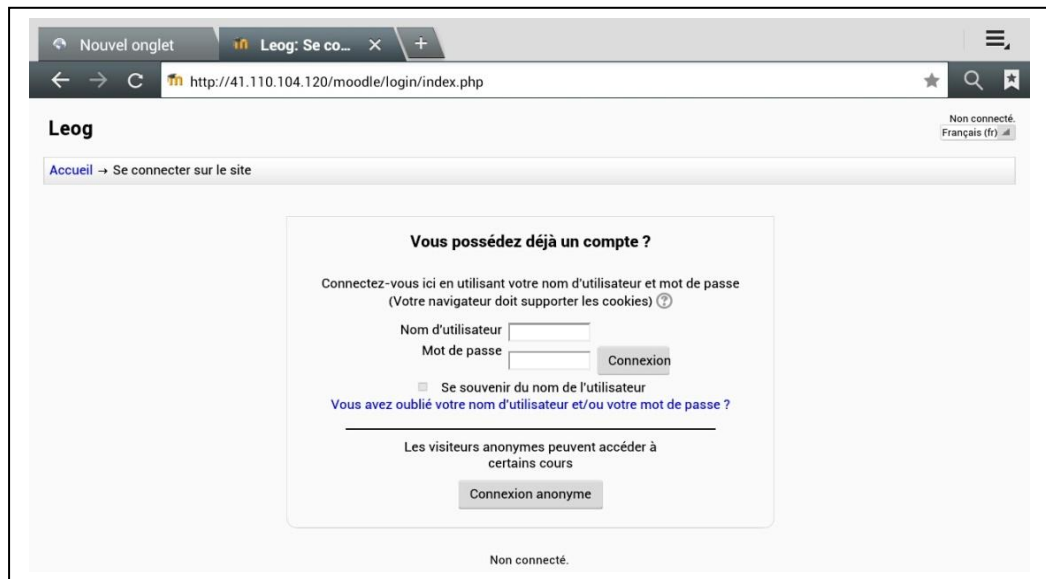


Figure 40: Interface d'authentification de MOODLE.

Après authentification, on accède directement au cours « Remote Measement Laboratory » qui se trouve dans la plate-forme MOODLE.

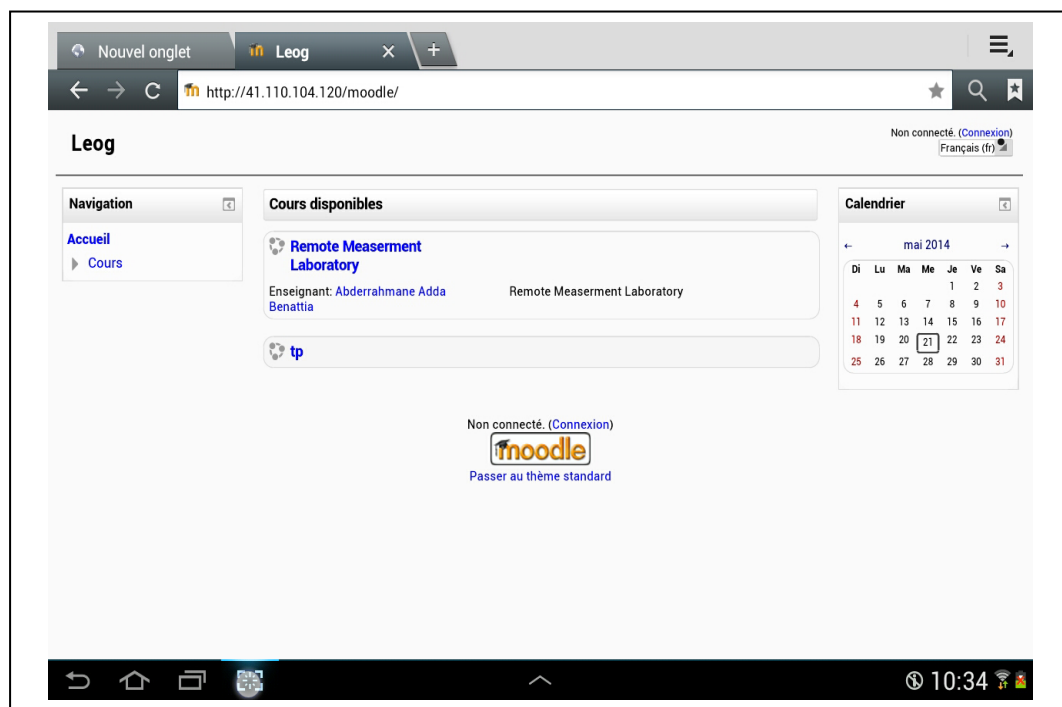


Figure 41 : Interface de cours de MOODLE.

Après un clique sur le nom du cours le lien du TP à distance apparaît.

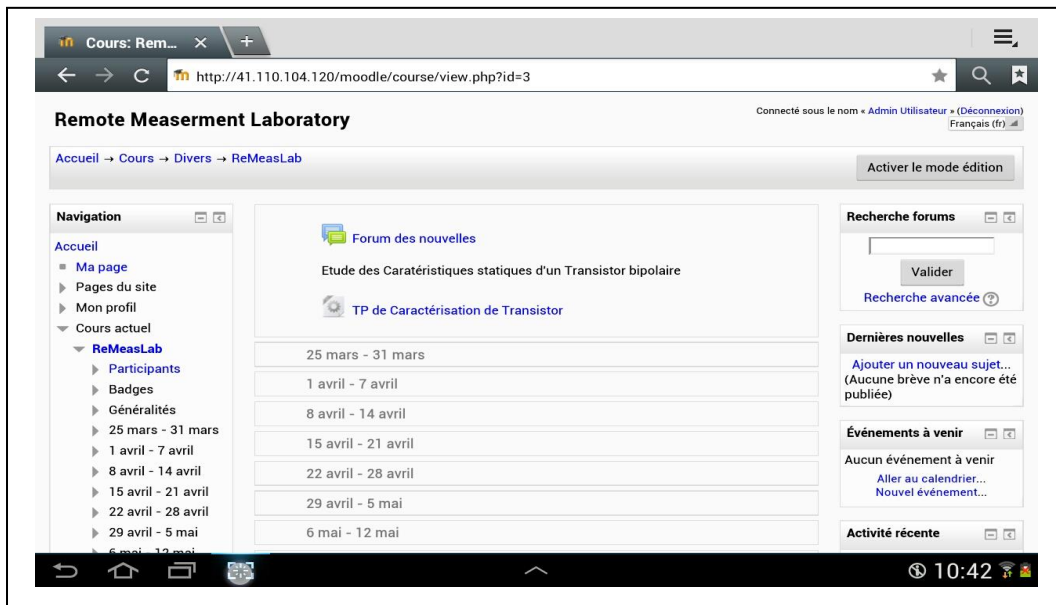


Figure 42 : le lien de Télé-TP de caractérisation de transistor.

Clique sur le « TP de Caractérisation de transistor ».une fenêtre graphique affiche le circuit électronique que l'étudiant va le configurer.

On trouve sur l'interface graphique le circuit de TP, les états de configuration, et des boutons pour commander l'instrument de mesure à distance.

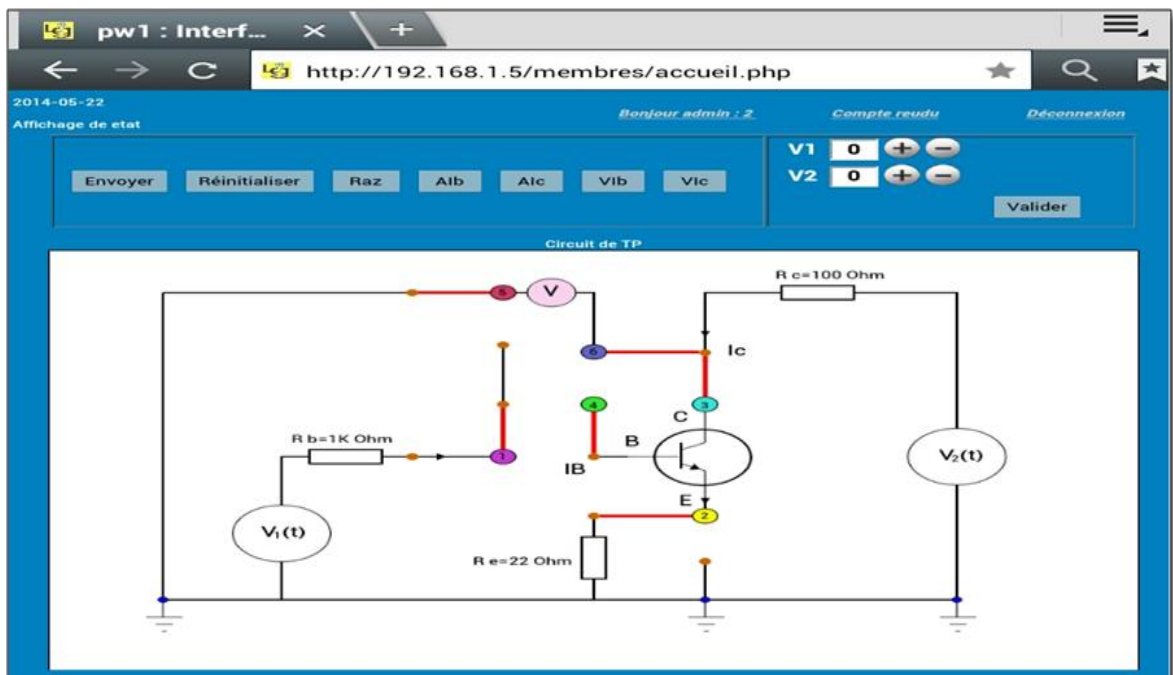


Figure 43: Interface de circuit électronique.

L'étudiant commande l'instrument de mesure à distance en envoyant les valeurs de tension V_1 et V_2 et l'état des relais. L'instrument répond par les valeurs de courant de I_1 et I_2 .

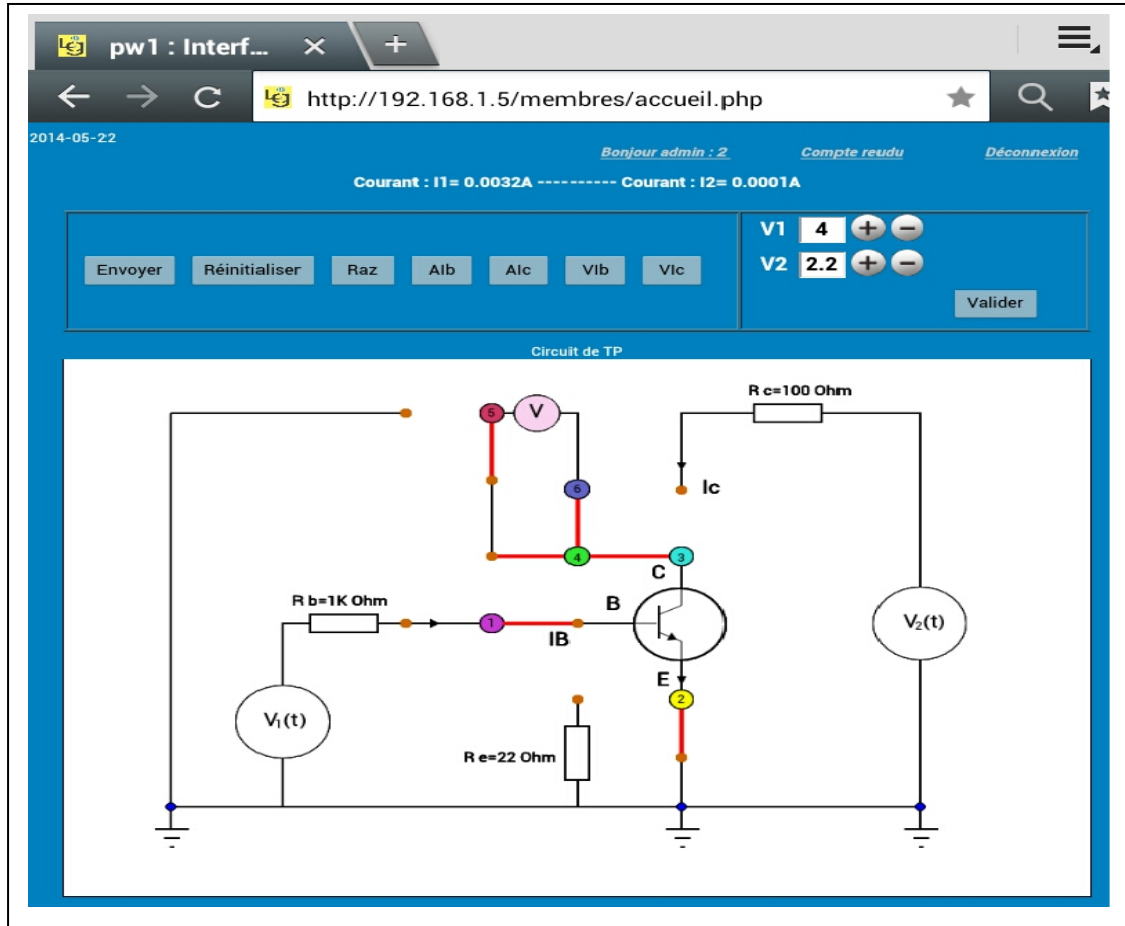


Figure 44 : l'envoi des paramètres de mesure.

L'étudiant peut consulter ces manipulations en cliquant sur le lien « compte rendu ». une nouvelle fenêtre s'affichera avec un tableau des mesures réalisés.

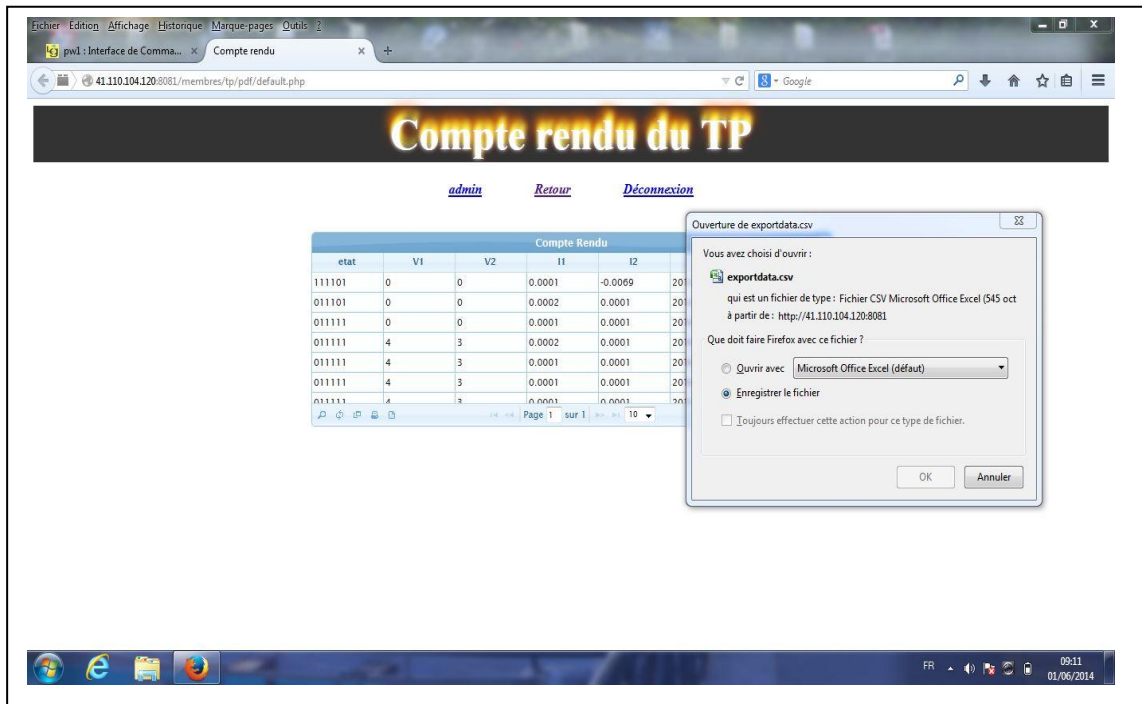


Figure 45 : Le compte rendu de TP

Le compte rendu de TP est téléchargeable sous format CSV, XLS et XML.

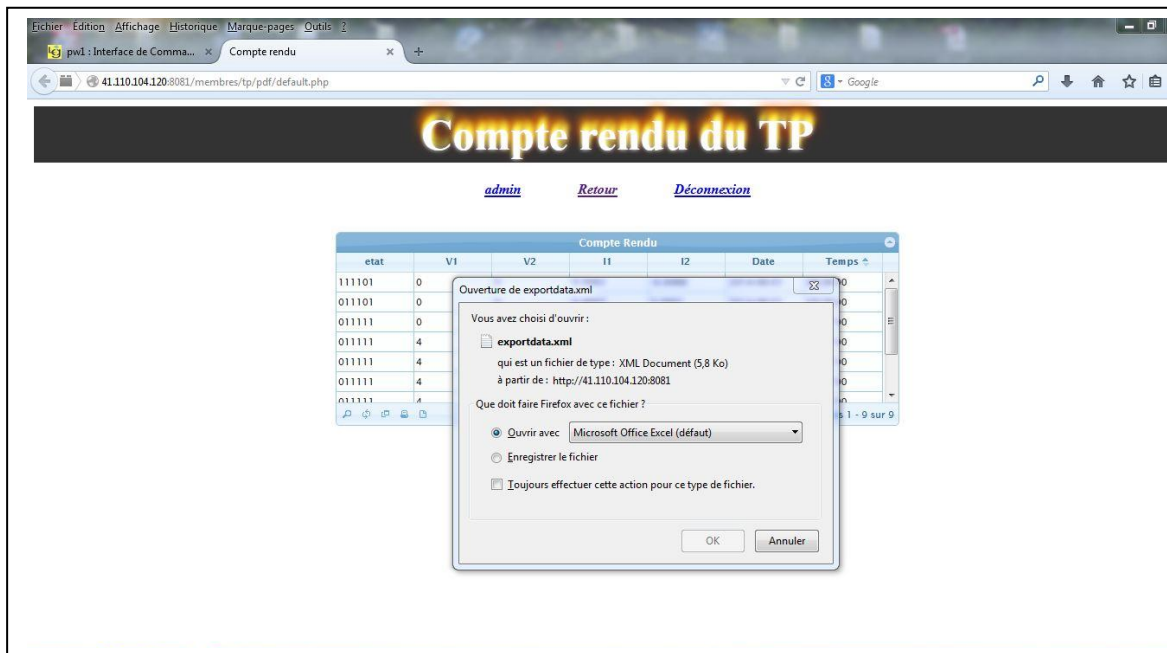


Figure 46 : Téléchargement du compte rendu.

4. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté en détail la projection de la conception du plan théorique sur le plan pratique. Nous avons décrit les outils logiciel sur et avec lesquelles nous avons construit notre application. Nous avons, ensuite, présenté les interfaces les plus significatives de notre application.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le travail présenté dans ce mémoire a été consacré à la mise en œuvre d'un environnement de travaux pratique à distance via le réseau Internet dans le domaine de l'Electronique.

Pour mettre en œuvre un TP à distance, nous étions chargés de mettre en place une architecture matérielle spécifique et de développer une application web performante et facile à utiliser permettant à un étudiant distant de réaliser un TP à distance.

Réaliser un TP à distance dans un environnement d'apprentissage en ligne LMS renforce les activités d'apprentissage. Dans un laboratoire classique, les étudiants en avoir à répéter les expériences et le temps est souvent limité, alors que dans la nouvelle situation, les étudiants peuvent travailler dans des laboratoires distants 24/7, de sorte que la possibilité d'accéder est plus grande que dans les laboratoires locaux.

Ce projet nous a offert l'occasion d'approfondir nos connaissances en matière de modélisation à travers l'utilisation de la méthodologie UML. De plus, nous nous sommes familiarisés avec le SGBD Mysql et l'ensemble des outils de programmation web à savoir PHP, JavaScript et HTML5, qui constituait la prenante partie de notre application.

Le développement de notre application, nous a également permis d'approfondir nos connaissances en matière de conduite de projet et de le mettre en pratique. Certes, le travail effectué était tout au long de sa réalisation une réponse à ce qui était proposé par le thème de sujet. Mais, il peut être amélioré de différentes manières et évoluer vers une solution plus optimisée.

Notre application reste toujours extensible par d'autres développeurs pour d'autres améliorations et ajout de nouvelles fonctionnalités ou encore pour l'entretenir et l'adapter aux besoins émergents, notamment les nouvelles technologies de communications mobiles.

Bibliographie

- [Alej, 2003] Alejo D, Feferman Y, Turpin C, Manot G, Gateau G, « Les nouvelles technologies au service de l'aide à la préparation des travaux pratiques », conférence CETSIS 2003, acte 1 page 17.
- [Assu, 2001] Assumed, J., Tanner, R., « Remote wiring and measurement lab ». In Proc American Society Eng. Educatin Annual Conf. Exposition, Albuquerque, NM. June 24-27, 2001.
- [Assu, 2005] Asumadu J, Tanner R, J. Fitzmaurice, M. Kelly, H. Ogunleye, J. Belter and Song Chin Koh, « A Web-Based Electrical and Electronics Remote Wiring and Measurement Laboratory (RwmLAB) Instrument » IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, vol. 54, no. 1, pp. 8-44, February 2005, doi:10.1109/TIM.2004.834597.
- [Bagn, 2000] Bagnasco A., Chirico M., Parodi G., Scapolla A.M., « A Virtual Laboratory for Remote Electronic Engineering Education », in International Perspective on Tele-education and Tele-learning, Ashgate Book, 2000.
- [Bodet, 2005] Bodet G, Daoud S, Amalric PH « Comment réussir la mise en place d'un projet e-learning ? » Livre blanc X-PERTeam.
- [Blae, 2002] Blaettler A « Le concept du e-learning et les outils de formation en ligne » <http://tecfa.unige.ch/staf/staf-h/alex/staf14/ex6/welcome.html> .
- [Coop, 2002] Cooper M « Remote controlled experiments for teaching over the Internet : a comparison of approaches developed in the PEARL Project». Conférence ASCILITE (Australian Society for Computers in Learning in Tertiary Education), Auckland, Nouvelle Zélande, du 08 au 12 Décembre 2002.
- [Dela, 2008] J.A. del Alamo, S.R. Lerman, P.H. Bailey, J. Carpenter, K. DeLong, C. Felknor, J. Hardison, B. Harrison, I. Jabbour, P.D. Long, Tingting Mao, L. Naamani, J. Northridge, M. Schulz, D. Talavera, C. Varadharajan, Shaomin Wang, K. Yehia, R. Zbib, and D Zych. « The iLab Shared Architecture: A Web Services Infrastructure to Build Communities of Internet Accessible Laboratories ». Proceedings of the IEEE, Vol. 96, No. 6, 2008.
- [GRAV, 2007] Gravier C « Vers la généralisation de manipulations distantes et collaboratives d'instruments de haute technologie ». Thèse de Doctorat, Paris 2007.

- [**Garc, 2009**] García-Zubia, J., Orduña, P., López de Ipiña, D., Alves. G, «Addressing Software Impact in the Design of Remote Labs ». IEEE Transactions on Industrial Electronics. ISSN: 0278-0046; Volume 56, Issue 12, Dec. 2009 Page(s):4757 - 4767.
- [**Gust, 2006**] Gustavsson I, « An Instructional Electronics Laboratory Opened for Remote Operation and Control». Proceedings of the ICEE 2006 Conference, San Juan, Puerto Rico, July 23 - 28, 2006.
- [**Gust, 2008**] Gustavsson, I., Zackrisson, J., Ström Bartunek, J., Nilsson, K., Håkansson, L., Claesson, I., and Lagö, T. « Telemanipulator for Remote Wiring of Electrical Circuits ». Proceedings of the REV 2008 Conference, Dusseldorf, Germany, June 2008.
- [**Hard, 2008**] Hardison, J. and DeLong, K. and Bailey, P. and Harward, V.J. «Deploying Interactive Remote Labs Using the iLab Shared Architecture». In Frontiers in Education (FIE) Conference, October 2008.
- [**Lelevé3, 2002**] Lelevé A, Meyer C, Prevot P,«Télé-TP: premiers pas vers une modélisation » Actes du Symposium on Technology of Information and Communication in education for engineering and industry, Lyon, p. 203-211.
- [**Neau, 2003**] NEAU, N. ArgoGraph: Un support au débat scientifique dans le cadre de travaux pratiques pour l'apprentissage des sciences expérimentales. Thèse de doctorat en informatique. Le Mans: Université du Maine, 2003, 287 p.
- [**Nedic, 2007**] Nedic, N, Machotka, J «Remote Laboratory NetLabfor Effective teaching of 1st year engineering students ». Proceedings of the REV 2007 Conference, Porto, Portugal, June 25 – 27, 2007.
- [**Nedic, 2008**] Nedic, N, Machotka, J «Remote Laboratory NetLabfor Effective teaching of 1st year engineering students ». Proceedings of the REV 2007 Conference, Porto, Portugal, June 25 – 27, 2007.
- [**Net1**] http://www.phpfacile.com/creer_un_site_web_en_php/introduction_a_php_1.php5.
- [**Net2**] notepad-plus-plus.org/fr/.
- [**Net3**] <http://www.additeam.com/SSII/javascript/>.
- [**Net4**] <http://www.xul.fr/xml-ajax.html>.
- [**ORIV, 2006**] Orivel,F and Orivel,E. « Analyse économique de l'e-learning : quelques pistes pour le futur ». XXIIe Conference de la CESE Université de Bourgogne, Grenade, Espagne, 2006.
- [**Paqu, 2002**] Paquette G « L'ingénierie pédagogique. Pour construire l'apprentissage en réseau ». Presses de l'Université du Québec.

[Ramd, 2011] Ramdane, M « Un environnement de travail collaboratif dédié aux Travaux Pratiques à distance ».Mémoire Magistère Université Mouloud Mammeri Tizi-ouzou ,2001.

[Sous, 2009] Sousa, N., Gericota, M., Alves, G., « Um Laboratório Remoto, Múltiplas Potencialidades ». II Jornada Luso-Brasileira de Ensino e Tecnologia em Engenharia – JLBE 2009.