

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM



Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique
Département de Mathématiques et informatique
Filière : Informatique

MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique

Option : **Ingénierie des Systèmes d'Information**

Présenté par :

Guermat Chahinez

Fellah Houari

THEME :

**Génération automatique et déploiement facile des
laboratoires virtuels**

Soutenu le : 19-06-2021

Devant le jury composé de :

BESNASSI Miloud	Université de Mostaganem	Président
KENNICHE Ahlem	Université de Mostaganem	Examinateur
MOHAMED Moussa	Université de Mostaganem	Encadreur

Année Universitaire 2020-2021

if you can't come to the lab, the lab will come to you
Jesus del Alamo

Dédicace

Nous dédions ce travail À nos chères familles A nos ami(e)s et collègues Et à tout qui nous ont enseigné au long de notre vie scolaire.

Remerciements

En tout premier lieu, nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir éclairé le chemin du savoir afin de terminer ce travail.

Nous tenons à témoigner nos profondes gratitude et remerciements les plus vifs à notre directeur de thèse, Professeur Moussa Mohamed d'avoir dirigé notre thèse avec beaucoup d'efforts et de patience.

Nous venons à remercier avec plus grande gratitude Monsieur Bessnassi Miloud, Professeur à l'université de Mostaganem de l'honneur qu'il nous fait d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

Nous remercions également Madame Keniche Ahlem, professeur à l'université de Mostaganem d'avoir accepté se joindre au jury comme examinatrice.

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus vifs à Mr. Boumehdi Abderrahmen, qui a su nous guider et nous aider dans ce travail avec beaucoup de tact et de gentillesse. Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé, à titre professionnel ou personnel à la réalisation de ce travail.

Enfin, nous remercions du fond du coeur nos parents, nos frères et soeur, et nos amis pour leur encouragement.

Liste des abréviations

Acronyme	Désignation
AJX	Asynchronous JavaScript and XML
Go-Lab	Global Online Science Labs for Inquiry Learning at School.
HTML	HyperText Markup Language.
JS	JavaScript.
LILA	Library of Labs : bibliothèque de laboratoires.
LMS	Learning Management System.
PHP	Hypertext Preprocessor.
Télé-TP	TP à distance.
VISIR	Virtual Instrument Systems in Reality.
URL	Uniform Resource Locator.
LAN	Local Area Network.
RLS	Remote Laboratory systeme.

Table des figures

1	Taxonomie des travaux pratiques assistés par ordinateur.	16
2	Les laboratoires distants.	17
3	Les laboratoires virtuels.	18
4	Les laboratoires hybrides.	19
5	Architecture globale de Netlab	21
6	Interface web de Netlab	22
7	Architecture de Weblab Deusto	23
8	Architecture d'iLAB.	24
9	Interface web de Projet Lila	25
10	Architecture d'ISILab.	26
11	Usage spécifique d'un TPD	29
12	Architecture de laboratoire a distance	30
13	Diagramme de déroulement d'expérimentation	32
14	Architecture matérielles d'un TPD	34
15	Exemple déploiement d'une expérience dans MOSTA LAB	35
16	Carte de TP diodes	36
17	Dispositif de commutation	38
18	Dispositif de Commutation à base de Relais	40
19	Dispositif de Commutation à base de Relais commandée par PcDuino	41
20	Dispositif de Commutation enfichable sur Raspberry Pi B+	42
21	Type Architecture du réseau d'instrument	43
22	Architecture logicielle	44
23	Raspberry Pi	45
24	Redpitaya	46
25	Architecture logicielle	48
26	Diagramme de classes général de TPD	50
27	Diagramme de séquence pour TPD (Situation expérience)	51
28	interface authentification enseignant	56
29	interface de gestion des Travaux pratiques	57
30	interface de ajouter de Travaux pratiques	58
31	interface Création de Travaux pratiques	59
32	interface Interface étudiant	60
33	Basse de données en Postgres.	62
34	ensemble packages de nodejs.	63

Table des matières

1	Contexte	12
2	Problématiques de recherche	13
2.1	question de recherche	13
2.2	Méthodologie	13
3	L'ÉTAT DE L'ART SUR L'ABORATOIRE À DISTANCE	14
3.1	Historique et Précisions linguistiques	14
4	Spécification des travaux pratiques dans la formation en ingénierie	15
5	Les télé-TPs	15
5.1	Laboratoires virtuels et distants	15
5.1.1	Laboratoires distants (Remote Laboratory)	16
5.1.2	Laboratoires virtuels	17
5.1.3	Laboratoires hybrides	18
6	L'avantage d'un TP à distance	19
7	Etat de l'art	20
7.1	définent Projets Laboratoires à Distance existants	20
7.1.1	NetLab Université du Sud de l'Australie	20
7.2	Weblab Deusto Université de Deusto en Espagne	22
7.3	Le projet iLab	23
7.4	Projet Lila Université de Stuttgart en Allemagne	24
7.5	ISILab Université de Gênes (Italie)	25
8	Conclusion	26
9	Conception des laboratoires distants	28
9.1	Contexte des travaux pratiques :	28
9.2	Aperçu et développement du laboratoire	29
9.3	Topologies des laboratoires distants	30
9.4	Prototype des laboratoires distants	30
9.5	Développement du laboratoire	31
9.5.1	Généralité	31
9.5.2	Les configurations du dispositif intelligent	33
9.5.3	Partie matérielle du laboratoire	33
9.5.4	La carte modulaire de TP	35
9.5.5	Le dispositif de commutation	37
9.5.6	Évolution du dispositif de commutation	39
9.5.7	Architecture du reseau d'instrument	42
9.5.8	Architecture logicielle globale	43

9.5.9	Gestionnaire du dispositif de commutation (Serveur de manipulations)	44
9.5.10	Interface du logiciel de simulation	46
9.5.11	Méthodes et outils de développement d'interfaces graphiques . . .	46
9.5.12	Architecture logicielle de laboratoire a distance	47
10	Développement de système	48
10.0.1	Vue générale de système	48
10.0.2	L'interface utilisateur	51
10.0.3	Interface web	51
11	Conclusion	52
12	Mise en œuvre du laboratoire à distance	53
13	Environnement de développement	53
13.1	Système de gestion de base de données	53
13.2	Back end	53
13.3	partie front end	54
14	Éléments techniques	55
15	Présentation de l'application	55
16	Conclusion	60

Résumé

Les travaux pratiques représentent une composante obligatoire de l'apprentissage, pour les spécialités scientifiques et techniques. Cependant, la mise en œuvre de ces travaux pratiques dans des salles de TP intra-campus nécessite des équipements et des installations coûteuses pour les universités et cela relativement avec à la forte augmentation du nombre d'étudiants.

Dans ce contexte, les travaux pratiques distants (TPDs) ,représentent une solution à moindre cout pour garantir l'accès à l'activité pratique à travers des infrastructures partagées à grande échelle. Durant de la dernière décennie, de nombreux travaux de recherche ont émergé pour traiter les problématiques techniques induites par ces nouvelles pratiques, à l'instar de la **automatique et déploiement facile des laboratoires virtuels** et de la réutilisabilité des ressources, la fédération des laboratoires, la standardisation des protocoles de développement, le management d'accès aux ressources.

Dans cette optique, nos travaux de recherche exploitent les traces des activités réalisées par les étudiants lors de sessions de laboratoire pour analyser les performances techniques du laboratoire à savoir le niveau de partage, le temps de réaction, le max de manipulation en parallèle.

L'objectif principal de ce projet est de génération automatique d'un travaux pratiques distants (TPDs) et déploiement facile des laboratoires virtuels par la quelle en dirigent des instruments de mesure ainsi que les techniques de développement actuel tout en se concentrant sur les architectures logicielles et matérielles permettant l'interfaçage et l'accès distant à différents types d'instruments à partir d'un navigateur Internet au niveau et hors l'université, ou nous présentons une architecture client-serveur flexible pour l'instrumentation à distance dans le cadre de (TPDs) distribués.La mise en œuvre d'un prototype de (TPDs) en électronique et traitement du signal pour des étudiants en fonction de leurs cycles universitaire a vision double :

a) Nous proposons un modèle qui permet aux enseignants d'insérer facilement de nouvelles expériences dans la structure de base du laboratoire (flexibilité et extensibilité).

b)Aider les **enseignants** à créer des TPs pour les étudiants, sans l'intermédiaire d'un développeur d'applications et du fournisseur du laboratoire.

Le système est accessible via la plate-forme Moodle après authentification. Les interfaces utilisateur sont intégrés à Moodle sous forme de ressources URL ou fichier. Les fonctionnalités de groupe de Moodle permettent alors d'envisager plusieurs scénario pédagogiques.

Mots-clés : laboratoire à distance, laboratoire virtuels, enseignement en ligne, télétravail, instruments.

Abstract

Practical work is a compulsory component of learning for scientific and technical specialities. However, the implementation of this practical work in intra-campus TP rooms requires costly equipment and facilities for the universities and this in relation to the strong increase in the number of students.

In this context, remote tutorials (PTs) represent a low-cost solution to ensure access to practical activity through large-scale shared infrastructures. During the last decade, numerous research works have emerged to address the technical issues induced by these new practices, such as the automatic and easy deployment of virtual laboratories and the reusability of resources, the federation of laboratories, the standardisation of development protocols, the management of access to resources.

In this perspective, our research exploits the traces of the activities carried out by the students during laboratory sessions to analyse the technical performance of the laboratory, namely the level of sharing, the reaction time, the maximum number of parallel manipulations, the number of students, the number of students and the number of students.

a) We propose a model that allows teachers to easily insert new experiments into the basic laboratory structure (flexibility and extensibility).

b) To help teachers create tutorials for students, without the intermediary of an application developer and the laboratory supplier.

The system is accessible via the Moodle platform after authentication. The user interfaces are integrated into Moodle as URL or file resources. Moodle's group functionality allows for a variety of learning scenarios.

Introduction générale

Les travaux pratiques représentent une composante incontournable de l'apprentissage, toutefois leur mise en œuvre au sein de laboratoires physiques requiert des infrastructures souvent coûteuses pour les institutions de formation qui peuvent ainsi difficilement faire face à la forte augmentation du nombre d'étudiants. En ces dernières années La distribution à grande échelle de ressources et d'activités d'apprentissage en ligne a été au centre de la recherche.

Les laboratoires virtuels d'interfaces Web. Dans ce contexte, La génération automatique des laboratoires virtuels distant est particulièrement utile aujourd'hui et sont l'équivalent numérique et accessible à distance de l'équipement de laboratoire que les élèves utilisent à l'Université pour expérimenter, au moyen d'interfaces Web.

Au moyen Depuis leur création, elles permettent aux étudiants d'acquérir à distance des expériences qui sont physiquement situées dans l'université, afin que les étudiants puissent être à la maison ou bibliothèques traditionnelles tout en utilisant des expériences.

Les travaux menés par l'équipe portent sur les quelques défis techniques et pédagogiques suivants :

a) Générer automatiquement des travaux portiques par facilite le déploiement de cette dernier.

b) Pour les enseignants, en organisant les composant du laboratoire pour de multiples expériences avec le même équipement. c) Élaborer une architecture logicielle la plus adéquate.

d) Rentabiliser et mutualiser les équipements existants par le développement d'interface logiciel instruments intelligent (smart device), équivalant au les équipements réelle.

d) La gestion des traces de d'accès et d'interactivité avec la plate-forme matérielle en vue de personnaliser l'apprentissage et de dimensionner les futures manipulations. En résumé, un laboratoire traditionnel est lié à un ensemble d'exigences géographiques et temporelles qu'un laboratoire à distance peut éviter.

Cette solution commence à séduire les universités, car outre les avantages précédemment cités, elle leur permet de diversifier leur population cible : handicapés qui ne peuvent accéder physiquement au laboratoire, apprenants en formation continue qui ne sont plus obligés de se rendre à l'université pour effectuer les travaux pratiques. C'est pourquoi plusieurs solutions ont vu le jour durant cette dernière décade.

Notre travail s'inscrit dans cette démarche, Il consiste à concevoir et mettre en œuvre un environnement d'apprentissage à distance dans le domaine de l'électronique ou Les étudiants sont les utilisateurs, les enseignants sont les fournisseurs de contenu éducatif et les propriétaires de laboratoire sont les fournisseurs de services. A travers une interface utilisateur, l'étudiant accède à un environnement qui lui permet de manipuler de vrais dispositifs techniques. Cet environnement qui est déjà préparer par enseignants ensembles des expériences avec des Smart Devices, et des composants pour être remplir

les mêmes objectifs que des laboratoires classiques.

Ce manuscrit est décomposé en trois chapitre qui sont introduits brièvement dans le paragraphe suivant :

Le premier chapitre aborde les TPs dans la formation en sciences. Il sera notamment consacré aux modèles pédagogiques et à la caractérisation des travaux pratiques et TéléTPs. Il résume quelques notions de base sur l'environnement d'apprentissage dans les laboratoires de sciences et les principaux laboratoires à distance qui existent dans le monde. Après avoir décrit la partie matérielle et partie logicielle de chaque laboratoire.

Le deuxième chapitre propose une nouvelle approche de conception de travaux pratiques accessible à distance. L'architecture logicielle et matérielle de notre solution, les différentes parties qui la composent sont décrites.

Le troisième chapitre nous montrons à travers un exemple de TP académique, la mise en œuvre du TPD. Nous rapportons les résultats d'un test de ce TP, déployé en local et à distance, qui nous a permis d'évaluer l'efficacité de la solution proposée.

1 Contexte

L'augmentation du nombre d'étudiants dans les établissements de l'enseignement supérieur génère un contexte où les méthodes traditionnelles d'enseignement sont inappropriées pour assurer la montée en échelle. A titre d'exemple, le nombre d'étudiant de l'université de Mostaganem a beaucoup augmenté durant ces dernières années. Cette augmentation du nombre d'étudiants fait apparaître un besoin d'adaptation de l'enseignement supérieur, dans un contexte où la « formation à distance » s'impose dans l'écosystème de l'enseignement supérieur depuis une dizaine d'années à travers le monde.

Néanmoins, le volet des activités pratiques à distance n'est pas encore très courant bien qu'il représente une composante obligatoire pour l'enseignement des Sciences et Technologies, même avec un grand nombre d'étudiants. De ce fait, délocaliser les travaux pratiques qui se font traditionnellement dans des laboratoires classiques en présentiel, nécessite donc de la mise en ligne de ces laboratoires.

Nous avons traité les problématiques inhérentes à la création de laboratoires distants pour but de effectuer des travaux pratiques distants, qui concernent les techniques et stratégies d'accès aux ressources, les solutions logicielles assurant l'interopérabilité entre les différentes composantes qui supportent les accès simultanés à grande échelle, ou encore l'intégration de ces travaux pratiques dans les plateformes LMS (Learning Management System) comme Moodle.

2 Problématiques de recherche

2.1 question de recherche

La plus part des laboratoires réels à distance actuels utilisent un logiciel propriétaire et un matériel coûteux pour les mettre en oeuvre. D'autre part, les travaux pratiques dans le domaine de l'électronique demandent beaucoup de manipulations de la part de l'étudiant. Cet aspect doit être appliqué dans l'architecture qui sera utilisée pour le pilotage à distance.

Sur le plan technique, l'accès aux ressources est soumis à des contraintes liées avec l'augmentation du nombre des étudiants et la disponibilité du matériel. Sur le plan expérience, les TP doivent être générés et bien déployés de point de vue de l'étudiant, c'est-à-dire sans complication dans l'accès et la manipulation et sans ajouter des **logiciels** spécifiques.

A l'instar de ce qui précède, nos questions de recherche peuvent donc être formulées de la manière suivante :

1. Comment développer un environnement d'apprentissage pratique en ligne avec les mêmes contraintes d'un environnement présentiel et réel ?

2. comment soutenir les enseignants dans la génération automatique de **MOSTA LAB**, sans l'intermédiaire d'un développeur d'applications et du fournisseur du laboratoire ?

3. Dans un contexte d'apprentissage en ligne, quel est l'impact technique du partage des équipements du laboratoire sur les travaux pratiques et les performances du laboratoire ?

4. Quelle est la stratégie à suivre pour maintenir les performances du laboratoire à un niveau élevé en termes de facilité l'accès aux ressources, de rapidité dans l'interaction entre les expériences et les instruments intelligents ?

Il est donc nécessaire d'avoir une architecture flexible tenant compte de toutes les configurations de manipulation prévues durant une manipulation distante pour les TP.

2.2 Méthodologie

Dans le but de réalisation et exécution de notre projet, nous avons suivi la méthodologie de recherche suivante :

- La préparation d'expériences par les enseignants en arrangeant l'équipement pour de multiples expériences avec la même configuration.
- La définition des éléments nécessaires et spécification des dispositifs intelligents pour la conception d'un environnement d'apprentissage supportant une composante d'activités pratiques.
- La conception et la réalisation des interfaces web permettant l'accès au laboratoire distant et la manipulation de l'infrastructure matérielles selon des scénarios pédagogiques,

avec enregistrement de la traçabilité de toute l'activité.

Chapitre I

3 L'ÉTAT DE L'ART SUR L'ABORATOIRE À DISTANCE

Introduction

Ce premier chapitre posera les bases de compréhension du travail présenté dans ce mémoire. Tout d'abord, nous présenterons la spécification des travaux pratiques dans la formation en ingénierie et la comparaison entre laboratoires virtuels et distants . Ensuite, nous donnerons les différents laboratoires existants (classique, virtuel, distant), la comparaison entre les laboratoires et quelques exemples des laboratoires existants définitions et les caractéristiques du pilotage distant de ressources a finalité d'apprentissage.

Cet état de l'art dressera les grandes tendances passées et actuelles de ce type de procédés. Cette étude bibliographique mettra en évidence les forces et faiblesses actuelles de ces systèmes.

Les travaux pratiques (TP) sont souvent considérés par l'ensemble des enseignants et chercheurs comme une activité pédagogique essentielle, particulièrement pour l'attrait et l'efficacité de l'enseignement scientifique.

Les travaux pratiques sont considérés comme une activité pédagogique importante, particulièrement dans l'enseignement des STEM (sciences, technologies, ingénierie, mathématiques), par l'ensemble de la communauté des chercheurs et enseignants. Le but du TP ne se limite pas seulement à l'acquisition de connaissances scientifiques, mais également au développement de compétences exploratoires telles que la définition d'hypothèses ou l'interprétation de résultats.

De nos jours, les laboratoires distants et virtuels sont également répandus, en particulier dans la discipline d'ingénierie, où les exercices de laboratoire jouent un rôle clé et aident les étudiants à connecter leurs connaissances lexicales au monde réel. Ces systèmes fournissent des outils d'apprentissage interactifs qui peuvent compléter les conférences dans la salle de cours [1].

3.1 Historique et Précisions linguistiques

L'enseignement à distance, c'est un phénomène relativement récent qui est apparu sous sa forme première en Angleterre au milieu du XIX siècle, en 1840. [2] Arrêtons nous sur le terme « laboratoire distant ». Il provient en fait de la traduction du

terme anglais « remote laboratory », qui couvre les sessions de travaux pratiques effectuées à distance. Cet abus de langage appartient à la communauté scientifique française concentrée sur cette démarche visant à apporter la paillasse au plus près des étudiants qui ne peuvent pas se déplacer (cela vaut aussi pour les enseignants!).

Un laboratoire virtuel est un laboratoire éducatif dont l'instrumentation est accessible et contrôlable à distance par le biais de réseaux informatiques. sible et contrôlée par la médiation de réseaux informatiques à partir d'un emplacement distant.

4 Spécification des travaux pratiques dans la formation en ingénierie

La définition de TP, constituent un type d'enseignement fondé sur l'apprentissage pratique avec en particulier la réalisation d'expériences permettant de vérifier et compléter les connaissances dispensées dans les cours théoriques.

Les travaux pratiques concernent généralement les sciences expérimentales, contrairement aux autres types de cours qui se passent exclusivement à l'oral ou à l'écrit, les séances de travaux pratiques nécessitent souvent un matériel spécifique (verrerie et produits chimiques, circuits électriques, ordinateurs...).

5 Les télé-TPs

Un laboratoire distant est une activité de travaux pratiques en ligne ou TéléTP désigne un TP classique qui a été éventuellement modifié mais surtout étendu afin d'être accédé à distance (via Internet, par exemple).

Le TéléTP est une technologie qui permet aux utilisateurs de contrôler à distance des expériences réelles, en observant les résultats en réel.

Les télé-TPs sont issus de divers domaines de l'enseignement technologique, mais n'ont pas tous la même finalité. Le constat le plus simple consiste à comparer les télé-TPs impliquant des instruments réels et les télé-TPs impliquant une simulation : ce ne sont pas les mêmes tenants et aboutissants pédagogiques, pas plus que les mêmes solutions technologiques. Par ailleurs, il existe deux catégories de TP assistés par ordinateur, comme l'illustre la figure 1. Nous allons détailler chacune des possibilités et établir les situations auxquelles chacune est la plus appropriée.

5.1 Laboratoires virtuels et distants

Les laboratoires virtuels et distants représentent une des solutions innovantes pour assurer un apprentissage pratique à grande échelle à travers l'utilisation des plate formes d'enseignement dites « Learning Management System » (LMS).

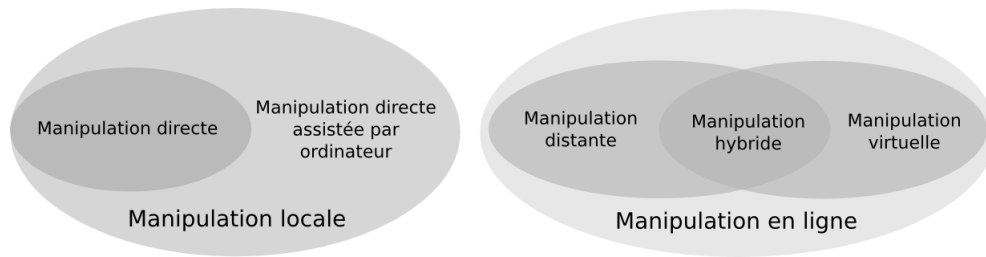


FIGURE 1 – Taxonomie des travaux pratiques assistés par ordinateur.

5.1.1 Laboratoires distants (Remote Laboratory)

Un laboratoire à distance est une solution logicielle et matérielle qui permet aux étudiants d'accéder à une plate-forme matérielle réelle localisés dans leur intra ou extra-établissement. L'accès à une session d'activité pratique, se fait à l'aide d'un navigateur Web standard. Ce laboratoire permet aux étudiants d'envoyer des commandes d'une expérience à un serveur qui est chargé de l'exécuter dans de vrais laboratoires sur des équipements réels. Les résultats de l'exécution seront présentés sur l'écran de l'utilisateur distant.

Les laboratoires distants concernent les travaux pratiques menés à distance sur des dispositifs réels (figure 2). L'enjeu est beaucoup plus complexe que précédemment, car les apprenants, les tuteurs ainsi que les dispositifs ne sont pas tous au même endroit, ce qui diminue grandement la communication entre chacun des acteurs.

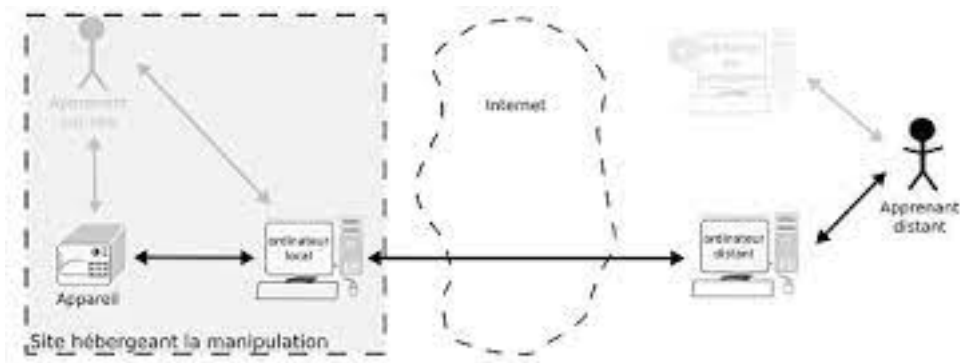


FIGURE 2 – Les laboratoires distants.

En effet, un élève dans sa chambre d'étudiant, pratiquant un télé-TP, aura plus tendance à se sentir esseulé par rapport à la même pratique dans un laboratoire local. L'idée que nous voulons défendre, est que les laboratoires distants ne sont pas les remplaçants systématiques des laboratoires locaux.

En effet, même si les étudiants plébiscitent les laboratoires distants face aux laboratoires locaux, il existe des situations où les laboratoires locaux ne sont pas envisageables (dangerosité, accessibilité, temps, finances, . . .) Les laboratoires distants constituent alors une des alternatives possibles pour palier à l'impossibilité d'un TP.

5.1.2 Laboratoires virtuels

Une autre alternative au laboratoire local, lorsque celui-ci n'est pas envisageable, est de virtualiser le dispositif. Il s'agit d'une approche déjà ancienne fondée sur la base des simulations du phénomène physique, où l'étudiant est appelé à interagir avec un modèle mathématique qui modélise le plus fidèlement possible les conditions nécessaires pour réussir la manipulation de l'objet de l'étude en question.

Tandis que les laboratoires distants garantissent l'interaction avec une vraie plate-forme matérielle, les outils logiciels utilisés servent à garantir l'accès aux ressources, gérer la traçabilité ; et de point de vue pédagogique, garantir l'atteinte des objectifs.

En effet, plutôt que de construire toute une architecture logicielle sur Internet, connectant le LAN de l'étudiant au LAN du laboratoire, on peut imaginer établir un algorithme simulant le comportement du dispositif.

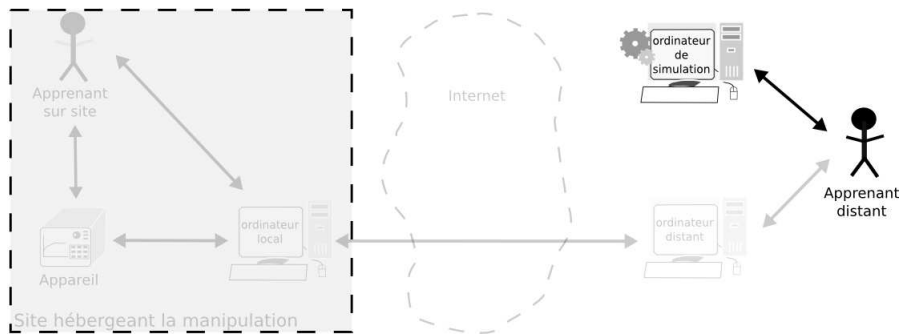


FIGURE 3 – Les laboratoires virtuels.

5.1.3 Laboratoires hybrides

Enfin, il existe une autre classe de laboratoires visant à rallier le meilleur des deux mondes (distants et virtuels) : il s'agit des laboratoires hybrides. Ces laboratoires sont en partie composés de manipulations sur des dispositifs distants et réels, mais ils comportent des simulations, issues d'une étape de modélisation, comme pour les laboratoires virtuels.

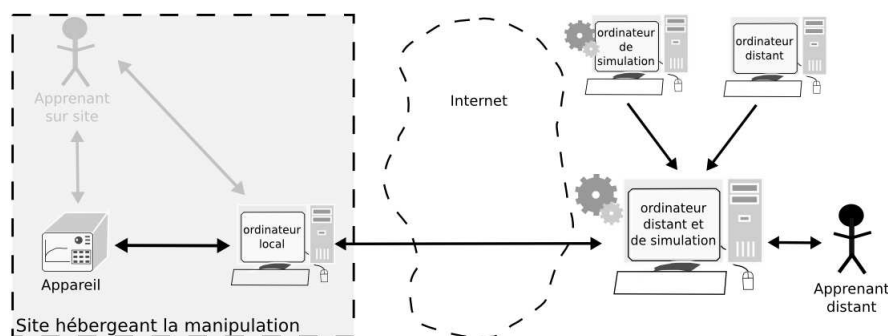


FIGURE 4 – Les laboratoires hybrides.

Cela correspond à une catégorie de TP où l'on manipule un ensemble réel de dispositifs que l'on fait ensuite interopérer par simulations, dans l'optique d'une intégration à large échelle difficilement reproductible en laboratoire. Imaginons des travaux pratiques dans le domaine des réseaux informatiques. Un exemple de configuration hybride serait de permettre aux étudiants de configurer des routeurs à distance, et ensuite de les interopérer avec d'autres routeurs cette fois-ci virtuels pour créer un plus grand réseau. Ainsi, ce laboratoire sera qualifié d'hybride : un des nœuds du réseau serait un réel routeur configuré à distance par l'apprenant, et l'intégration d'un MAN (Metropolitan Area Network), pour passer à l'échelle, serait simulée.

6 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.

7 Etat de l'art

Nous entendons ici dresser la liste des principaux projets identifiés dans la communauté scientifique en terme d'ExCAO (Expérimentation Assistée par Ordinateur). Bien sûr, cette liste ne se veut pas exhaustive, mais vise les principaux projets, avec leur philosophie et les partenaires impliqués.

Tous ces projets ont pour objectif de rendre accessibles des travaux pratiques sur Internet. Néanmoins, ils ne voient pas les enjeux des télé-TPs de la même façon ou sous le même angle, il en résulte alors une approche originale quasi systématique.

Pour plus de clarté et de concision, nous avons résumé nos recherches sur ces projets

7.1 défient Projets Laboratoires à Distance existants

Dans cette section, nous étudions un certain nombre de projets de laboratoires distants en faisant apparaître les principales caractéristiques matérielles et logicielles.

7.1.1 NetLab Université du Sud de l'Australie

NetLab est un laboratoire à distance développé à l'Université de l'Australie du Sud (UniSA). NetLab est un environnement collaboratif, interactif et multi-utilisateurs, spécialement développé à des fins pédagogiques pour soutenir des expériences dans des cours de génie électrique.

L'objectif principal était de créer une expérience de laboratoire qui permettrait aux étudiants de réaliser ces expériences communes sur n'importe quel PC, et de se sentir aussi proche que possible de l'utilisation d'un vrai laboratoire.

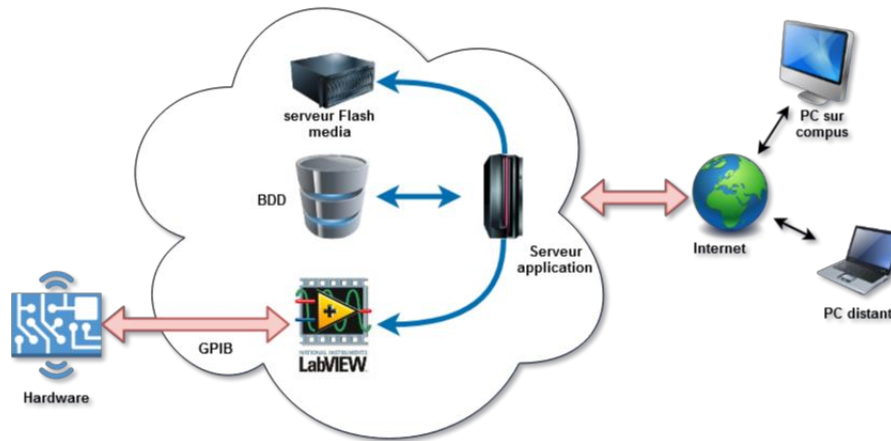


FIGURE 5 – Architecture globale de Netlab

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 [3].



FIGURE 6 – Interface web de Netlab

7.2 Weblab Deusto Université de Deusto en Espagne

WebLab-Deusto est un RLMS (système de gestion de laboratoire à distance) avec code source ouvert, développé principalement à l'Université de Deusto (Espagne) depuis 2004. En tant que RLMS, il fournit certaines fonctionnalités partagées de la plupart des laboratoires distants, à savoir l'authentification, l'autorisation, des outils d'administration, la planification, l'analyse et le partage de laboratoire.

De ce fait, lors du développement d'un nouveau laboratoire, ces fonctionnalités sont déjà acquises. D'un autre côté, s'il y a publication de nouvelles versions du système, alors le développeur n'a qu'à faire une mise à niveau du système existant sans modifier le laboratoire pour bénéficier des nouvelles fonctionnalités intégrées dans les nouvelles versions [4].

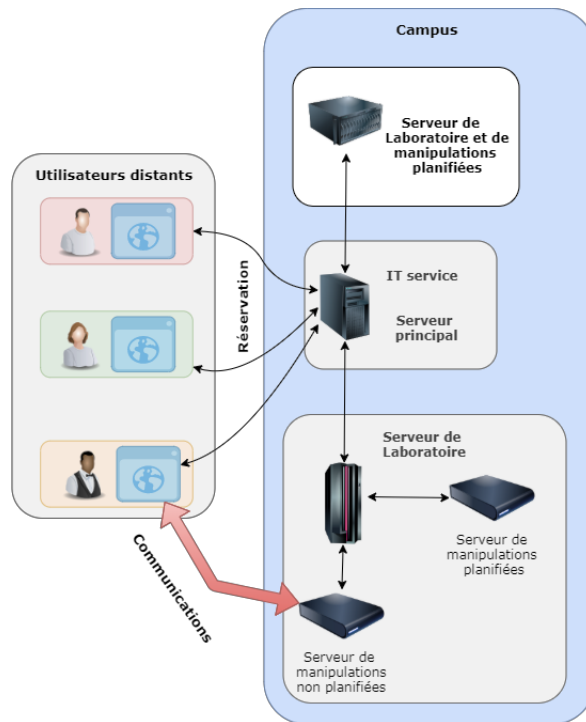


FIGURE 7 – Architecture de Weblab Deusto

WebLab-Deusto est un projet qui s'appuie sur différentes technologies Open Source. Le code source ainsi que la documentation sont disponibles dans GitHub 19 . De plus, WebLab-Deusto prend en charge le déploiement du serveur sous Linux, Microsoft Windows et Mac OS X.

7.3 Le projet iLab

Le projet 'iLab' du MIT (Massachusetts Institute of Technology) est une architecture commune et distribuée pour le développement et le déploiement de laboratoires en ligne appelée architecture partagée iLab (ISA). iLab vise principalement la mise à l'échelle mondiale de l'accès aux laboratoires en ligne par des utilisateurs qui peuvent être répartis globalement sur un nombre arbitraire d'emplacements reliés uniquement par Internet. L'accès se fait à distance via une connexion unique et une interface administrative standard simple [5].

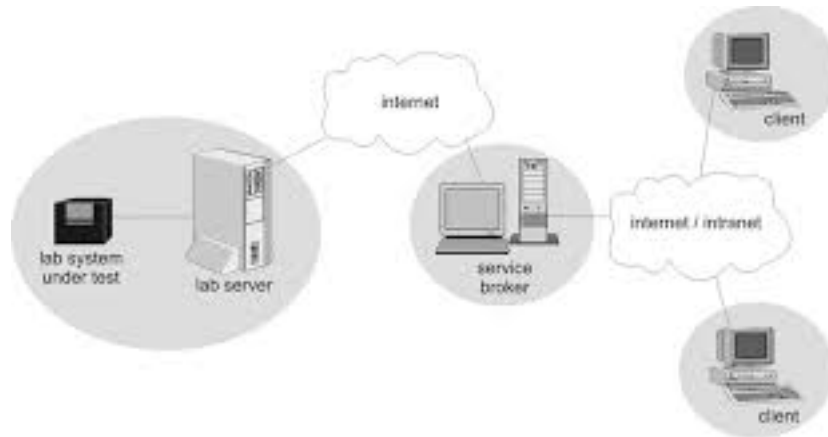


FIGURE 8 – Architecture d'iLAB.

le déroulement de l'opération expérimentale de laboratoire dépendra d'un certain nombre de facteurs, à savoir le nombre d'utilisateurs (simultanés) ; le nombre d'appareils disponibles ; la durée typique de manipulation et la fréquence d'utilisation ; ainsi que les garanties d'accès d'utilisateurs [6].

7.4 Projet Lila Université de Stuttgart en Allemagne

Le projet LiLa , abréviation de « Library of Labs» est un projet financé par la Communauté européenne visant à mettre en réseau des expériences à distance et des laboratoires virtuels. L'objectif de ce projet est la composition et la diffusion d'une infrastructure européenne d'échange mutuel de montages expérimentaux et de simulations, Lila cible plus particulièrement les études de premier cycle en ingénierie et en sciences.



FIGURE 9 – Interface web de Projet Lila

Le ‘portail virtuel’ représente la couche supérieure de l’architecture, s’appuyant sur le projet ‘Wonderland’ développé par ‘Sun Microsystems’, qui est un monde virtuel en 3D. il permet l’accès aux différents laboratoires, ainsi que la communication entre différents utilisateurs avec la voix et en échangeant des documents de manière synchrone. En outre, les enseignants utilisent le portail LiLa pour rechercher et identifier les expériences qu’ils préfèrent inclure dans leurs cours, puis téléchargent ces expériences depuis le portail LiLa, ensuite les chargent sur le système de gestion de l’apprentissage. Les expériences sont conçues, chargées et maintenues par des fournisseurs de contenu. [7]

7.5 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. [8]

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 10).

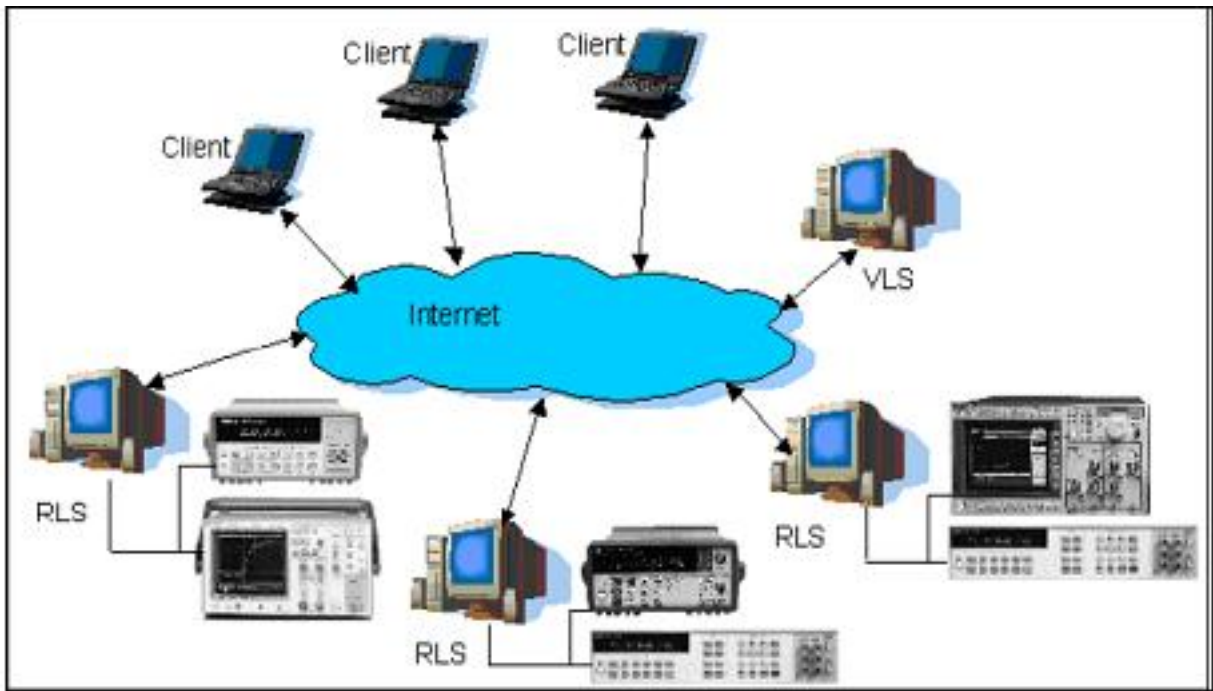


FIGURE 10 – Architecture d'ISILab.

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.

8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons dressé le portrait actuel de l'Expérimentation Assistée par Ordinateur, l'impact de la technologie au cours des dernières décennies sur l'intégration des travaux pratiques dans l'enseignement des sciences et technologies, particulièrement l'amélioration des environnements de laboratoire classiques et domaine scientifique soutenu par trois acteurs majeurs : laboratoires, industries et instituts supérieurs de formation.

Les tenants et aboutissants de la manipulation distante de ressources se traduisent par différentes configurations envisageables pour l'architecte d'un télé-TP : laboratoires distants, virtuels ou encore hybrides.

Cet architecte se doit néanmoins de respecter les théories actuelles issues des sciences humaines et sociales (principalement l'approche « constructiviste » qui a été abordée dans ce mémoire) et pour mener des activités pratiques, ou génération automatique des laboratoire virtuel considérées comme composante essentielle dans l'enseignement des sciences pour garantir l'efficacité a priori de son système.

Les laboratoires virtuel constituent une solution flexible et rentable pour conduire à distance des expérimentations réelles à travers une interface web.

Les deux prochains chapitres viseront respectivement à faire état de nos résultats en terme de généralisation des architectures de téléTPs et d'identifier les considérations et les défis à lever pour construire notre prototype de génération automatique et déploiement facile des laboratoires virtuels laboratoire à distance, qui sera développé dans le chapitre suivant.

Chapitre II

9 Conception des laboratoires distants

Introduction

La recherche bibliographique dans le domaine des laboratoires à distance nous a aidé à définir le cahier de charge de notre propre laboratoire distant et de définir son architecture. Afin de concevoir les TéléTPs, il était important de prendre en compte les forces et les faiblesses des projets existants et de définir une stratégie et des objectifs clairs.

Dans ce chapitre, nous allons décrire la conception d'un d'un TP à distance (laboratoire standard et reconfigurable) et d'aider les enseignants à choisir les expériences et à générer les applications Web d'interface respectives, en tenant compte de l'environnement d'apprentissage en ligne cible, en répondant à la première question de recherche : Qs) Comment pouvons-nous soutenir les enseignants dans la génération d'applications web pour des configurables, sans l'intermédiaire d'un développeur d'applications et du fournisseur du laboratoire ?

Nous présentons ainsi les techniques de développement actuel tout en concentrant sur les architectures logicielles et matérielles permettant l'interfaçage et l'accès distant à des différents types d'instruments.

L'objectif de ce chapitre est d'aider les enseignants à choisir les expériences et à générer les applications Web d'interface respectives, en tenant compte de l'environnement d'apprentissage en ligne cible, en répondant à la première question de recherche :

9.1 Contexte des travaux pratiques :

Nos travaux sur le support du partage de TPD en matière de ressources matérielles et logicielles basse sur les aspects techniques et fonctionnels du projet, ainsi que les travaux de recherche sur lesquels nous nous sommes appuyés.

Les travaux pratiques sont importants dans L'enseignement de l'Électronique pour les étudiants, qui doivent non seulement acquérir des connaissances théoriques liées à leur domaine et se familiariser avec leur contexte, mais aussi la mise en application de ces connaissances par la pratique et la manipulation des différents composants, instruments et équipements.

Cette étape cruciale dans leur cursus de formation leur procure la faculté de tester leur degré d'apprentissage et un moyen d'évaluation pour les étudiants d'une part, et d'autres part pallier les insuffisances éventuelles enregistrées.

Dans cet ordre d'idées les travaux pratiques distants (TPD), offrent aux étudiants la possibilité de mener des expériences en toute sécurité. De plus, les TPDs peuvent simuler des conditions extrêmes telles que la force de gravité ou une température ambiante très élevée, Car ces conditions seraient impossibles à concrétiser dans un laboratoire traditionnel. [9]

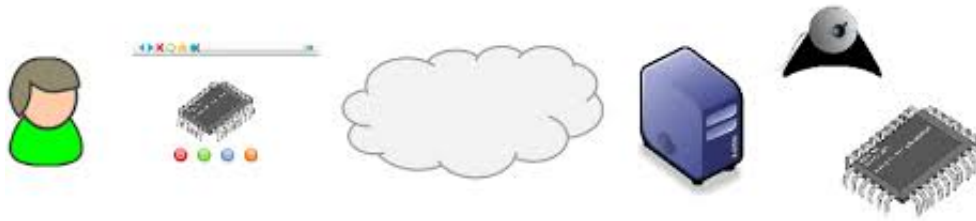


FIGURE 11 – Usage spécifique d’un TPD

Pour cela on a proposé d’un modèle de laboratoire qui s’appuie sur des standards de développement libres, souple. L’augmentation du nombre d’étudiant dans les établissements universitaires exige une gestion plus fiable des ressources destinées pour les activités pratiques.

9.2 Aperçu et développement du laboratoire

Notre environnement est un système composé d’un Laboratoire Virtuel Distant pour but d’aider les enseignants à choisir les expériences et à créer le TP par eux-mêmes, dans un scénario à orientation pédagogique et en tenant compte de l’environnement d’apprentissage en ligne cible. qui est construit selon les spécifications du dispositif intelligent, permettant ainsi la génération automatique des laboratoire virtuel avec un gestionnaire principal des expériences pour l’hébergement et l’accès à la réalisation des expériences, et dont l’interface utilisateur propose des fonctionnalités propres à chaque manipulation.

Un TPD doit être capable de fournir une expérience d’apprentissage qui apporte une valeur ajoutée à une formation. Dans certaines situations, il peut être utilisé pour compléter un laboratoire de présence pour les étudiants locaux. problème du nombre insuffisant d’équipement relativement avec le nombre d’étudiant, avec des périodes d’accès restreintes.

Alors que le laboratoire à distance peut sembler au départ une alternative «peu coûteuse», il y a le coût de la conception, du développement et de la maintenance à prendre en compte. [10]

Un laboratoire distant est un outil logiciel et matériel qui permet aux étudiants de accéder à distance au TP par des interfaces web qui lui meme a des équipements réels situés dans l’université comme illustré dans figure 11.

Il est important de noter que, ils existe des différents du laboratoires virtuels a distant qui sont généralement des simulations au lieu d’équipements réels. [5]

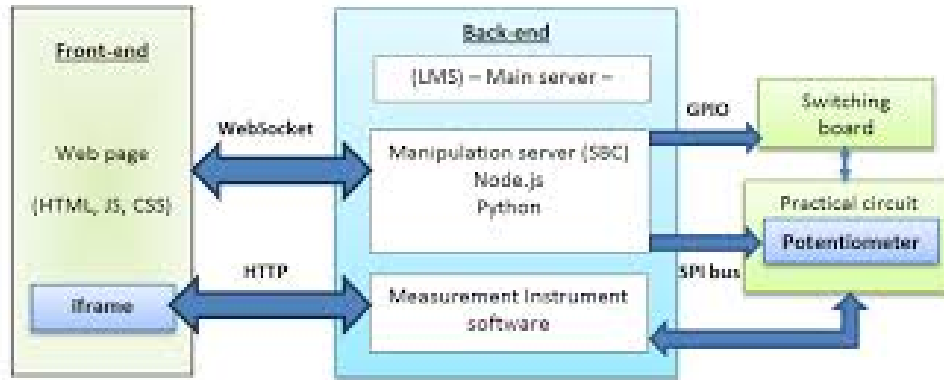


FIGURE 12 – Architecture de laboratoire a distance

9.3 Topologies des laboratoires distants

Avec le laboratoire distant, les premières étapes de leur création à la fois utilisable et utile impliquent l'identification des usages prévus, du public cible, des technologies à utiliser et l'intégration du laboratoire dans un programme d'étude.

Prenant en considération de l'architecture du laboratoire distant, il est utile de développer l'architecture pour répondre à la fois aux besoins actuels et aux utilisations futures potentielles a titre d'exemple, la figure 12 montre la structure d'un éventuel laboratoire.

Plusieurs utilisateurs distants peuvent avoir accès aux expériences en utilisant un arrangement de connexion / mot de passe. Dans ce cas, il peut être nécessaire de prendre en compte les aspects de sécurité, tels que HTTPS (Hyper Text Transfer Protocole Secure) plutôt que HTTP, car HTTPS fournit un transfert de données crypté pour empêcher l'interception des données transférées entre l'utilisateur et le laboratoire. Le laboratoire se connecte à Internet à l'aide d'un ordinateur qui fait office de serveur Web.

Les architectures les plus adoptées sont basées sur le client-serveur qui est l'équipement physique d'un laboratoire, et le client fournit une application logicielle à travers laquelle les utilisateurs peuvent accéder au laboratoire . [11]

Le système dispose de deux types de serveurs Web : une passerelle de laboratoire distant de serveur Web basée sur un serveur PC et un serveur Web intégré basé sur un microcontrôleur MCS-51 pour les modules d'expérimentation de contrôle.

9.4 Prototype des laboratoires distants

Notre laboratoires distants a été développé dont les principaux objectifs tel-que son validité ,son efficacité en tant que système de contrôle et de mesure pour accéder au "

expérience " qui c'est une activité au cours de laquelle les étudiants peuvent manipuler un ensemble de paramètres, et nous faisons référence à la combinaison des composants de l'équipement de laboratoire utilisés dans une expérience comme des "configurations". les instruments sont définie comme des dispositifs intelligents (SDs) (Smart Devices).

La spécification relative aux dispositifs intelligents fournit deux types de directives : les premières sont destinées aux communication avec l'application Web d'interfaçage et sont obligatoires (les méta-données), et la seconde pour les mécanismes internes du CPL, et sont des pratiques recommandées (appelées les fonctionnalités).

L'architecture de notre projet se divise en deux parties, basse sur une approche hiérarchique modulaire comme suite :

- **Module 1 : Back-end :**
 - Gestionnaire de l'accès aux ressources pédagogiques
l'interface utilisateur principale, y compris l'interface d'administration pour les enseignants et l'interface utilisateur pour les étudiants, doit être cohérente et intuitive.
 - Gestionnaire des manipulations « middleware».
- **Module 2 : Front-end :**
 - d'accès et de manipulation.
- **Module 3 :** Composant pédagogique du middleware.
 - **Module 4 :** Composant technique du middleware
 - Système de partage des laboratoires
 - Gestionnaire de la traçabilité
- **Module 5 :** Complément pédagogique

9.5 Développement du laboratoire

9.5.1 Généralité

Avec de telles architectures, de notre laboratoire cite avant l'accès à la configuration est les ressources qui sont hébergées par un serveur de laboratoire et qui sont disponibles lors de l'expérience se fait via des services Web (interface utilisateur).

Notre laboratoire basse sur une configuration qui permet de multiplier L'extension de la spécification des dispositifs intelligents que nous proposons pour décrire les " configurations " ou les " expériences " possibles des laboratoires qui soutiennent une ou plusieurs expériences est double ainsi qu'une reconfiguration rapide des circuits de TP.

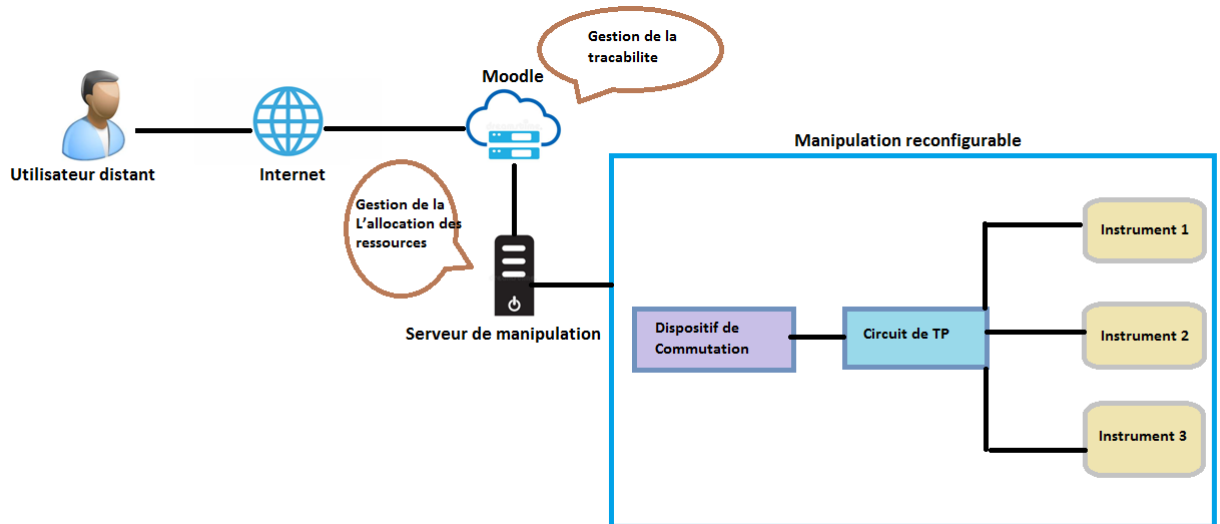


FIGURE 13 – Diagramme de déroulement d'expérimentation

Notre laboratoire est composé par une couche logicielle par laquelle au moment de l'expérimentation, l'interaction entre utilisateurs peut se faire de façon synchrone, l'intervention de l'enseignant se déroule comme s'il est présent physiquement avec les étudiants sauf ils doivent connaître l'adresse IP et le numéro de port sur lesquels se déroule le TP. Selon la sélection d'une ou plusieurs expériences par l'enseignant au moment de la création du TP, l'application contiendra un ou plusieurs onglets, chaque onglet représente une configuration expérimentale sélectionnée. En cliquant sur un onglet dans l'application, on accède à l'expérience correspondante en suite le serveur de manipulation gère la configuration et l'accès à la plate-forme matérielle et on affiche tous les SD (les instruments) associés à cette configuration. Finalement l'utilisateur distant aura accès à la manipulation souhaitée. Toutes les interactions réalisées seront tracées et enregistrées sur le serveur principal est même les interactions enregistrées concernent un ou plusieurs utilisateurs qui travaillent en parallèle.

Le diagramme qui illustre au Figure 13 explique le déroulement d'une expérimentation typique pour un utilisateur.

9.5.2 Les configurations du dispositif intelligent

Les installations de laboratoire qui peuvent être réutilisées sont utilisées pour réaliser de nombreuses expériences en reconfigurant leurs composants. Lorsque l'utilisation de configurations physiques réelles de laboratoire, les enseignants passent d'une expérience à l'autre en effectuant la reconfiguration ou en indiquant aux élèves comment procéder, ou en expliquant aux élèves comment le faire. Il est difficile d'imiter cette fonctionnalité dans un laboratoire cyber-physique, est un défi en raison de plusieurs facteurs liés à l'architecture du système.

Dans ce contexte, le serveur interface la configuration physique et la rend accessible par logiciel, et le client fournit une application logicielle permettant aux utilisateurs de commander le TP par le biais d'une connexion au serveur.

L'architecture adoptée des systèmes respectifs détermine la façon dont le serveur et le client communiquent et l'étendue des dépendances entre ces composants. À une extrémité du spectre, le serveur et le client sont construits l'un pour l'autre, ou en d'autres termes En d'autres termes, la modification d'une partie du serveur entraîne une modification nécessaire du client pour que l'ensemble du système continue de fonctionner. pour que l'ensemble du système continue à fonctionner.

9.5.3 Partie matérielle du laboratoire

La partie matérielle du laboratoire représente la plate-forme qui assure le transit de tout le trafic pour arriver à tous les éléments constituant le laboratoire. Les éléments hardware sont connectés soit par des liens directs, soit par des liaisons uniformisées.

Chaque expérience regroupe des éléments matériels tel que : les instruments de mesures qui sont reliés au réseau local Ethernet en utilisant des liaisons RJ45 lui-même en liaisons par des sondes avec les cartes de TP qui elle-même sont branchées avec le serveur de manipulation par une liaison directe sous forme d'une nappe à 40 points, le TP a même inclus des instruments comme générateur de fonctions, et alimentation.

Cette ensemble équipements représente la plate-forme du laboratoire qui assure le transit de tout les trafics entre les ensembles matérielles.

Un laboratoire est aussi composée des machines serveurs, et d'un dispositif de commutation, et même des équipements d'interconnexion réseau qui jouent un rôle important dans cette architecture.

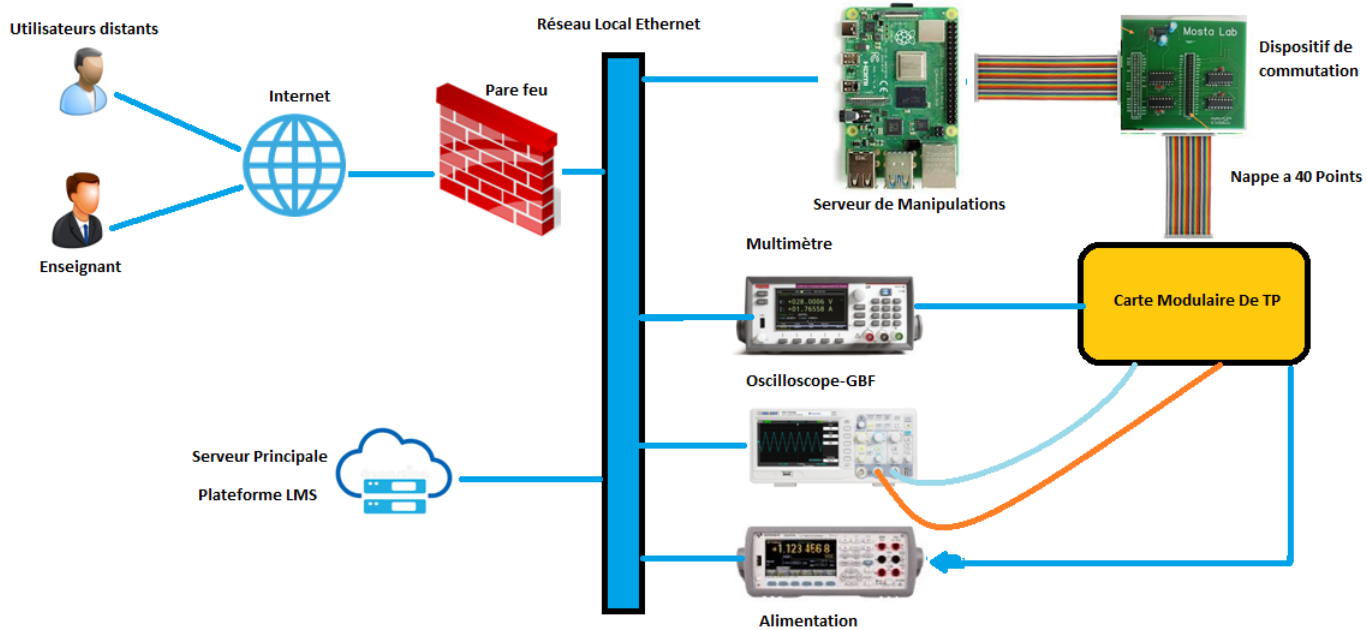


FIGURE 14 – Architecture matérielles d'un TPD

Afin d'accomplir une expérimentation complète d'un TPD, 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 :

- 33220A Générateur de fonctions
- Multimètre numérique 34410A
- Oscilloscope DSO5012A
- Alimentation N5746A
- La carte modulaire de TP
- Le dispositif de commutation
- Les serveurs (serveur principal, serveur de manipulation)



FIGURE 15 – Exemple déploiement d’une expérience dans MOSTA LAB

9.5.4 La carte modulaire de TP

La carte de TP est conçue de manière à offrir à l’utilisateur distant les mêmes possibilités que l’utilisateur en présentiel. Elle reprend toutes les combinaisons possibles comprenant le choix des composants, l’emplacement d’injection des signaux et la position des sondes des instruments de mesure.

La conception de la carte modulaire de TP tient compte de la conformité vis-à-vis de l’accessibilité, la facilité de branchement et de la flexibilité .

De ce fait, il est envisageable d’implanter plusieurs variantes du même TP sur la même carte, soit par l’intégration de différent type de composants électroniques (résistance, condensateur, diode, bobine, ... etc), ou par l’utilisation de composants à valeur variable comme les potentiomètres.

La conception de cette carte prévoit l’utilisation de quelques instruments de mesures. L’emplacement du branchement de cette dernier est reconfigurable grâce à l’utilisa-

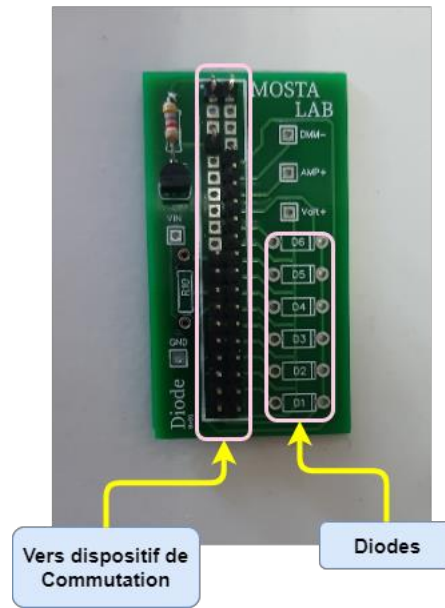


FIGURE 16 – Carte de TP diodes

tion des switches du dispositif de commutation. Cette flexibilité permet de multiplier le nombre de TP autour de la même carte.

9.5.5 Le dispositif de commutation

Le dispositif de commutation joue un rôle primordial dans la gestion des manipulations. C'est une pièce maîtresse dans la conception des TPs. De ce fait, ce dispositif permet d'établir différentes configurations de montage entre équipements et composants électroniques. Grâce au dispositif de commutation, on peut basculer d'un montage à un autre par l'inclusion ou l'exclusion d'un tel équipement ou composant électronique présent dans le même environnement de l'expérimentation.

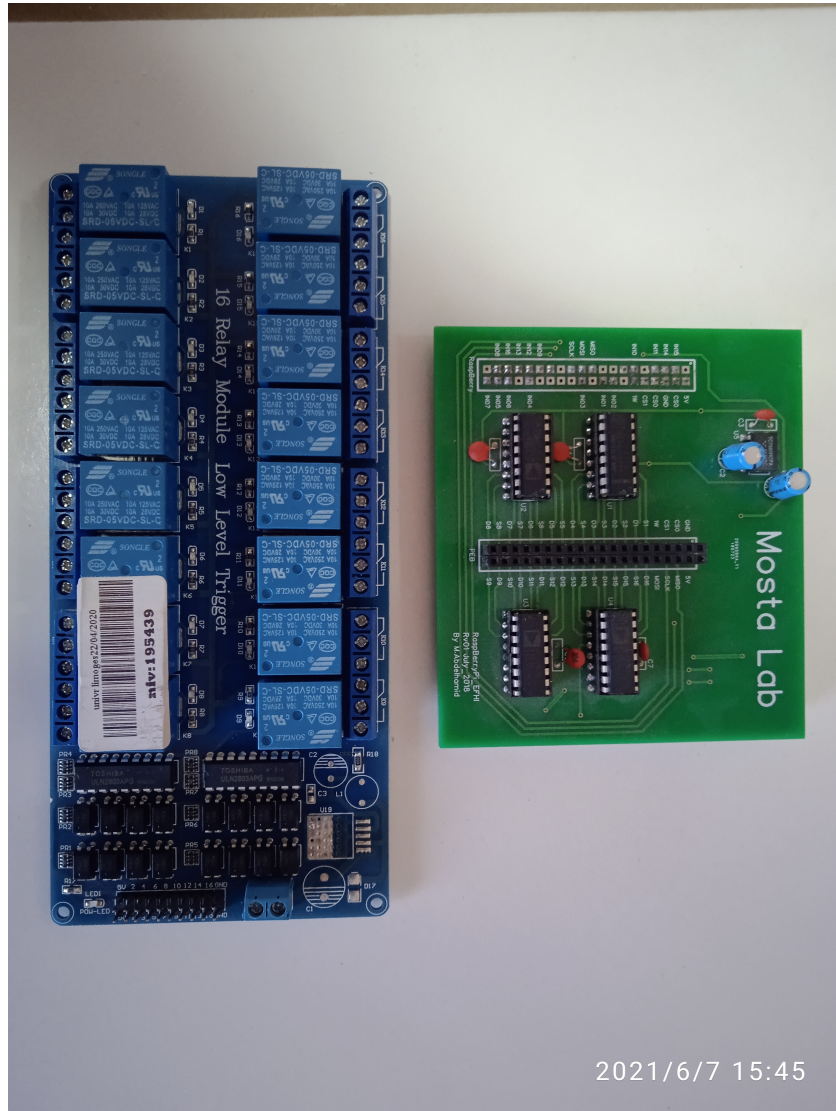


FIGURE 17 – Dispositif de commutation

La première version de dispositif de commutation est composé d'un certain nombre de switches numériques. L'ouverture et la fermeture de ces switches permet à l'utilisateur de sélectionner la configuration de circuit souhaitée à partir d'une banque de circuits fournis par le concepteur.

9.5.6 Évolution du dispositif de commutation

Cette version est caractérisée par l'utilisation de relais électromagnétisme de 5V. Les connecteurs des instruments de mesure (Générateur de fonctions, alimentation...etc.) sont connectés à cette carte. La carte de TP n'est pas reliée par une nappe mais s'insère comme une carte Shield pour Arduino.

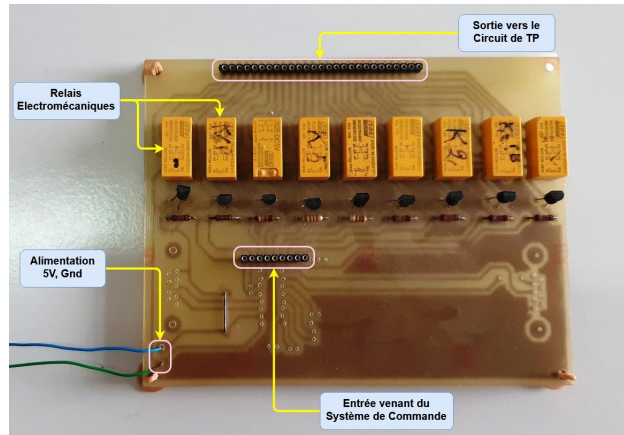


FIGURE 18 – Dispositif de Commutation à base de Relais

Une deuxième version de la matrice de commutation a été développée où les relais électromagnétiques sont toujours présents, avec la modification du système de commande qui devient un PcDuino qui tourne avec un système d'exploitation de type linux Ubuntu, du fait que chaque relai nécessite trois (03) points de la nappe La figure 19 représente cette version.

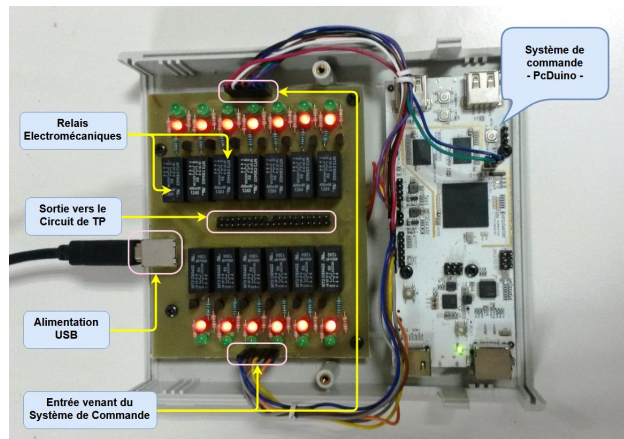


FIGURE 19 – Dispositif de Commutation à base de Relais commandée par PcDuino

La nouveauté dans cette carte c'est l'uniformisation de la sortie vers la carte de TP par l'utilisation d'une nappe.

Dans la 3 ème version illustrée par la figure 20 , le dispositif de commutation est conçu de manière à être enfichable directement sur la carte de commande, donc la liaison est uniformisée pour intégrer l'alimentation, les ports de commande numérique et les ports des différents.

De plus, nous avons remplacé les relais SPDT par des switches analogiques à commande numérique de type SPST. Ce passage nous a permis d'aller jusqu'à 16 switches et ne consommer que 32 fils, les autres sont mis à profits pour étendre le bus SPI, les lignes 5V et GND. La liaison avec les cartes modulaire de TP est uniformisée en utilisant une nappe (ruban plat à 40 broches).

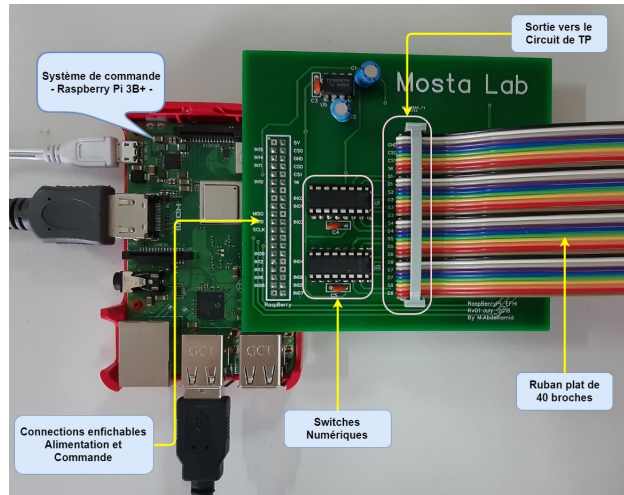


FIGURE 20 – Dispositif de Commutation enfichable sur Raspberry Pi B+

9.5.7 Architecture du reseau d'instrument

Une fois les instruments déployés, ceux-ci sont connectés par l'interface à un concentrateur (hub) qui connecte également l'ordinateur sur lequel s'exécutent les applications control Server. Tous les instruments implémentent le protocole DHCP, de sorte qu'ils obtiennent tous une adresse IP locale connue et utilisée par l'ESS donc adresse les commandes et réponses générées par les équipements.

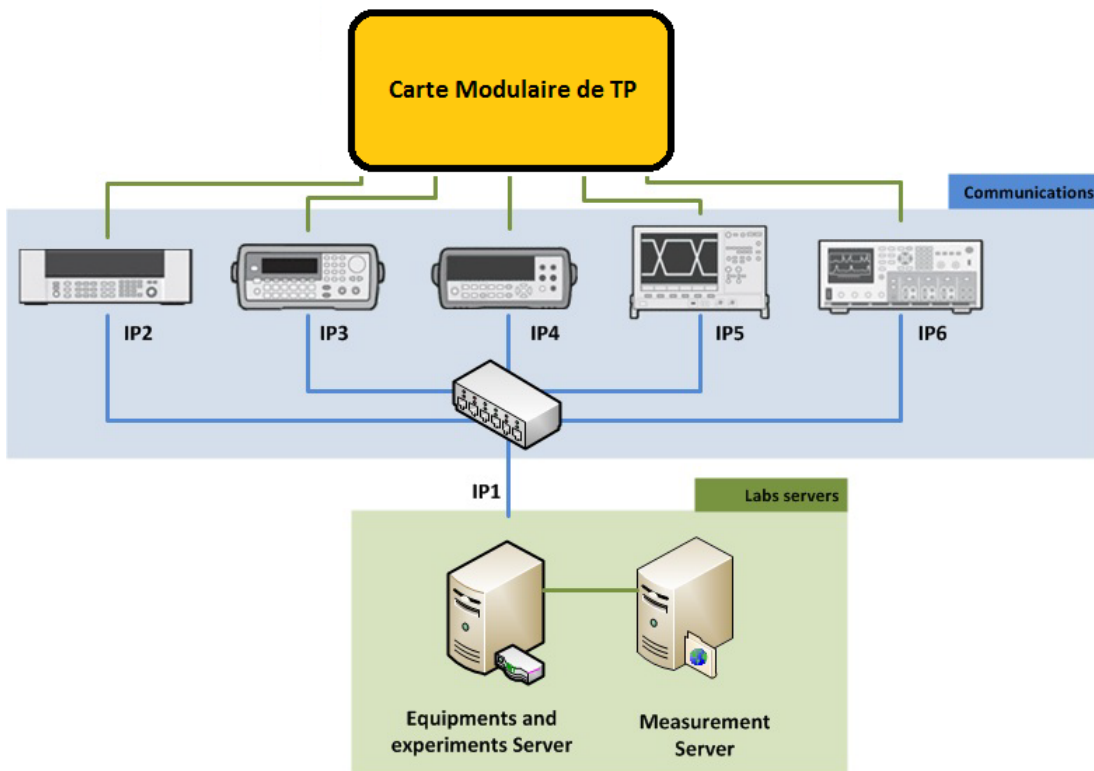


FIGURE 21 – Type Architecture du réseau d'instrument

9.5.8 Architecture logicielle globale

Notre conception du laboratoire illustrée par la figure est implimentée en 3 couches. Le « front-end » constitue la partie visible de l'application par l'utilisateur. Le « back-end » représente les composants logiciels (programmes serveurs) qui tournent en arrière-plan et qui sont plus appropriés à communiquer avec les ressources requises et la couche de laboratoire qui contient en 2 serveur .

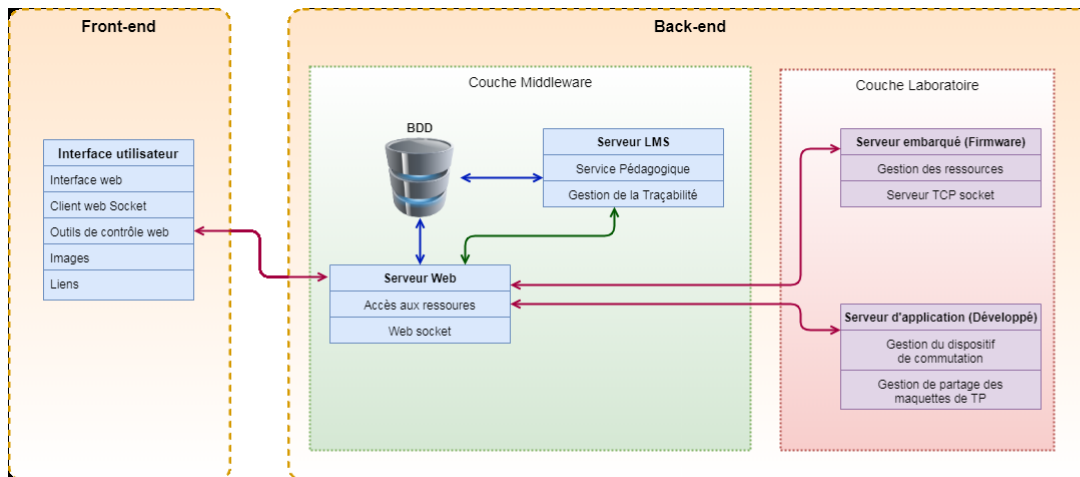


FIGURE 22 – Architecture logicielle

9.5.9 Gestionnaire du dispositif de commutation (Serveur de manipulations)

C'est le système de commande du dispositif de commutation. Ce système est l'intermédiaire entre l'interface web et dispositif de commutation et être à l'écoute en permanence des commandes venant de l'interface web d'un utilisateur distant et d'appliquer la configuration désirée sur le dispositif de commutation ainsi que sur les composants de la carte de TP.

Cette carte électronique a connu certains changements et passe par des versions au mieux qui touche les performance du serveur de manipulation par contre La fonctionnalité principale n'a pas changé.

Pour mieux exploiter le hardware est connue des différents outils de développement logiciel ont beaucoup évolué en parallèle.

Par exemple, la carte **Arduino** représente un outil de développement intégré hardware et software, a la connexion d'un client la page web de manipulation est téléchargée au niveau du PC de l'utilisateur distant Par la suite, et après les manipulation les résultats de mesures sont affichés sur l'interface web de l'utilisateur distant avec une mise en forme appropriée.

Pcduino implémente l'ensemble des fonctionnalités d'un Arduino avec des performances supplémentaires d'un PC.

Raspberry piv offre des caractéristiques techniques capables d'assurer de bonnes performances. Le système d'exploitation 'linux Ubuntu' qui gère cette carte permet de développer des programmes très performant, en utilisant différents langages de programmation comme java, C, C++, JavaScript, python ...etc.

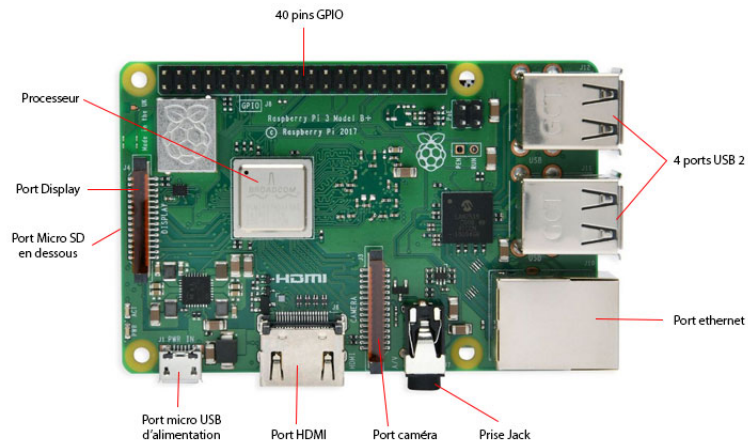


FIGURE 23 – Raspberry Pi

Redpitaya dispose une nouvelle architecture est un mini laboratoire développé autour d'un instrument de mesure reconfigurable. cette carte permet de remplacer le pcDuino et Raspberry, mais aussi des entrées sorties analogiques rapides qui en font un générateur de fonctions et un oscilloscope.

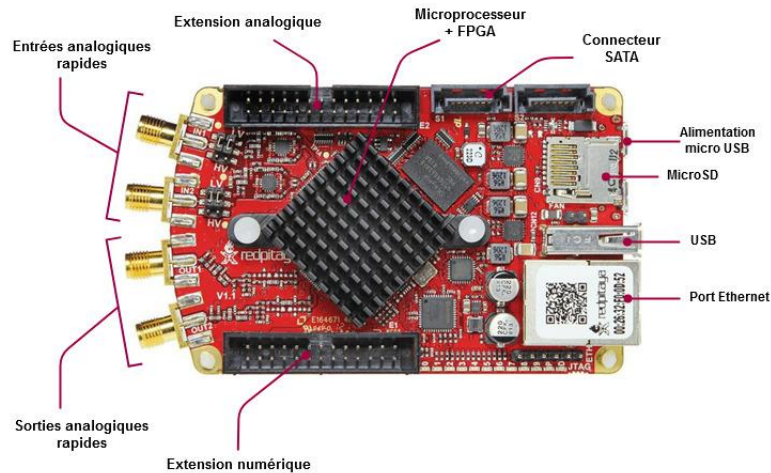


FIGURE 24 – Redpitaya

9.5.10 Interface du logiciel de simulation

Après la génération et déploiement automatique d'un laboratoire virtuel La partie principale est la simulation qui calcule le réel état de l'environnement virtuel. Par conséquent, quand l'utilisateur manipule un laboratoire virtuel, il faut exécuter cette simulation quelque part.

Il y a deux problèmes majeurs concernant simulation qui doit être prise en compte :

- Premièrement, comme la complexité de la l'exercice de laboratoire augmente, la simulation peut rapidement devenir très lourde en ressources termes de CPU et de mémoire.
- Deuxièmement, ces simulations sont souvent mises en œuvre en utilisant différents logiciels et bibliothèques, avec un système très différent exigences [12] .

Dans une expérimentation à distance, l'élève contrôle l'état du laboratoire avec une page Web qui est le front-end, l'interface utilisateur envoie les paramètres à distance au backend en tant que requête qui transfère des valeurs de différents composants et mesure des instruments inclus dans la configuration. Le backend reçoit les paramètres en arrière-plan à partir d'une interface de haut niveau, lors de manipulations telles que la sélection d'un travailler, changer une valeur de curseur ou cliquer sur le bouton effectuer la mesure.

9.5.11 Méthodes et outils de développement d'interfaces graphiques

Citons le schéma de l'architecture de laboratoire a distance sur des Web Services ainsi qu'une représentation EJS des instruments. La finalité de cette approche, très élégante au demeurant, est clairement proche de la notre. Il s'agit de promouvoir le couplage entre les deferante fichiers EJS des instrument et les composants, tout en facilitant l'intégration des interface homme machine (IHM) des clients de laboratoire a distance, par une

description assistée de celle-ci. Ce qui diffère dans notre vision, c'est que nous percevons l'IHM appartenant à la partie logicielle.

En effet, pour nous, les questions qui seront celles des laboratoires à distance sont :

- Comment proposer une IHM adaptée aux compétences de l'apprenant au regard des actions qu'il mène ?
- Comment aider l'apprenant défaillant ?
- Comment fournir la transparence de localisation des instruments et le déménagement d'un laboratoire à distance vers un autre instrument géographiquement éloigné en cours des manipulations ?
- Comment construire des manipulations mettant en œuvre plusieurs instruments ?
- Comment assurer et sécuriser l'accès à plusieurs au dispositif ? [13]

Le nouveau système devrait pouvoir être intégré à l'apprentissage largement utilisé Systèmes de gestion, comme Moodle [14]. Le responsable du laboratoire doit utiliser l'interface web déjà créée pour authentifier et autoriser les enseignants par un compte déjà inscrit. Il devrait pouvoir connecter logiquement des exercices de laboratoires virtuels, définis par l'enseignant dans l'interface TP. Afin de répondre à cette exigence, le gestionnaire doit être en mesure de collecter et consigner les interactions des étudiants dans des laboratoires virtuels qui est **la tracabilité**. Ceci peut être réalisé en utilisant les outils de surveillance et de journalisation Web existants [15].

9.5.12 Architecture logicielle de laboratoire à distance

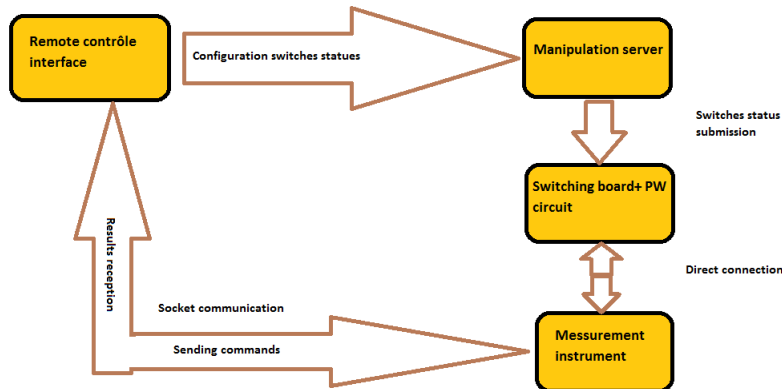


FIGURE 25 – Architecture logicielle

Un appareil virtualisé doit pleinement émuler le comportement et les caractéristiques de l'appareil réel. Nous émulerons les trois propriétés génériques qu'un L'appareil virtualisé doit avoir : configurable, et déployable. Notre objectif est de fournir une référence générique architecture qui peut être étendue pour répondre aux besoins d'un déploiement particulier est un laboratoire bien gérer .

10 Développement de système

Notre système est un génération d'applications Web qui interfacent les laboratoires cette environnement composé d'un partie utilisateur basse sur des interfaces par laquelle enseignant peut gérer les TPs est d'autre partie de déploiement ou les enseignants fait les choix des instruments et les composant facilement pour créé le TP cette dernier peut compose de plusieurs expériences

10.0.1 Vue générale de système

Dans système, les ressources sont hébergées par un laboratoire et préexistent dans un serveur pour assurer la transaction entre déférant interface. Les utilisateurs accèdent au laboratoire via des interfaces puis manipulent les ressources qui y sont proposées. à partir de celle-ci, les enseignants va créer un TP et ses ressources pour chaque étudiant.

Le diagramme de classe

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.

La Figure 26 présente le diagramme de classe de notre système il représente les différentes entités intervenant dans le système. notre modèle ajoute la notion de TP comme une instance de cette modèle, destinée à un ou plusieurs utilisateurs. Ici, chaque apprenant est propriétaire de son TP virtuels.

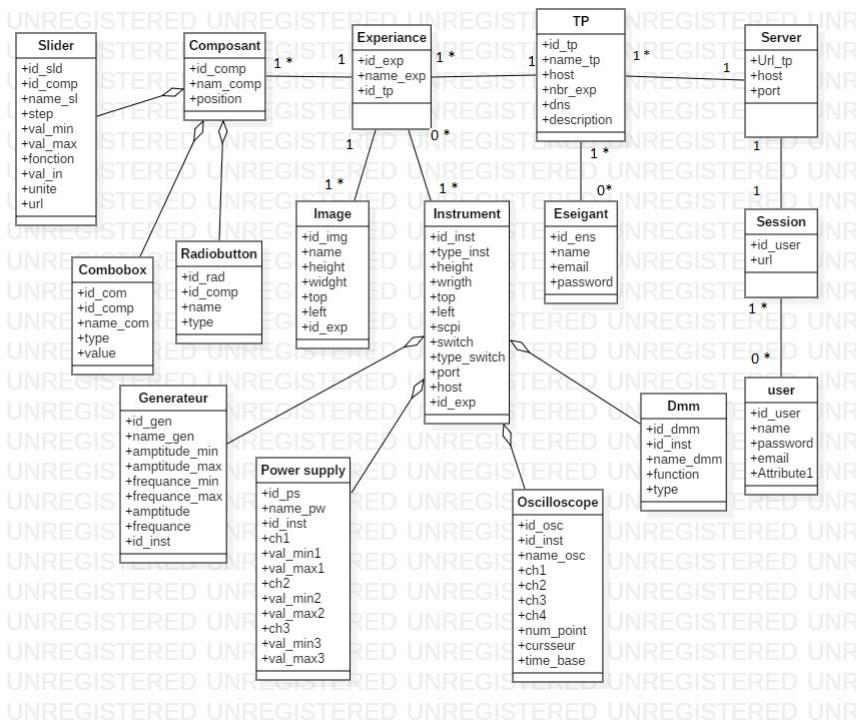


FIGURE 26 – Diagramme de classes général de TPD

Diagramme de séquence

Le diagramme de séquence représente graphiquement les interactions entre les acteurs et le système. 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 la figure 27 représente un exemple de déroulement d'une expérience.

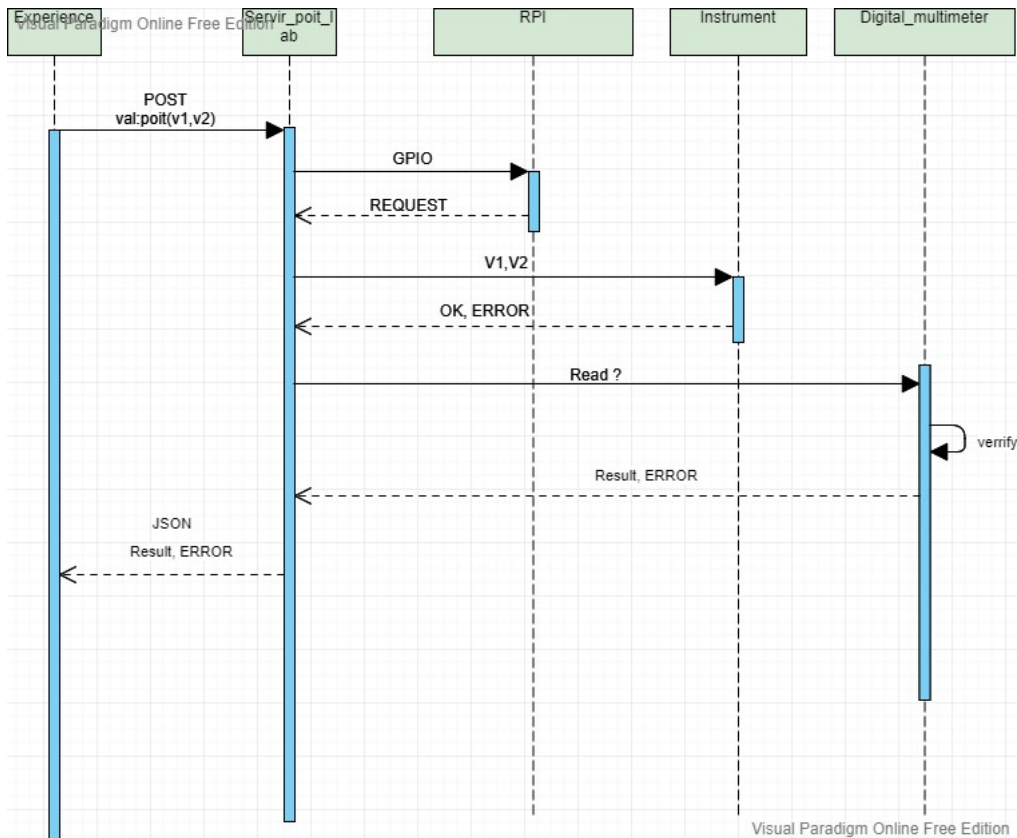


FIGURE 27 – Diagramme de séquence pour TPD (Situation expérience)

10.0.2 L'interface utilisateur

L'importance primordiale de générer des laboratoires à distance axés sur déploiement et création des laboratoires virtuels pour facilite le professeur de créer les TPs avec un environnement flexible que possible pour les étudiants à tout moment. Cette partie traite de l'utilisation de la technologie et du protocole de communication mis en œuvre dans les différentes parties de notre système afin de réaliser l'interface utilisateur.

L'interface utilisateur adresse au professeur pour but de créer les TPs est la page Web frontale de notre laboratoire grâce au serveur qui offre des nombreuses fonctionnalités similaires à afin de faciliter la mise en œuvre de TP dans le processus d'apprentissage. Les capacités et les limites de ces fonctionnalités sont associées aux types de compte. Les interfaces utilisateur sont intégrés à Moodle sous forme de ressources URL.

10.0.3 Interface web

L'interface web est l'élément intermédiaire entre l'utilisateur est la plate-forme matérielle ou le professeur peut insérer les déferant composants et les instrument pour chaque expérience, la manipulation de fonctionnalités des équipements distants se fait par des

objets de base d'une page web tel que les **menus**, les **boutons**, les **sliders** et des **zones d'affichage** pour visualiser les résultats en temps réels tous les objets des instrument réel ce transforme on des objets situe avant sur l'interface implémente en HTML et transférer en EJS de chaque l'instrumentation pour contrôler le matériel cette dernier, telle que le réglage de fréquence désirés dans le générateur de signaux ou le réglage des paramètres sur l'oscilloscope (temps / div et volt / div), et produire un affichage graphique sur l'ordinateur client comme un résultat final.

11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la génération automatique des laboratoires virtuel au but de facilite les taches au professeur au moment création des TPs sans la présence d'un développeur au ingénieur de système , la spécification des dispositifs intelligents supportant différentes configurations pour soutenir telle expérience. Les architectures des laboratoires distants traditionnelles incluent des PC agissant comme des serveurs avec des instruments connectés par des bus d'instrumentation.

De plus nous avons présenté les critères techniques sur lesquels nous nous sommes basse pour concevoir les différents composants de notre laboratoire Du point de vue logiciel et pour les interfaces, l'utilisation de HTML5, ejs et CSS, avec Bootstrap aussi de JavaScript permet d'avoir des interfaces interactives compatibles avec les futurs développements de la technologie Web et facilement intégrables dans un environnement d'enseignement à distance de type Moodle.

L'outil 'Node.js' est utilisé pour développer une partie du back-end qui est le serveur d'application chargé de gérer l'interaction avec les déférents midelware et les pages ejs. La technique Ajax permet de réduire les communications entre le client et le serveur. La solution finale est adaptée aux connexions à faible bande passante.

Dans le prochain chapitre, nous allons décrire la génération et déploiement de notre propre laboratoire virtuel qui est appliquer au MOSTA LAB, nous discuterons l'analyse des déférant interfaces utiliser afin de l'enseignant prépare le TP constituer par des plusieurs expériences a la fin l'étudiant réaliser les TPs dans une interface réservé.

Chapitre III

12 Mise en œuvre du laboratoire à distance

Introduction

La phase la plus importante après la phase de conception est la mise en œuvre. Le choix des outils de développement a une influence considérable sur le coût du temps de programmation, ainsi que sur la flexibilité du produit à réaliser. Cette phase consiste à transformer le modèle conceptuel établi précédemment en composants logiciels formant notre système.

Dans ce chapitre nous présenterons les outils utilisés pour développer notre application. Puis, nous spécifierons l'environnement logiciel supportant notre système. Ensuite, nous allons présenter notre système ainsi qu'une description générale.

13 Environnement de développement

Lorsqu'il s'agit de programmer une application, la première chose qui vient à l'esprit est le choix du langage de programmation. Disposer d'une application fonctionnant sur n'importe quel système d'exploitation (Windows, Linux, ..), qui garantit l'accès de plusieurs utilisateurs en même temps et qui assure l'accès à distance aux appareils technologiques (instruments de mesure). Notre langage doit pouvoir supporter les exigences de ces derniers, pour cela nous avons choisi comme langage de programmation le langage EJS.

13.1 Système de gestion de base de données

Un SGBD est un ensemble de logiciels chargés de créer, gérer et interroger une ou plusieurs bases de données.

PostgreSQL : est un système de gestion de base de données de classe d'entreprise open source. Il est compatible avec SQL pour les requêtes relationnelles, et avec JSON pour les requêtes non-relationnelles. PostgreSQL est livré avec de nombreuses fonctionnalités visant à aider les développeurs à créer des applications, les administrateurs à protéger l'intégrité des données et à créer des environnements tolérants aux pannes, et à vous aider à gérer vos données.

13.2 Back end

Visual code : Visual Studio Code est un éditeur de code source léger mais puissant qui s'exécute sur votre bureau et est disponible pour Windows, macOS et Linux. Facile

à installer, à comprendre, à utiliser et rapide, il dispose d'une interface graphique responsive et customisable via des thèmes déjà installés. Quel que soit le langage : JavaScript, PHP, JAVA, C, C++ ou autres.

EJS :Le Template EJS (Embedded Java Script) est un outil utile pour appeler les pages HTML depuis Node. js. En effet, il permet d'appeler des fichiers HTML complets avec ou sans passage de paramètres depuis notre code Node. js, suite à une requête de route. <http://www.progsys.yj.fr/>.

Nodejs :Il s'agit d'une plate forme construite sur le moteur JavaScript V8 de Chrome pour développer rapidement des applications réseau rapides et évolutives. Comme JavaScript est un langage événementiel, donc Node.js est lui-même basé sur les événements. Cela lui permet d'être léger et d'avoir des performances de très haut niveau.

Ajax :Asynchronous Javascript And Xml (AJAX) désigne un nouveau type de conception de pages Web permettant l'actualisation de certaines données d'une page sans procéder au rechargement total de cette page. Cette méthode de conception repose sur la combinaison de technologies déjà existantes : HTML/CSS, Javascript/DOM, XML et les requêtes HTTP.

13.3 partie front end

Sublim text :Sublime Text est un éditeur de texte générique codé en C++ et Python, disponible sur Windows, Mac et Linux.

Sublime text est un éditeur de texte sophistiqué largement utilisé par les développeurs. Il comprend de nombreuses fonctionnalités telles que la mise en évidence de la syntaxe, l'indentation automatique, la reconnaissance du type de fichier, la barre latérale, les macros, les plug-ins et les packages qui facilitent le travail avec la base de code.

Html5 :(L'HyperText Markup Language), désigne un type de langage informatique descriptif. Il s'agit plus précisément d'un format de données utilisé dans l'univers d'Internet pour la mise en forme des pages Web. Il permet, entre autres, d'écrire de l'hypertexte, mais aussi d'introduire des ressources multimédias dans un contenu.

CSS :Les feuilles de styles (Cascading Style Sheets, abrégé CSS) sont un langage qui permet de gérer la présentation d'une page Web. Le langage CSS est une recommandation du World Wide Web Consortium (W3C), au même titre que HTML ou XML. Les styles permettent de définir des règles appliquées à un ou plusieurs documents HTML.

JavaScript :JavaScript désigne est un langage de script orienté objet. On le retrouve principalement dans les pages Internet. Cette langage est principalement employé pour améliorer l'ergonomie d'un site Internet et/ou d'une interface applicative utilisateur. Il sert également à intégrer des effets esthétiques, toutefois rarement indispensables.

JQuery :est une bibliothèque JavaScript gratuite, libre et multiplateforme. Compatible avec l'ensemble des navigateurs Web (Internet Explorer, Safari, Chrome, Firefox, etc.), elle a été conçue et développée en 2006 pour faciliter l'écriture de scripts.

Bootstrap : est un Front-End framework développé par l'équipe du réseau social Twitter. Proposé en open source (sous licence MIT), ce framework utilisant les langages HTML, CSS et JavaScript fournit aux développeurs des outils pour créer un site facilement.

14 Éléments techniques

Le déploiement de notre système est chargé sur un serveur physique, hébergé au laboratoire MOSTA LAB au niveau de notre université. Comme indiqué avant, notre système est composé d'un serveur de manipulation et d'un serveur physique pour gérer la manipulation des interfaces.

15 Présentation de l'application

Page d'authentification

Il s'agit d'une interface qui permet à l'enseignant de saisir le nom d'utilisateur et le mot de passe qui est déjà inscrit par les développeurs de l'application pour accéder à la plateforme, la figure illustre l'interface utilisateur.

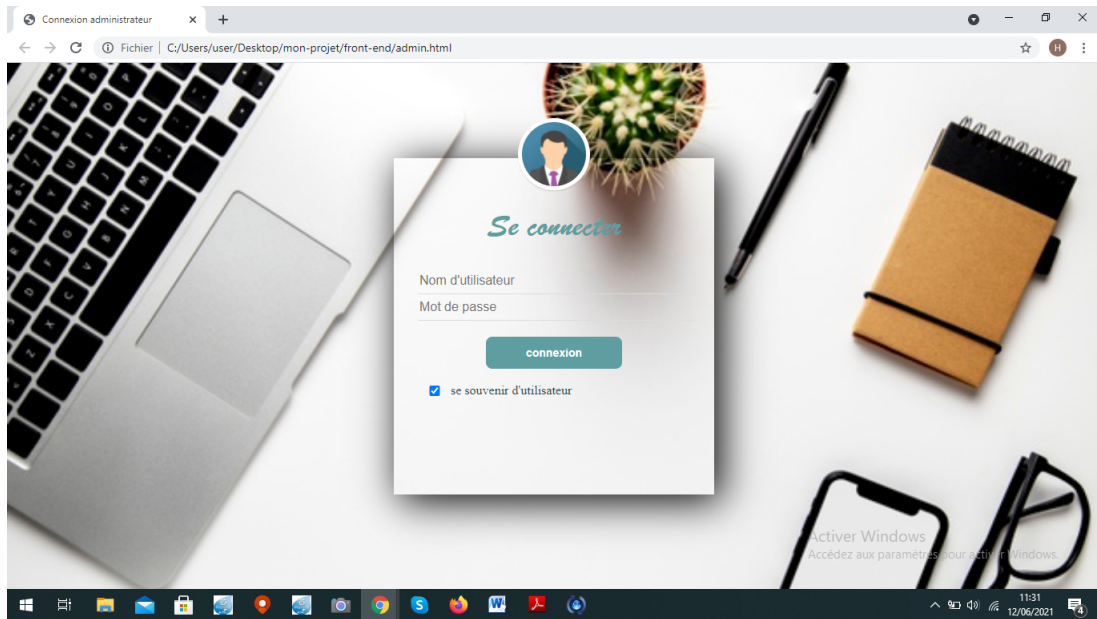


FIGURE 28 – interface authentification enseignant

Travaux pratiques

La figure 29 représente l'interface par laquelle l'enseignant peut gérer et consulter tous les TP créer, ainsi que les modifier ou supprimer.



FIGURE 29 – interface de gestion des Travaux pratiques

Ajouter de Travaux pratiques

Une fois que le professeur aura cliqué sur le bouton ajouter un TP dans la page précédente, il recevra cette page contenant un formulaire qui lui permet de saisir toutes les informations concernant le nouveau TP (figure 30).

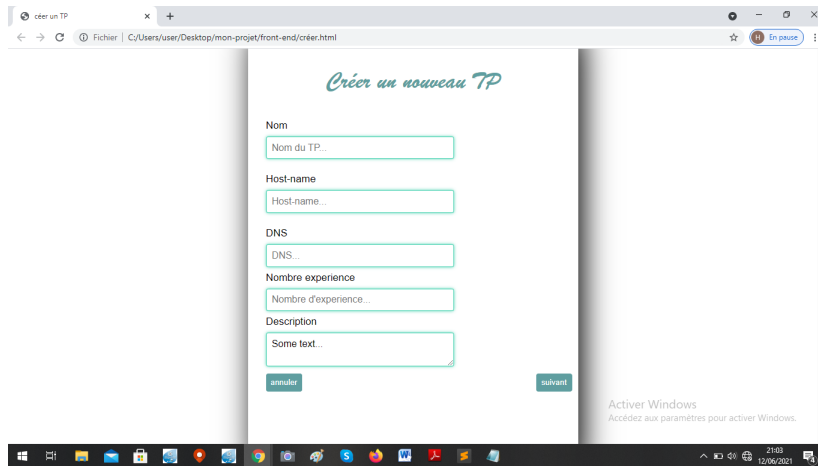


FIGURE 30 – interface de ajouter de Travaux pratiques

Création de Travaux pratiques

L'accès aux fonctionnalités des équipements distants se fait à l'aide d'objets basiques de pages web tels qu'instrument, bouton, image, slider, etc....
On utilisant ces objets l'enseignant peut réaliser un TP avec plusieurs expériences comme démontre la figure suivante (figure 31)

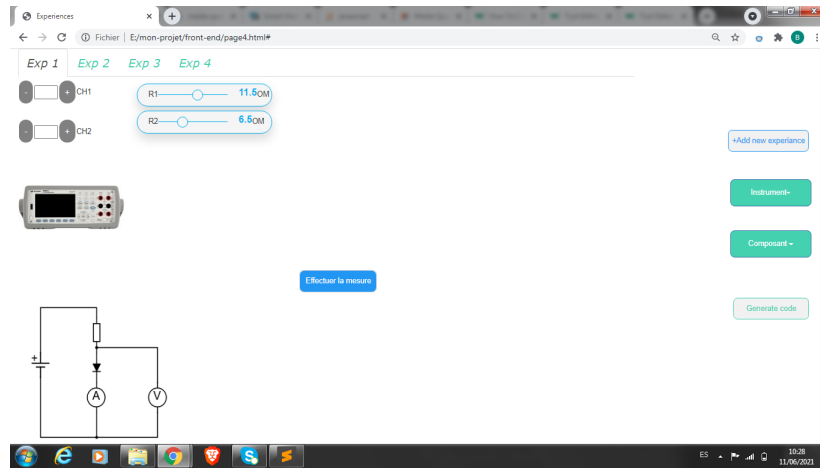


FIGURE 31 – interface Création de Travaux pratiques

Étudiant

A fin que l'enseignant réalise sans TP pour laquelle va apparaître au étudiant cette dernier sera afficher au étudiant au moment de l'accès au plat-forme de TP comme la figure 32 indique.

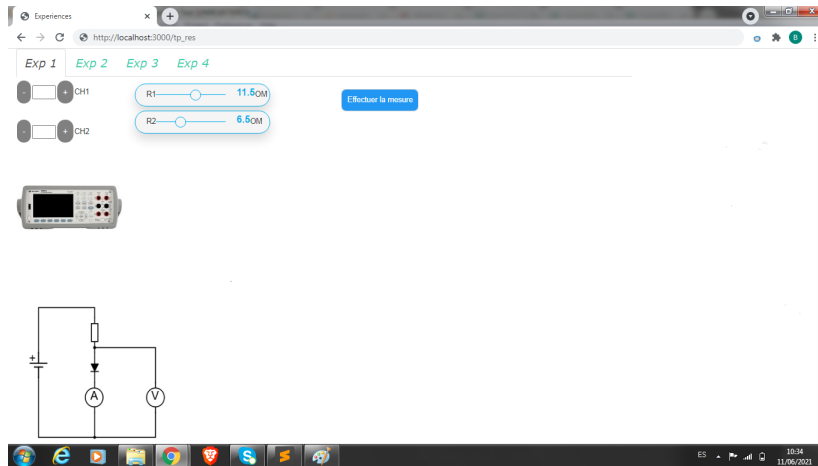


FIGURE 32 – interface Interface étudiant

16 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les méthodes et outils utilisés pour la génération et déploiement en prenant en considérations techniques et pour mettre en œuvre notre laboratoire.

Nous avons décrit l'aspect implémentation, donc L'objectif était de présenter les techniques, langages et outils utilisés pour l'implémentation de notre prototype, Nous avons commencé par présenter les choix technologiques. Ensuite, nous avons spécifié l'environnement logiciel prenant en charge notre système. Par la suite, nous présentons les interfaces les plus significatives de notre application.

Notre système au but de facilite les tache au enseignant pour préparer les TPs par laquelle engager les étudiants dans la réflexion, dans l'implication pour améliorer ses compétences en matière de recherche et d'exploration, dans l'incitation à l'apprentissage actif.

Conclusion Générale

Le principale délice de notre projet est de générer une interface web des travaux pratique sous la forme de laboratoire distant dans le domaine de l'électronique. En effet, Les travaux développés dans cette thèse présentent une contribution aux méthodes de déploiement des laboratoires virtuels qui représente une solution a l'une des problématiques situer dans notre thèse est qui est rencontrées dans ce domaine.

La majorité des travaux effectués dans le domaine des travaux pratiques à distance se basent sur des équipements coûteuses ou nécessitent des logiciels payants.

Pour développer une activité pratique à distance, nous suivant une méthode basse sur stratégie de mettre en place une architecture matérielle spécifique et de développer une

application Web générer par des interfaces pour facilite les tache au enseignant a créer sons TP et permettant à un étudiant distant de réaliser un expérience à distance. Dans la conception de cette système on a pris en considération la stabilité de la taille de la page Web pour s'adapte aux déférant appareilles sur laquelle en exécute le TP et même s'adapte aux connexions à faible débit et facile à intégrer dans la plate-forme d'éducation.

L'architecture matérielle et logicielle de notre système a été traitée dans le deuxième et troisième chapitre. Par la suite, nous avons présenté notre propre structure et abordé toutes les parties du système et familiarisées avec SGBD Postgres et l'ensemble des outils de programmation web.

Notre application est toujours extensible par d'autre développeurs pour des améliorations supplémentaires et l'ajout de nouvelles fonctionnalités ou pour la maintenir et l'adapter aux besoins émergent, en particulier les nouvelles technologies de communication mobile. Annexes

Annexes

Basse de données de système

Ensembles des tables de notre système.

```
invite de commandes - psql -> postgres
Microsoft Windows [version 10.0.19042.1023]
(c) Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

C:\Users\Houar>cd..
C:\Users>cd..
C:\>cd Program Files\PostgreSQL\13\bin
C:\Program Files\PostgreSQL\13\bin>psql -U postgres
Mot de passe pour l'utilisateur postgres :
psql (13.1)
Attention : l'encodage console (885) diffère de l'encodage Windows (1252).
Les caractères 8 bits peuvent ne pas fonctionner correctement.
Voir la section « Notes aux utilisateurs de Windows » de la page
référence de psql pour les détails.
Saisissez « help » pour l'aide.

postgres=# \c labo
Vous êtes maintenant connecté à la base de données « labo » en tant qu'utilisateur « postgres ».
labo=# \dt
          Liste des relations
-----
 Schema |      Nom      | Type | Propriétaire
-----+-----+-----+-----
 public | combobox     | table | postgres
 public | composants   | table | postgres
 public | digitale_multimetre | table | postgres
 public | experience    | table | postgres
 public | generator     | table | postgres
 public | image        | table | postgres
 public | instrument    | table | postgres
 public | oscilloscope | table | postgres
 public | power_supply | table | postgres
 public | radio_buttons | table | postgres
 public | slider       | table | postgres
 public | tp           | table | postgres
 public | users        | table | postgres
(13 lignes)

labo=#
```

FIGURE 33 – Basse de données en Postgres.

Gestionnaire de la commutation

Création du serveur node.js : déferant packages utilise au serveur.

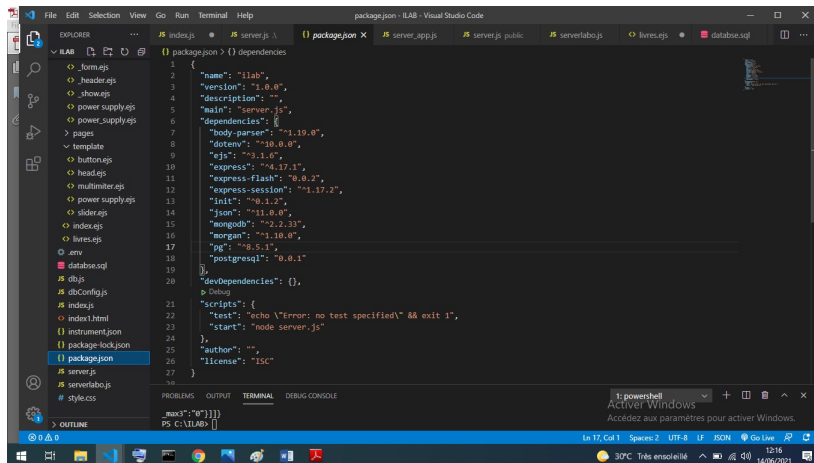


FIGURE 34 – ensemble packages de nodejs.

Références

- [1] V. Potkonjak, M. Gardner, V. Callaghan, P. Mattila, C. Guetl, V. M. Petrović, and K. Jovanović, “Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering : A review,” *Computers & Education*, vol. 95, pp. 309–327, 2016.
- [2] D. Nassima and M. F. B. GEH, “L’enseignement à distance : de l’autonomie vers l’interaction,” *Mémoire de Magistère en Français*, 2013.
- [3] Z. Nedic and A. Nafalski, “Suitability of scada for development of remote laboratories,” in *2013 10th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. IEEE, 2013, pp. 1–4.
- [4] J. Garcia-Zubia, P. Orduña, D. Lopez-de Ipina, and G. R. Alves, “Addressing software impact in the design of remote laboratories,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 56, no. 12, pp. 4757–4767, 2009.
- [5] P. Orduña, “Transitive and scalable federation model for remote laboratories,” *Universidad De Deusto, Bilbao, Spain, Thesis doctoral*, vol. 86, pp. 78–91, 2013.
- [6] D. Van Raemdonck, “De quoi le ‘groupe prédicatif second à noyau \emptyset ’est-il le nom ?” *Verbum*, vol. 36, no. 2, pp. 313–334, 2014.
- [7] E. O. Richter, M. V. Abramova, F. Cantu, J. DeAndres, P. Lierz, P. Manchiaro, J.-P. Van Buyten, J.-D. Kim, J.-H. Jang, G.-H. Jung et al., “Anterior epiduroscopic neural decompression : Eight-center experience in 154 patients,” *European Journal of Pain Supplements*, vol. 5, no. S2, pp. 401–407, 2011.
- [8] P. MAYOUX, “Thermalisme à bagneres de bigorre,” *Bulletin de la Société Ramond (Bagnères-de-Bigorre)*, no. 135, pp. 101–137, 2000.
- [9] T. Budai and M. Kuczmann, “Towards a modern, integrated virtual laboratory system,” *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 15, no. 3, pp. 191–204, 2018.
- [10] I. Grout, “Remote laboratories as a means to widen participation in stem education,” *Education Sciences*, vol. 7, no. 4, p. 85, 2017.

- [11] C. Salzmänn, S. Govaerts, W. Halimi, and D. Gillet, “The smart device specification for remote labs,” in Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV). IEEE, 2015, pp. 199–208.
- [12] I. Horváth, “The it device demand of the edu-coaching method in the higher education of engineering,” in 2017 8th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom). IEEE, 2017, pp. 000 379–000 384.
- [13] C. Gravier, “Vers la généralisation de manipulations distantes et collaboratives d’instruments de haute technologie,” Ph.D. dissertation, Université Jean Monnet-Saint-Etienne, 2007.
- [14] M. Dougiamas and P. Taylor, “Moodle : Using learning communities to create an open source course management system,” in EdMedia+ Innovate Learning. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2003, pp. 171–178.
- [15] R. Atterer, M. Wnuk, and A. Schmidt, “Knowing the user’s every move : user activity tracking for website usability evaluation and implicit interaction,” in Proceedings of the 15th international conference on World Wide Web, 2006, pp. 203–212.

<http://netlab.unisa.edu.au/>

<http://isilab.dibe.unige.it/>