

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique  
Centre Universitaire Nour Bachir El Bayadh



Institut des sciences  
Département de Technologie

**PROJET DE FIN DE CYCLE  
POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER  
ELECTRONIQUE DES SYSTEMES EMBARQUES**

INTITULE :

Pilotage à distance d'un système de contrôle pour un laboratoire  
distant

Soutenu le: /09/2020

Présenté par:

Mr. HEMIDI Benameur

Mr. BENALI Ghiet

Devant le Jury composé de:

Pr. Mokkadem Allel	CU NOUR Bachir EL Bayadh	Président
Dr. BELKHEIRA Sid Ahmed Hichem	CU NOUR Bachir EL Bayadh	Examinateur
Dr. ROUISSET Mehdi	CU NOUR Bachir EL Bayadh	Examinateur
Dr. BENALI Abdelkrim	CU NOUR Bachir EL Bayadh	Encadrant
Dr. BELKHEIR Mohammed	CU NOUR Bachir EL Bayadh	Co-Encadrant1
Dr. FARAH Said	Chercheur, Laboratoire XLIM, Limoges, France	Co-Encadrant2

Année Universitaire 2019 / 2020

## **Remerciements**

*Je tiens à remercier en premier lieu mon dieu Allah tout puissant qui m'a aidé et qui m'a donné la volonté et le courage pour la réalisation de ce travail.*

*Je tiens à remercier tout d'abord mes encadrants, le docteur BENALI Abdelkrim, Dr. BELKHEIR Mohammed et Dr. FARAH Said de l'université de Limoges pour la patience et l'encouragement qu'ils nous ont accordé le long de ce travail, pour la confiance et la compréhension qu'ils leurs conseils pour la rédaction de cette mémoire.*

*J'adresse mes remerciements au président du jury le professeur, Mokkadem Allel et les Docteurs, ROUISSET Mehdi et BELKHEIRA Sid Ahmed Hichem pour avoir acceptés d'être membres du jury en portant un intérêt particulier à mon travail.*

*Je veux aussi exprimer ma vive reconnaissance envers tous les enseignants de l'institut des sciences au Centre Universitaire Nour Bachir El-Bayadh et spécialement les enseignants de la spécialité master électroniques des systèmes embarqués, sans oublier nous chers collègues de promotion pour leurs aides et leurs vives encouragements pendant la réalisation du présent travail.*

	Table des matières	i
	Liste des figures	v
	Liste des tableaux	vii
	Liste des abréviations	x
	Introduction Générale	xii
	<b>Chapitre I</b> <b>Systèmes embarqués pilotables à distance SEPD</b>	
I.1	Introduction .....	1
I.2		1
I.3		3
I.3.1		4
I.3.2		5
I.3.3		5
I.3.4		5
I.3.5		6
I.4		10
I.4.1		10
I.4.1.1		10
I.4.1.2		12
I.4.2		22
I.4.2.1		23
I.4.2.2		27
I.4.2.3		29
I.5	Conclusion.....	38
	<b>Chapitre II</b> <b>Architecture logicielles et matérielles des laboratoires distants</b>	
II.1	Introduction.....	40
II.2		41
II.3		42
II.4		43

II.5		44
II.5.1		44
II.5.2		46
II.6		48
II.6.1		48
II.6.2		50
II.7		53
II.7.1		51
II.7.2		55
II.8		56
II.9	Conclusion..... ...	58
	<b>Chapitre III</b> <b>Mise en œuvre, résultats et discussions</b>	
III.1	Introduction.....	59
III.2		60
III.2.1		63
III.2.2		64
III.3.1		67
III.3.2		69
III.4		73
III.4.1		73
III.4.2		74
III.5	Conclusion.....	80
	<b>Conclusion générale</b>	127
	<b>Bibliographie</b>	129
	<b>Annexe A</b>	136
	<b>Annexe B</b>	137

## Liste des figures

Figure I.1 :	Modèle de cycle de vie de conception et de développement de systèmes embarqués.....	3
Figure I.2 :		4
Figure I.3 :		7
Figure I.4 :		8
Figure I.5 :		9
Figure I.6 :		10
Figure I.7 :		12
Figure I.8 :		14
Figure II.1:		44
Figure II.2 :		47
Figure II.3 :		48
Figure II.4 :		48
Figure II.5 :		49
Figure II.6:		50
Figure II.7 :		50
Figure III.1:		66
Figure III.2		67
Figure III.3 :		68
Figure III.4 :		69
Figure III.5 :		70
Figure III.6 :		71

## Liste des Abréviations

- **SEPD** : Systèmes embarqués pilotables à distance
- **TP** : Travaux pratiques.
- **CD** : *Compact Disc.*
- **DVD- ROM** : *Digital Versatile Disk - Read Only Memory.*
- **IOT** : *Internet of Things.*
- **IOE** : *Internet of Everything.*
- **SCPI** : *Standard Commands for Programmable Instruments.*
- **USB** : *Universal Serial Bus.*
- **RS-232** : *Recommended Standard 232.*
- **GPIB**: *General Purpose Interface Bus.*
- **RAM** : *Random-Access Memory.*
- **SDRAM** : *Synchronous Dynamic Random-Access Memory.*
- **IEEE** : *Institute of Electrical and Electronics Engineers.*
- **CNA** : *Convertisseur Numérique Analogique.*
- **HTML** :*HyperText Markup Language.*
- **CSS** : *Cascading Style Sheet.*
- **AJAX** : *Asynchronous JavaScript and XML.*
- **PHP** : *Hypertext Preprocessor.*
- **WSGI** : *Web Server Gateway Interface.*
- **JSON** :*Java Script Object Notation.*
- **XML** : *Extensible Markup Language.*

## **Introduction Générale**

Le .....

# **Chapitre I**

## **Systèmes embarqués pilotables à distance SEPD**

### **I.1 Introduction :**

Les systèmes embarqués sont des systèmes électroniques et informatiques autonomes, soumis des fortes contraintes énergétiques et temps réel.

Ce chapitre présente le lecteur au monde des systèmes embarqués qui ont envahi notre vie quotidienne. Donc, nous allons comprendre dans ce chapitre les bases du système embarqué temps réel à partir de son apparition jusqu'à les technologies de nouvelle génération comme l'Internet des Objets, les systèmes cyberphysiques et Big Data

### **I.2 Systèmes embarqués:**

Un système embarqué peut être défini comme un système électronique et informatique autonome, qui est dédié à une tâche bien précise, possédant des ressources d'ordre spatial (taille limitée) et énergétique (consommation restreinte) limitées. Le terme de « Système Embarqué » désigne aussi bien le matériel que le logiciel utilisé. Les systèmes embarqués exécutent des tâches prédéfinies et ont un cahier des charges contraignant à remplir,

#### **I.2.1 Conception de systèmes embarqués :**

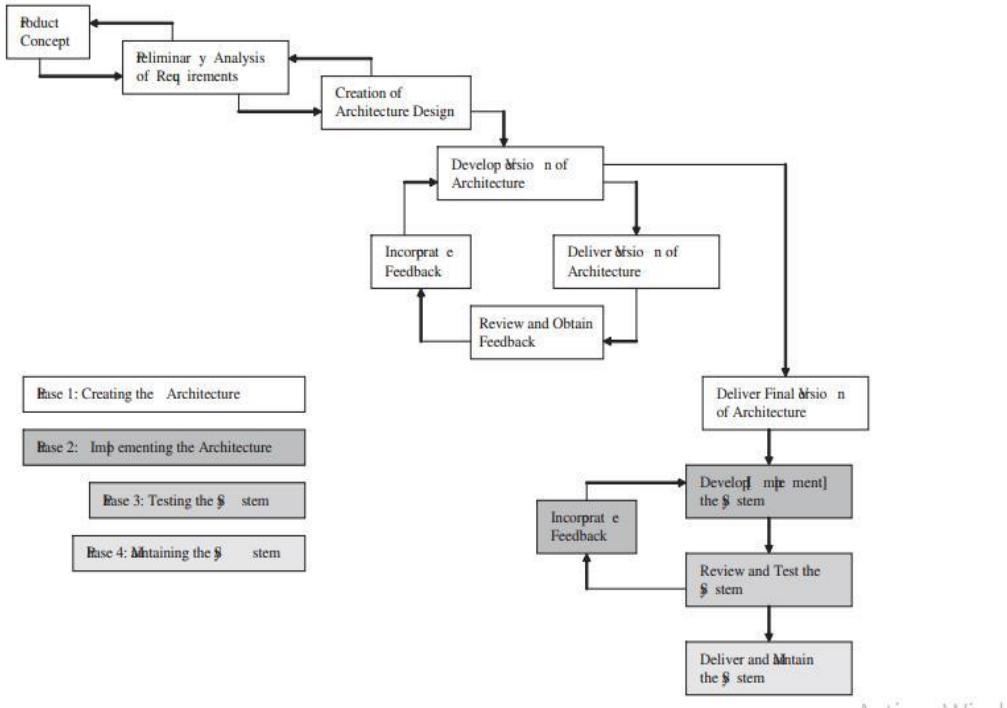
Lors de l'approche de la conception d'architecture de systèmes embarqués à partir d'un point d'ingénierie des systèmes De vue, plusieurs modèles peuvent être appliqués pour décrire le cycle de conception d'un système embarqué. La plupart de ces modèles sont basés sur une ou une combinaison des développements suivants modèles

- Le modèle du big-bang, dans lequel il n'y a pratiquement pas de planification ou de processus en place avant et pendant le développement d'un système.

-Le modèle de code et de correctif, dans lequel les exigences du produit sont définies mais pas formelles des processus sont en place avant le début du développement.

-Le modèle en cascade, dans lequel il existe un processus de développement d'un système par étapes, où les résultats d'une étape passent à l'étape suivante

-Le modèle en spirale, dans lequel il existe un processus pour développer un système par étapes, et tout au long des différentes étapes, des retours sont obtenus et réintégrés dans le processus.



**Figure I.1:** Modèle de cycle de vie de conception et de développement de systèmes embarqués

### I.2.3 Une introduction à l'architecture des systèmes embarqués:

L'architecture d'un système embarqué est une abstraction du dispositif embarqué, ce qui signifie qu'il s'agit d'une généralisation du système qui ne montre généralement pas de mise en œuvre détaillée des informations telles que le code source du logiciel ou la conception du circuit matériel. Au niveau architectural niveau, les composants matériels et logiciels d'un système embarqué sont plutôt représentés comme une composition d'éléments en interaction. Les éléments sont des représentations de matériel et / ou logiciel dont les détails d'implémentation ont été résumés, ne laissant que le comportement et les informations sur les relations. Les éléments architecturaux peuvent être intégrés en interne dans le périphérique intégré, ou existent à l'extérieur du système intégré et interagissent avec les éléments. En bref, une architecture embarquée comprend des éléments du système embarqué, des éléments interagissant avec un système embarqué, les propriétés de chacun des éléments individuels, et les relations interactives entre les éléments. Les informations au niveau de l'architecture sont représentées physiquement sous la forme de structures. Une structure est une représentation possible de l'architecture, contenant son propre ensemble d'éléments représentés, de propriétés et d'informations sur les relations. Une

structure est donc un «instantané» de le matériel et les logiciels du système au moment de la conception et / ou de l'exécution, compte tenu d'un environnement particulier et d'un ensemble d'éléments donné. Puisqu'il est très difficile pour un «instantané» de capturer tous les complexités d'un système, une architecture est généralement composée de plus d'une structure. Toutes les structures d'une architecture sont intrinsèquement liées les unes aux autres,

#### **I.2.4 Pourquoi l'architecture d'un système embarqué est-elle importante? :**

En bref, une architecture de systèmes embarqués peut être utilisée pour résoudre ces défis dès le début un projet. Sans définir ni connaître aucun des détails de mise en œuvre interne, l'architecture d'un appareil embarqué peut être le premier outil à analyser et à utiliser en tant que haut niveau plan définissant l'infrastructure d'une conception, les options de conception possibles et les contraintes de conception. Ce qui rend l'approche architecturale si puissante, c'est sa capacité à communiquer rapidement un design à une variété de personnes avec ou sans formation technique, agissant même comme une fondation dans la planification du projet ou la conception d'un appareil. Parce que il définit clairement les exigences du système, une architecture peut servir de base solide pour analyser et tester la qualité d'un appareil et ses performances dans diverses circonstances. De plus, si elle est comprise, créée et exploitée correctement, une architecture peut être utilisée pour estimer avec précision et réduire les coûts grâce à sa démonstration des risques liés à la mise en œuvre des différents éléments, permettant d'atténuer ces risques. Enfin, les différents les structures d'une architecture peuvent ensuite être utilisées pour concevoir de futurs produits avec des caractéristiques, permettant ainsi la réutilisation des connaissances de conception et entraînant une futur coûts de conception et de développement.

Comprendre l'architecture d'un système embarqué est une composante essentielle de bonne conception du système. En effet, en plus des avantages énumérés ci-dessus:

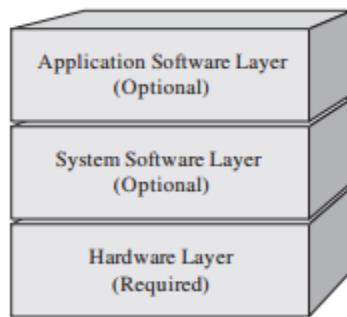
1. Chaque système embarqué possède une architecture, qu'elle soit ou non documentée, parce que chaque système embarqué est composé d'éléments en interaction (qu'ils soient matériels ou logiciels). Une architecture par définition est un ensemble de représentations de ces éléments et leurs relations. Plutôt que d'avoir une architecture défectueuse et coûteuse forcé sur vous en ne prenant pas le temps de définir une

architecture avant de commencer le développement, prenez le contrôle de la conception en définissant d'abord l'architecture.

2. Parce qu'une architecture intégrée capture diverses vues, qui sont des représentations du système, elle est un outil utile pour comprendre tous les principaux éléments, pourquoi chaque composant est là, et pourquoi les éléments se comportent comme ils le font. les éléments d'un système embarqué fonctionnent dans le vide. Chaque élément d'un l'appareil interagit avec un autre élément d'une manière ou d'une autre. De plus, en externe les caractéristiques visibles des éléments peuvent différer étant donné un ensemble différent d'autres travailler avec. Sans comprendre les «pourquoi» derrière la fonctionnalité, les performances, etc. d'un élément, il serait difficile de déterminer comment le système fonctionnerait. se comporter dans une variété de circonstances dans le monde réel. Même si les structures architecturales sont brutes et informelles, c'est encore mieux que rien. Comme étant l'architecture transmet d'une manière ou d'une autre les composants critiques d'une conception et leurs relations entre eux, elle peut fournir aux membres du projet des informations l'appareil peut répondre à ses exigences et comment un tel système peut être construit avec succès

### I.2.5 Le modèle des systèmes embarqués:

Ce que le modèle de systèmes embarqués indique, c'est que tous les systèmes embarqués partagent une similitude au plus haut niveau; c'est-à-dire qu'ils ont tous au moins une couche (matériel) ou toutes les couches (matériel, logiciel système et logiciel d'application) dans lequel tous les composants entrent. La couche matérielle contient tous les principaux composants physiques situés sur une carte embarquée, tandis que les couches système et logiciel d'application contiennent tous les logiciels situés sur et en cours de traitement par le système embarqué. Ce modèle de référence est essentiellement une représentation en couches (modulaire) d'une architecture de systèmes dont une structure architecturale modulaire peut être dérivée [1].



**Figure I.2:** Modèle de systèmes embarqués

#### I.2.6 Systèmes embarqués pilotables à distance SEPD :

Les termes de « système embarqué pilotables à distance » désignent aussi bien le matériel que le logiciel utilisés. Pour concevoir un système embarqué qui peut être contrôlé à distance, il faut généralement combiner des compétences en électronique, en informatique industrielle et en automatique, et le réseau informatique. Les Systèmes Embarqués pilotables à distance sont présents dans la très grande majorité des équipements, produits et réseaux actuels

#### I.2.7 Caractéristiques principales d'un système embarqué:

Les principales caractéristiques d'un système embarqué sont les suivantes :

- C'est un système principalement numérique.
- Il met en œuvre généralement un processeur.
- Dédié pour une application spécifique.
- Coût réduit.
- Espace restreint (volume, capacité mémoire).
- Capacité de calcul appropriée et adaptée.
- Exécution temps réel.
- Fiabilité et sécurité de fonctionnement.
- Consommation d'énergie maîtrisée, voir très faible en cas d'utilisation sur batterie.

#### I.2.8 Domaines d'application d'un système embarqué :

Les grands secteurs de l'embarqué concernent les domaines suivants :

- Contrôle de systèmes : automobile, process chimique, process nucléaire, système de navigation...

- Traitement du signal : radar, sonar, compression vidéo.
- Communication et réseaux : transmission d'information et commutation, téléphonie, Internet, serveur de temps, pare-feu.
- Électroménager : télévision, four à micro-ondes, machine à laver ...etc.
- Informatique : disque dur, lecteur de disquette, etc.
- Équipement médical

### I.3 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.

#### I.3.1 Définition des travaux pratiques:

-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 apprises en suivant les consignes de l'enseignant.

#### I.3.2 Les objectifs pédagogiques d'un TP:

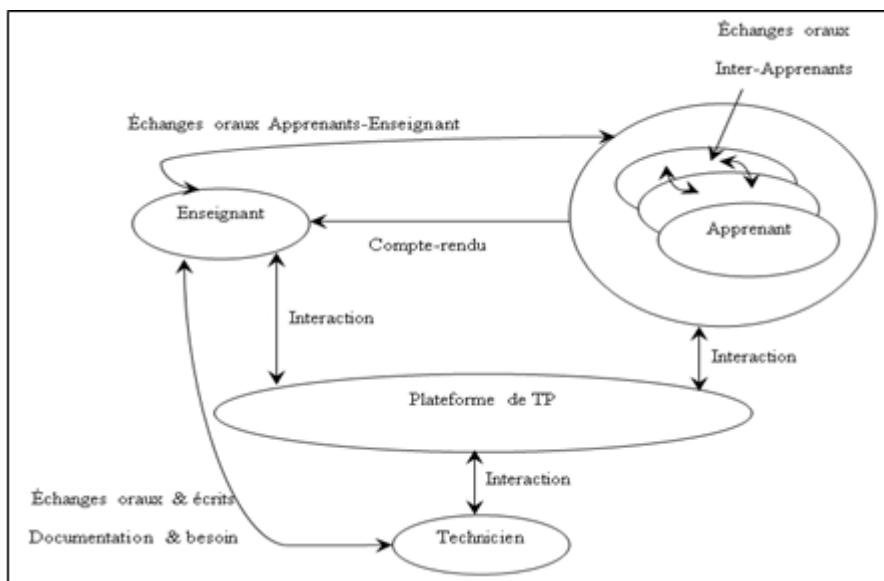
Les objectifs pédagogiques des travaux pratiques sont [Coop, 2002] :

- 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

### I.3.3 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 Fig.1.1 illustre les interactions lors d'une séance de TP :



**Figure I.3:** les interactions lors d'une séance de TP classique.

### I.3.4 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.

### I.3.5 Les limites d'un TP:

Les travaux pratiques classiques présentent quelques limitations intrinsèques :

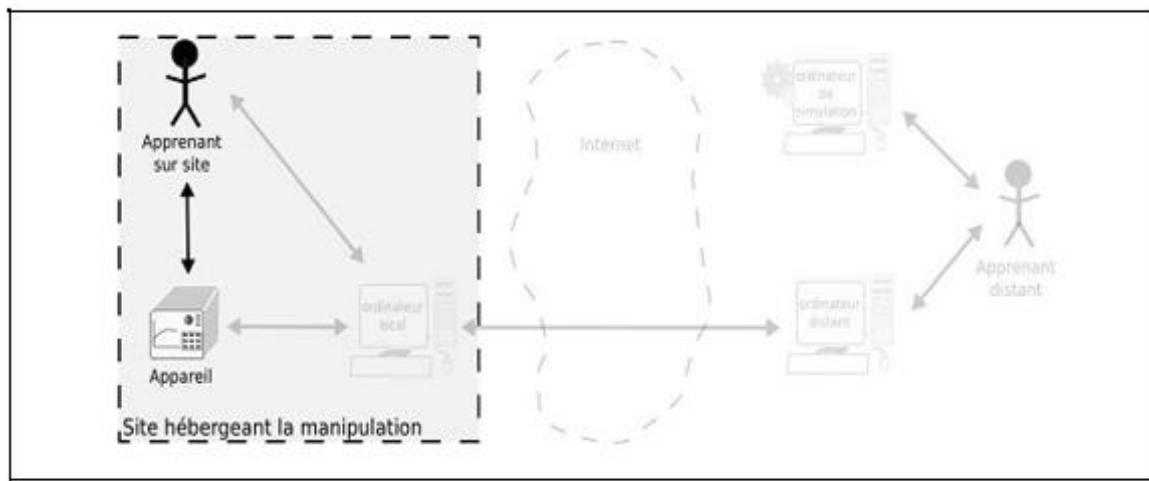
- Le temps: les tranches horaires sont limitées dans l'emploi du temps de TP peuvent ne pas avoir lieu dans l'ordre le plus approprié pour certains groupes. En outre, les contraintes des emplois du temps font que certains TPs arrivent avant le cours.
- La documentation : dans le pire des cas, le sujet 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.

### I.3.6 Les travaux pratiques (TPs) 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).

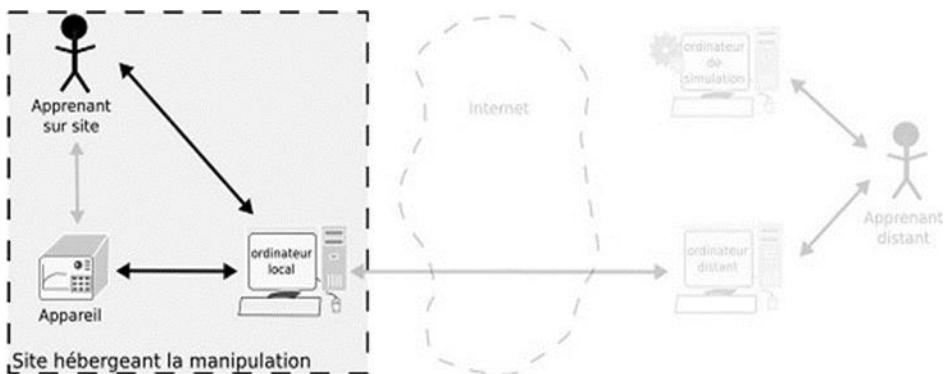
### I.3.7 Laboratoires locaux assistés ou non par l'ordinateur:

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 I.4). 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 I.4:** 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 I.5).

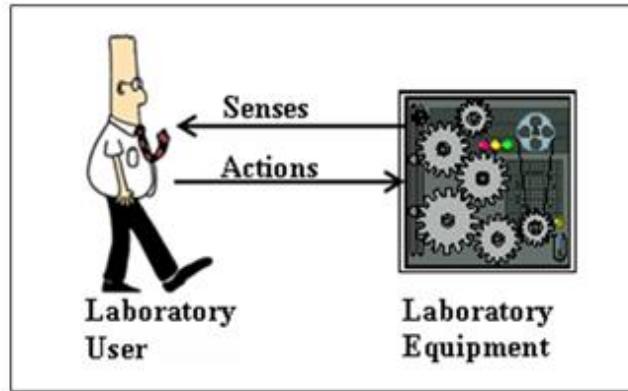


**Figure I.5:** Laboratoire local assisté par ordinateur [GRAV, 2007].

La manipulation est direct 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.

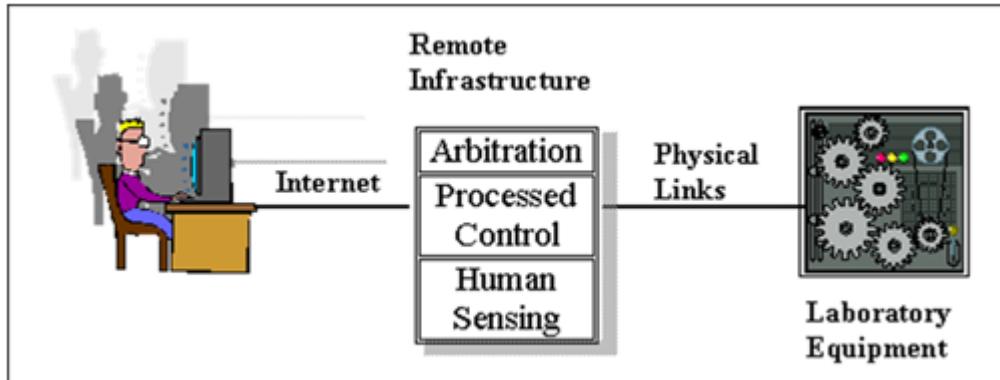
#### I.4 Laboratoire à distance :

Les laboratoires distants permettent aux utilisateurs d'effectuer des expériences et des tâches de laboratoire sur Internet sans être à proximité de l'équipement réel. Dans un laboratoire proximal traditionnel, l'utilisateur interagit directement avec l'équipement en effectuant des actions physiques (par exemple en manipulant avec les mains, en appuyant sur les boutons, en tournant les boutons) et en recevant un retour sensoriel (visuel, audio et tactile).



**Figure I.6 : laboratoire proximal**

Dans un laboratoire distant, cette même interaction a lieu à distance avec l'aide de l'infrastructure distante. Il s'agit d'une nouvelle couche qui se situe entre l'utilisateur et l'équipement de laboratoire. Il est chargé de transmettre les actions de l'utilisateur et de recevoir les informations sensorielles de l'équipement.

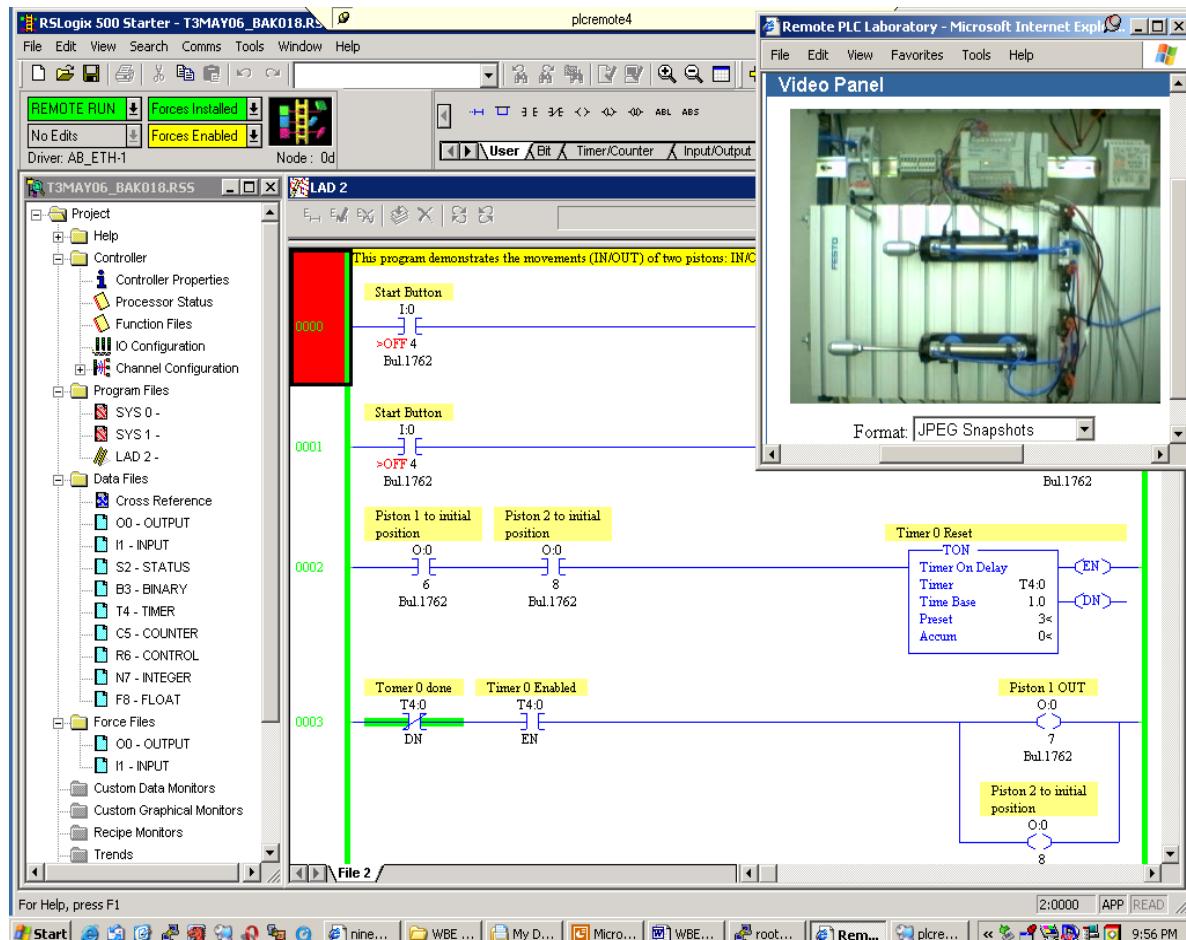


**Figure I.6 : laboratoire distant**

Du côté de l'utilisateur, l'infrastructure distante remplit les fonctions clés suivantes:

-Fournit une interface utilisateur qui permet à l'appareil d'expérience d'être surveillé et utilisé.

-Gère l'accès au laboratoire pour garantir qu'un seul utilisateur peut utiliser une expérience à la fois



**Figure I.7 : exemple laboratoire distant**

Côté équipement, l'infrastructure distante remplit les fonctions clés suivantes:

-Surveille l'appareil, par ex. grâce à l'utilisation de caméras vidéo, de microphones et d'autres capteurs.

-Contrôle l'appareil, par ex. par l'utilisation d'interfaces d'E / S, de moteurs ou d'autres actionneurs

-Garantit que l'expérience est «nettoyée» à la fin de la session d'un utilisateur en réinitialisant automatiquement l'appareil ou en le mettant dans un état stable.

#### I.4.1 Laboratoire virtuel :

Il existe plusieurs définitions des laboratoires virtuels dans la littérature. Selon (James, 1999), un laboratoire virtuel est défini comme : « un espace de travail électronique pour la collaboration à distance et l'expérimentation dans la recherche ou dans d'autres activités créatives, en vue de générer et de diffuser des résultats au moyen de technologies partagées de l'information et de la communication». Cette définition désigne beaucoup plus les laboratoires de recherche que les laboratoires scientifiques et techniques. (Alexiou, Bouras, Giannaka, 2004) définissent les laboratoires virtuels comme étant des environnements informatiques qui simulent les expériences qui peuvent avoir lieu dans un laboratoire réel en utilisant la technologie de la réalité virtuelle. (Saliah-Hassan, 2011) caractérise les laboratoires virtuels par des simulations de scénarios expérimentaux modulaires conçus pour être mis en œuvre à partir d'un ou plusieurs ordinateurs. Les modèles mathématiques sont mis à contribution pour s'approcher le plus près de la crédibilité des simulations représentant des concepts théoriques ou des dispositifs réels. Dans certains cas, il n'est pas possible de simuler des scénarii expérimentaux ou le comportement de dispositifs réels. C'est le cas où les modèles mathématiques sont trop complexes, par manque de disponibilité de puissance de calcul ou quand les délais des traitements informatiques sont longs. Par conséquent, le recours vers les laboratoires réels à distance est une solution prometteuse.

D'après ces définitions, nous proposons la notre : « les LV sont des environnements virtuels de Télé-TP, qui permettent aux apprenants la réalisation des expériences d'une façon individuelle ou collaborative via les programmes de simulation ». (**Thèse mechta**)

#### I.4.2 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. (MINF71)

### I.5 L'apprentissage dans laboratoire d'ingénierie

Maintenant, l'enseignement est basé sur la recherche sur une idée constructiviste, que l'apprentissage est un processus par lequel l'étudiant construit ses propres idées qui sont

reliées à d'autres idées dans des réseaux de plus en plus complexes. Le modèle constructiviste, lorsqu'il est pratiqué, est un changement radical par rapport aux pratiques traditionnelles d'enseignement et d'apprentissage. Les enseignants sont souvent mal informés de ces nouveaux modèles d'apprentissage [15][16] et de leurs implications pour l'enseignement en classe et dans l'élaboration de curriculum. Les comportements en classe de nombreux enseignants continuent de suggérer la croyance traditionnelle selon laquelle les connaissances sont directement transmises aux bons élèves et qu'il faut s'en souvenir comme transmis. Dans les sciences dites expérimentales, le laboratoire est le lieu dans lequel les étudiants développent leur compréhension des concepts scientifiques, des compétences de recherche scientifique et des perceptions de la science. Le laboratoire de sciences est un environnement d'apprentissage unique aussi, il est un cadre dans lequel les étudiants peuvent travailler en petits groupes pour étudier des phénomènes scientifiques. Hofstein et Lunetta [17] et Lazarowitz et Tamir[18] ont suggéré que les activités de laboratoire ont le potentiel d'améliorer les relations constructives sociales ainsi que les attitudes positives et la croissance cognitive. L'environnement social dans un laboratoire est généralement moins formel que dans une salle de classe conventionnelle ainsi, le laboratoire offre des possibilités d'interactions productives et coopératives entre les étudiants et avec l'enseignant qui ont le potentiel de promouvoir un environnement d'apprentissage particulièrement positif. L'environnement d'apprentissage dépend beaucoup de la nature des activités menées dans le laboratoire, des attentes de l'enseignant (et des étudiants) et de la nature de l'évaluation. Ceci est partiellement affecté par les matériaux, les équipements, ressources et environnement physique, mais l'environnement d'apprentissage qui produit est beaucoup plus que la fonction et les attentes de l'apprentissage, la coopération et les interactions sociales entre les étudiants et les enseignants, la nature de la recherche menée dans le laboratoire

## I.6 Impact socio-économique

### I.6.1 Les effets de l'économie numérique sur la croissance des pays émergents :

La révolution des technologies de l'information et de la communication nous a inspiré aujourd'hui que le monde entier a changé et que les méthodes scientifiques et professionnelles ont changé avec lui, transformant l'espace virtuel en une réalité tangible dans divers domaines et spécialités vitales des économies nationales. L'économie

numérique étant le principal bénéficiaire de ces technologies modernes, de sorte que dans la plupart des pays du monde, des ministères spécialisés y étaient dévoués et intéressés. En outre, le plus important bénéficiaire de toutes ces technologies et technologies, nous mentionnons principalement les économies émergentes des pays d'Asie du Sud-Est et certains pays arabes qui ont misé sur ce type d'économie émergente et prometteuse, qui est devenue l'épine dorsale du développement économique et le principal catalyseur de la croissance économique. Mais cela n'est pas suffisant en soi. Au contraire, ces pays ont encore besoin de plus de soutien dans leur infrastructure numérique en concentrant les centres de recherche et d'innovation dans le domaine des technologies de l'information et de la communication et en créant leurs propres produits, loin du cycle du copier-coller des innovations technologiques des pays développés. La mondialisation numérique a transformé le monde entier en un petit village ou plutôt une petite pièce dans laquelle les distances et les temps ont été réduits pour mettre en évidence de nouveaux types de commerce et de marketing qui sont devenus des paris sur les technologies via Internet, la propagation des centres d'appels, l'enseignement à distance, les bibliothèques numériques, les services électroniques et d'autres technologies Trop sophistiqué pour devenir le principal robot humanoïde, ce qui a fait de ce réseau virtuel un espace intégré de dimensions et d'objectifs au cœur desquels se trouvent les transactions financières et les échanges commerciaux sur simple pression d'un bouton d'ordinateur. La liquidité financière dans cet espace virtuel a été estimée en milliards de dollars, selon des rapports d'experts dans le domaine, de sorte que le commerce et l'achat d'actions et d'obligations sont devenus accessibles à tous dès qu'il est entré sur le Web et a expédié sa carte de crédit, puis investi dans des monnaies numériques ou électroniques en les achetant et en les vendant sur les marchés connus sous le nom de "Forex". . Quant aux projets numériques modernes, ils ont également contribué à revitaliser le mouvement économique des pays à économie en croissance, qui ont parié sur les technologies en diversifiant leurs produits industriels en électronique et en soutenant l'innovation dans l'espace virtuel. Et certains pays arabes émergents qui exploitent de plus en plus ces technologies dans tous leurs services gouvernementaux et incitent davantage les investisseurs locaux et étrangers à créer des projets numériques à haut rendement.

## I.7 Conclusion

Nous sommes donc aujourd'hui entourés, on pourrait presque dire envahis, par les systèmes embarqués puisqu'ils sont présents absolument partout. La conception de ces systèmes pose de nombreuses contraintes spécifiques : consommation d'énergie, encombrement, parcimonie des ressources matérielles disponibles, etc. Quelque soit le contexte de l'application embarquée à développer, les logiciels libres offrent des solutions viables aussi bien techniquement qu'économiquement

## Chapitre II

### Architecture logicielles et matérielles des laboratoires distants

#### **II.1 Introduction**

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. Comme nous découvrirons aussi dans ce chapitre de nombreux laboratoires existants.

A la fin de ce chapitre, nous donnons une description globale de notre contribution sur les laboratoires distants que nous avons nommé projet **LABORATOIRE DE TECHNOLOGIE EL BAYADH (LABTEC)**.

#### **II.2 iLAB :**

Le projet iLab (<http://ilab.mit.edu/wiki>) a été mené au Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.) en 1998 par J. A. del Alamo. Une première version, appelée MicroelectronicsWebLab, était développée à base d'une applet Java qui permet d'envoyer des requêtes à un serveur connecté directement à l'instrument de mesure en utilisant la technologie ASP de Microsoft [32]. La vision d' iLab est de partager des équipements coûteux et le matériel pédagogique associé à des expériences de laboratoire avec un public le plus large possible au sein de l'enseignement supérieur en fournissant une infrastructure commune à toutes les expériences. Ces expériences ont ciblé principalement la microélectronique, le génie chimique, la cristallisation des polymères, l'ingénierie structurelle et le traitement du signal [32][33].

##### **II.2.1 Partie logicielle**

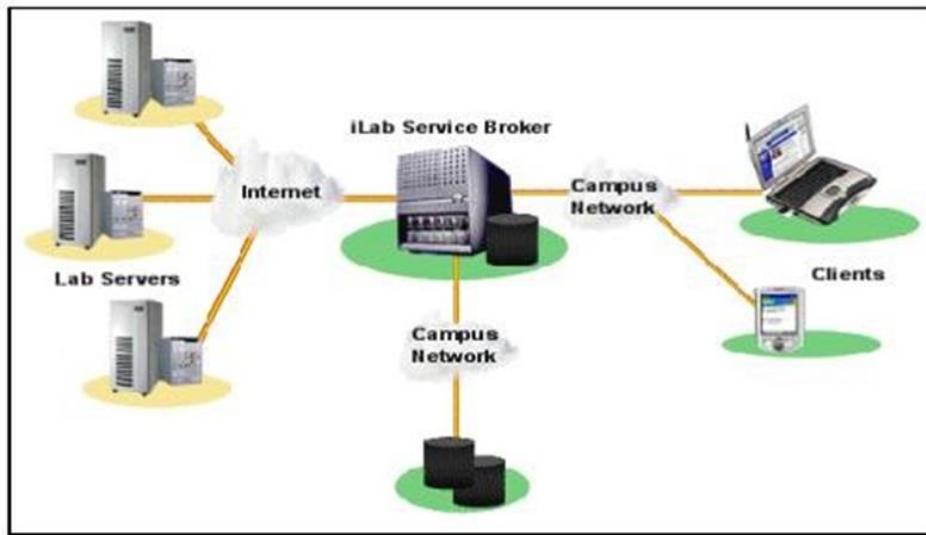
La partie logicielle d'iLab tente de fournir un contexte et logiciel personnalisé pour devenir un laboratoire en ligne. Ses caractéristiques principales sont les suivantes :

- Elle permet de développer des expériences sur plate-forme et systèmes d'exploitation différents
- permet le partage d'expériences entre différentes universités ;

- fournit des outils de gestion efficaces pour les fournisseurs de laboratoire ;
- à une conception évolutive.

L'architecture globale nommée iLab Shared Architecture (ISA) [32], [34] schématisée dans la figure 5, se décompose en trois modules connectés par des services Web :

- Le serveur de laboratoire : il contrôle la partie matérielle et est géré par le fournisseur du laboratoire ;
- Le client qui tourne sur le poste de l'utilisateur distant et fournit l'interface graphique de manipulation ;
- Le courtier de service (Service Broker) sert d'intermédiaire entre le serveur et le client et fournit les services de stockage, d'administration. Il peut être commun à plusieurs laboratoires d'une même université.

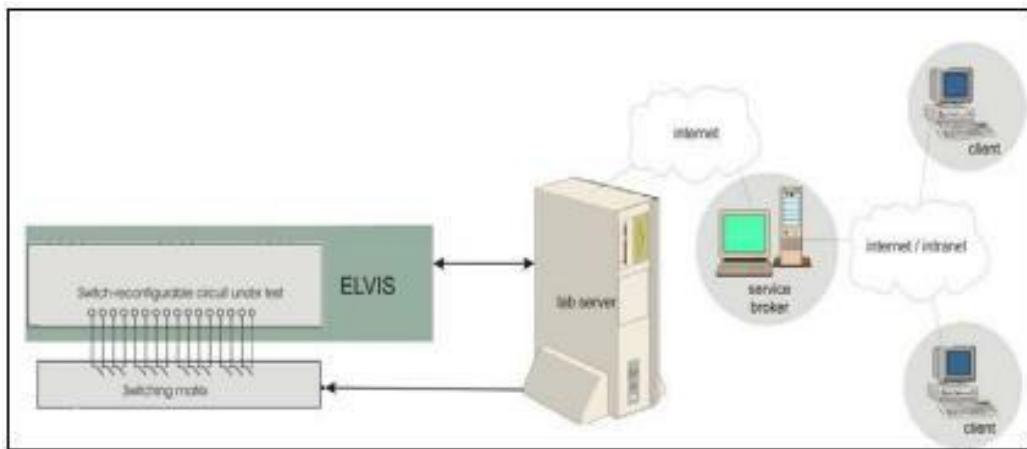


**Figure II.4 :** Architecture d'iLab [34].

### II.2.2 Partie matérielle

Pour contrôler les instruments de mesure et la matrice de commutation utilisée dans l'iLab, 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 (National Instrument Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite [35]. Parmi les instruments disponibles sur NI-ELVIS : un générateur de fonctions, un oscilloscope, un 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 II.5**) [33].



**Figure II.5 :** Architecture d'iLab basée sur plateforme ELVIS [33].

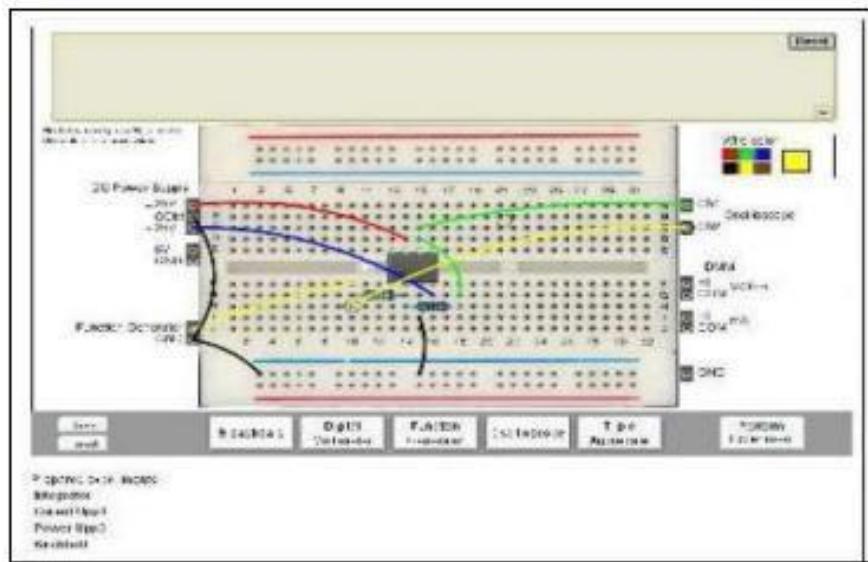
### II.3 Projet VISIR

L'institut de technologie « Blekinge Institute of Technology » (BTH) en Suède a développé un projet appelé VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality), conjointement avec National Instruments aux états unis comme fournisseur d'équipement de mesure et AxiomEduTech en Suède comme fournisseur de solutions éducatives, techniques et logicielles. Ce projet a diffusé un concept de deux laboratoires en ligne, créé à BTH en utilisant des techniques open sources, en collaboration avec d'autres universités et organisations. Le premier laboratoire concerne les expériences de mesures électriques. Le deuxième laboratoire concerne des expériences mécaniques de vibration. Le concept est basé sur l'ajout d'une commande à distance des laboratoires à l'enseignement classique, pour que ces derniers soient plus accessibles.

L'objectif global du projet VISIR, vise à accroître l'accès à l'équipement expérimental dans plusieurs domaines. En effet, ce projet a mis en place des laboratoires en ligne partagés,

ces derniers sont créés par des universités en coopération avec les fournisseurs des instruments. Mettre ces laboratoires en ligne, facilite le partage du matériel pédagogique et l'apprentissage pour encourager les étudiants.

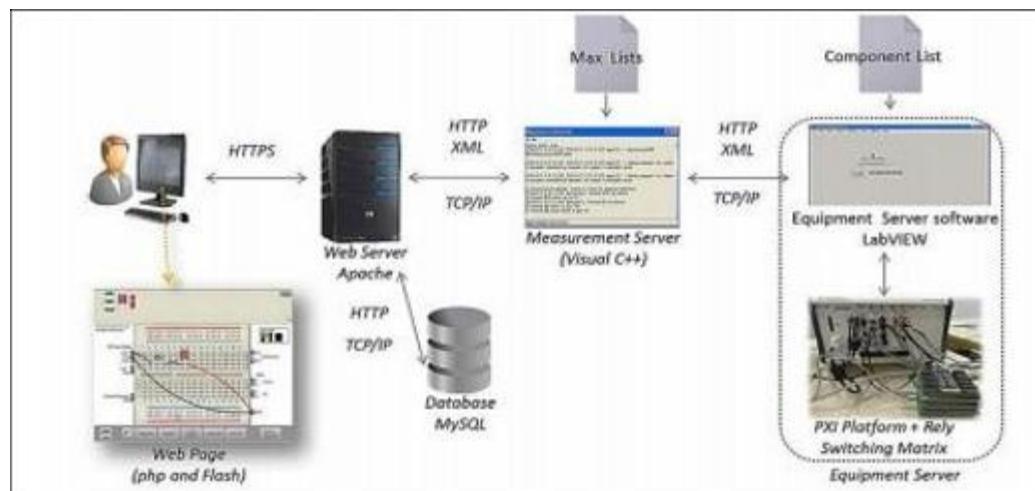
La figure II-6 représente une plaque d'essai virtuel qui donne aux utilisateurs la possibilité de créer leur circuit.



**Figure II.6 :** Une carte de test virtuel utilisée dans [36].

### II.3.1 Partie logicielle

La plate-forme logicielle utilisée pour développer le laboratoire VISIR est représentée par la Figure 8. Le projet VISIR est open source, la documentation et les codes source sont accessibles à partir de l'url <http://openlabs.bth.se/>.



**Figure II.7 :** Architecture de projet VISIR [36].

La plate-forme met en œuvre différents serveurs :

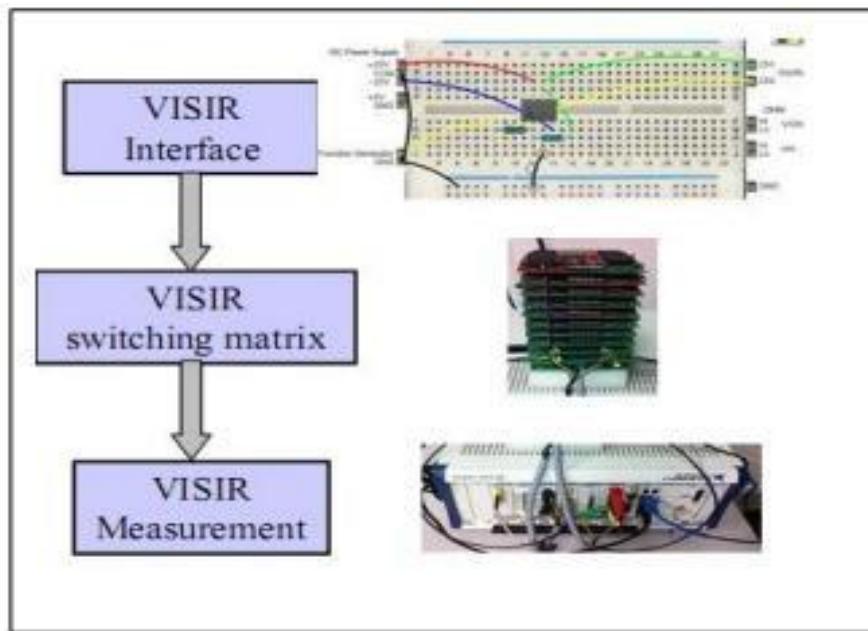
- Le serveur web assure le lien entre l'étudiant distant et l'expérience située à l'université.
- Le serveur de mesure a pour rôle principal de répondre aux requêtes de mesure envoyées par les clients. Ces requêtes sont codées en utilisant un protocole d'expérimentation contenant les paramètres et les 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 à l'équipement. Ce serveur 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. Il a été développé en Labview de National Instruments [32].

L'interface utilisateur utilisée pour créer et tester le circuit a été développée en flash dans un premier temps puis en HTML/JavaScript[32][37].

L'authentification et les files d'attente sont également traitées. 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.

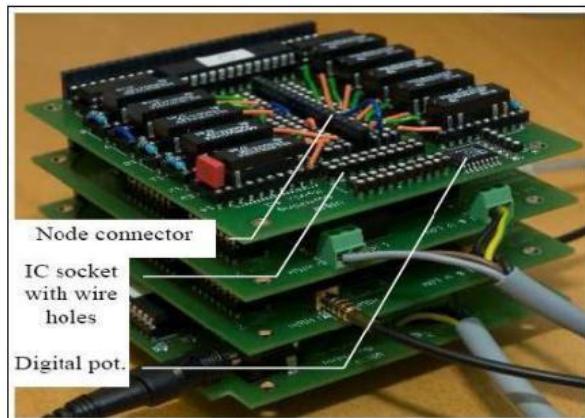
### **II.3.2 Partie matérielle**

Le projet VISIR donne la possibilité de câblage du circuit à distance en utilisant une maquette virtuelle associée à système matricielle de relais de commutation. Il vise à d'appliquer une norme internationale, ce qui permet à des équipes à travers le monde d'améliorer et de développer cette approche puissante dans les laboratoires en ligne, en utilisant un logiciel standard comme IVI (Interchangeable Virtuels Instruments), des plates-formes d'équipements tels que PXI (PCI eXtensionsfor Instrumentation) et LXI (LAN Extensions for Instrumentation) [32]. La Figure II-8 montre l'infrastructure matérielle du projet de VISIR.



**Figure II.8 : Le TP de VISIR[32].**

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 fonctions, multimètre et alimentation. Tous ces instruments devraient être de National Instruments, parce que le serveur d'équipement fonctionne avec ces pilotes. Pour que l'utilisateur puisse construire un vrai circuit via l'interface Web, VISIR utilise une matrice de commutation propriétaire (figure II-9) 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 en 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 créé par ces connecteurs empilés peut être un nœud dans un circuit souhaité[63]



**Figure II.9 :** Matrice de commutation de relais[36].

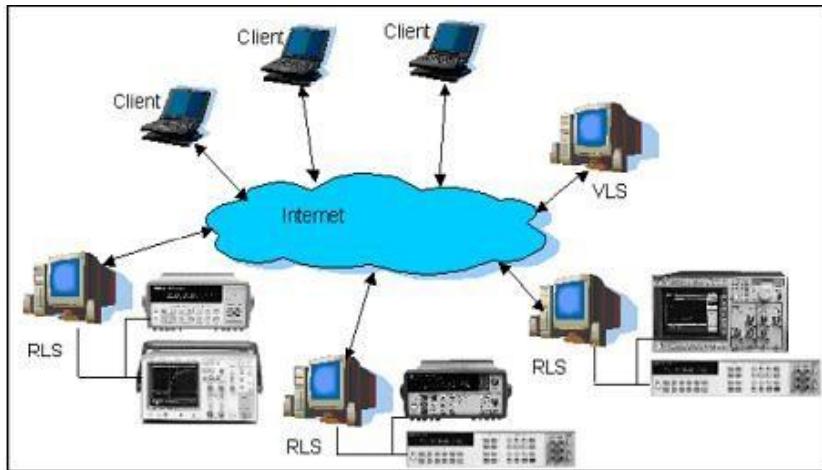
Dans une session de VISIR, l'étudiant peut créer le circuit à distance par un navigateur web tandis que le serveur de mesure et le serveur d'équipement sont chargés de réaliser ce circuit sur la matrice de commutation.

## II.4 ISILAB

ISILab « Internet Shared Instrumentation Laboratory» est un laboratoire à distance développé par l'Université de Gênes (Italie). 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. Les expérimentations portent sur des mesures d'électronique 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 [40][41].

### II.4.1 Partie Logicielle

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 effectuer des expériences. Cependant, chaque TP dans le laboratoire ISILab nécessite un serveur comme le montre la figure II-10.



**Figure II.10 :** Architecture d'ISILab[40].

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-upLanguage)[42]. ISILab a développé ces méthodes pour donner une applet Java qui fonctionne avec ces fichiers de configuration XML[32][41].

#### II.4.2 Partie matérielle

ISILab supporte à la fois les instruments autonomes et ceux connectés sur ordinateur (PCI, PXI, GPIB, etc.). Il rend transparent le matériel à l'aide d'une interface de programme d'application homogène dans un serveur de laboratoire [41]. 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 II-11).

Chaque carte a dix-huit lignes pour fournir 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 serveur de laboratoire, 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 [40].

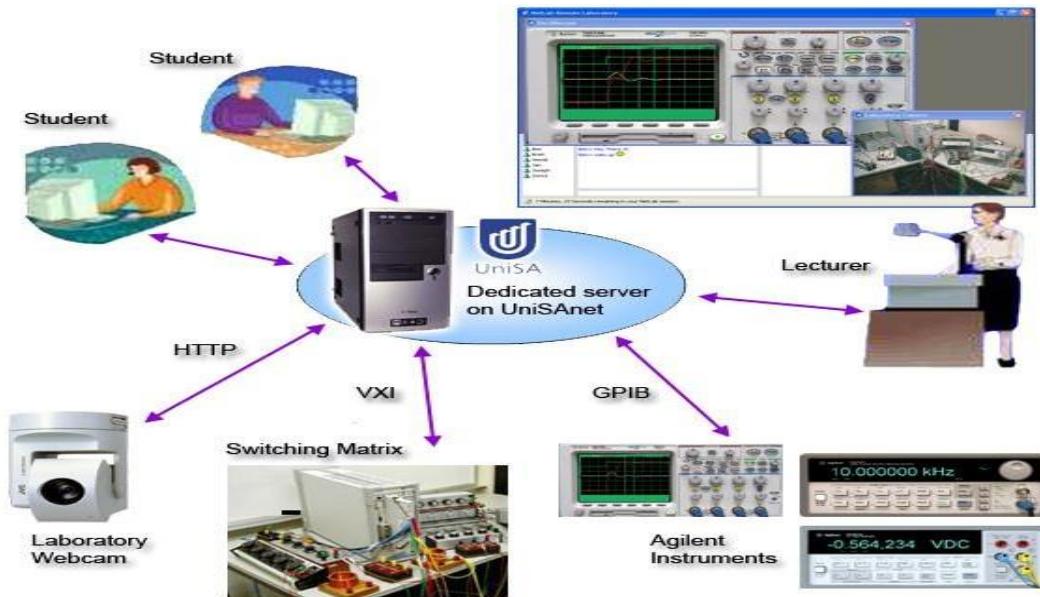


**Figure II.11 :** Carte mère (ISIboard) avec les cartes d'expériences[41].

## II.5 NETLAB

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 [43] [44]. La Figure II-12 montre l'architecture de base de NetLab.



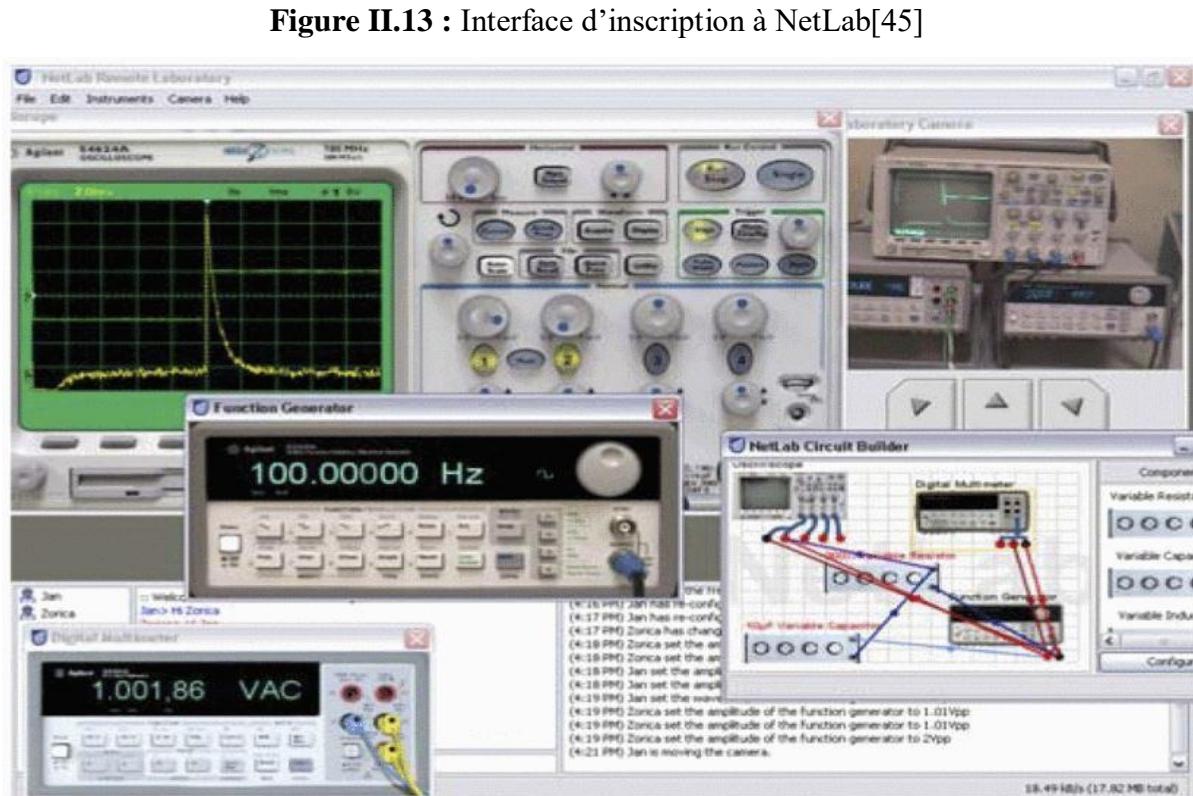
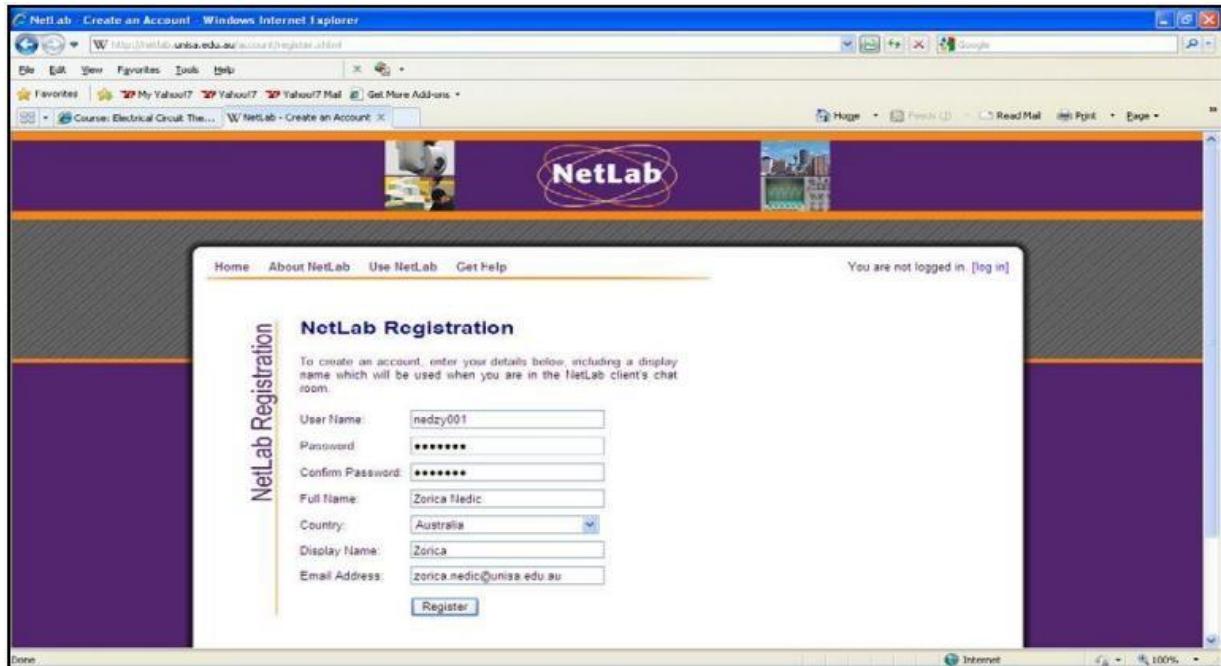
**Figure II.12 :** Architecture de NETLAB[44]

Un système réel situé dans un laboratoire est connecté au serveur NetLab via GPIB (General Purpose Interface Bus). Le serveur est connecté à Internet. Les appareils réels sont ensuite contrôlés à distance sur Internet par un utilisateur à partir d'un emplacement distant.

### II.5.1 Partie logicielle

NetLab est une application développée en Java. Elle contient les interfaces des instruments dessinées avec le logiciel Java 2D drawing. Elle fonctionne sur n'importe quel système d'exploitation à condition qu'il dispose d'une installation de l'environnement d'exécution Java SE, version 3.0 ou ultérieure. Pour exécuter l'application NetLab, les étudiants doivent télécharger et installer une applet en créant un raccourci sur le bureau.

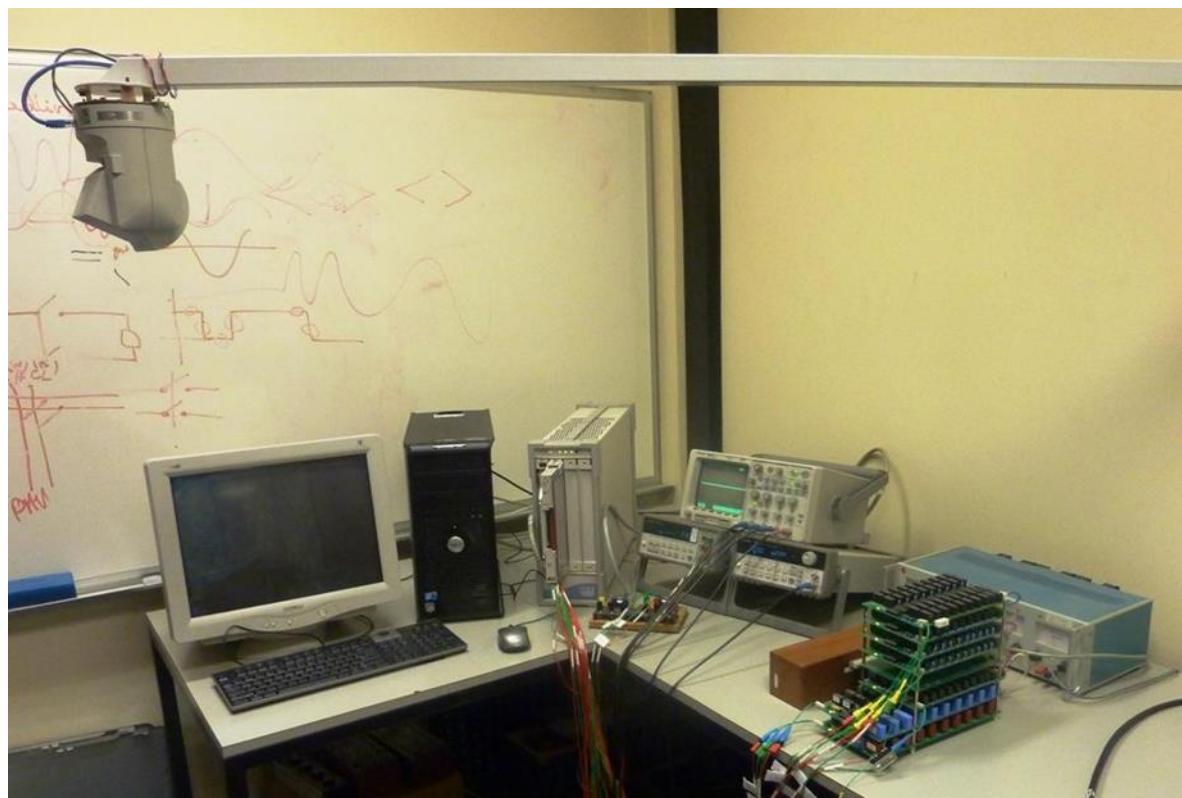
L'accès à NetLab est libre, moyennant la création d'un compte sur la plateforme et la réservation d'un slot horaire comme le montre la figure II-13 [44].



La figure II.14 représente l'interface graphique qui permet aux étudiants de contrôler les instruments de la même manière que s'ils travaillaient dans le vrai laboratoire. La figure précédente comprend un oscilloscope, un générateur de fonctions, un multimètre, le circuit Builder (pour connecter des périphériques et composants distants), une caméra Web et des fenêtres de communication et d'état.

### II.5.2 Partie matérielle

Le laboratoire dispose des instruments suivants : un oscilloscope, un générateur de signaux, un multimètre, et une matrice de commutation. Ils peuvent être tous contrôlés en ligne. L'utilisateur peut télécharger les données de l'expérience à distance sur son PC pour un traitement ultérieur [44] [45]. La figure 16 montre les équipements et la matrice de commutation de NetLab.



**Figure II.15:** La plate-forme physique de NetLab[45].

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 comprend: 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 [44] [43].

La figure II.16 montre l'interface graphique pour générer un circuit dans le laboratoire NetLab.

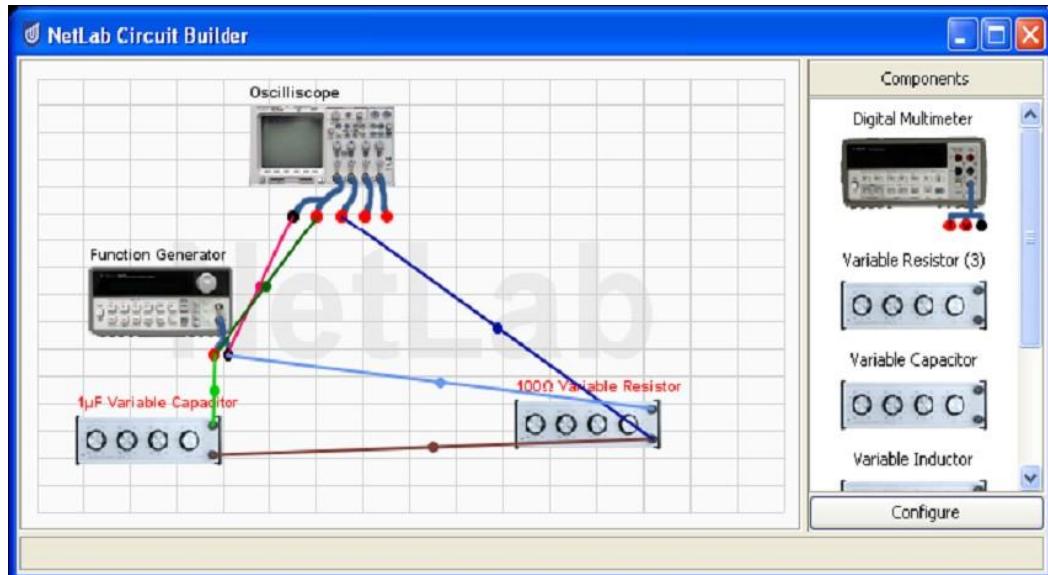
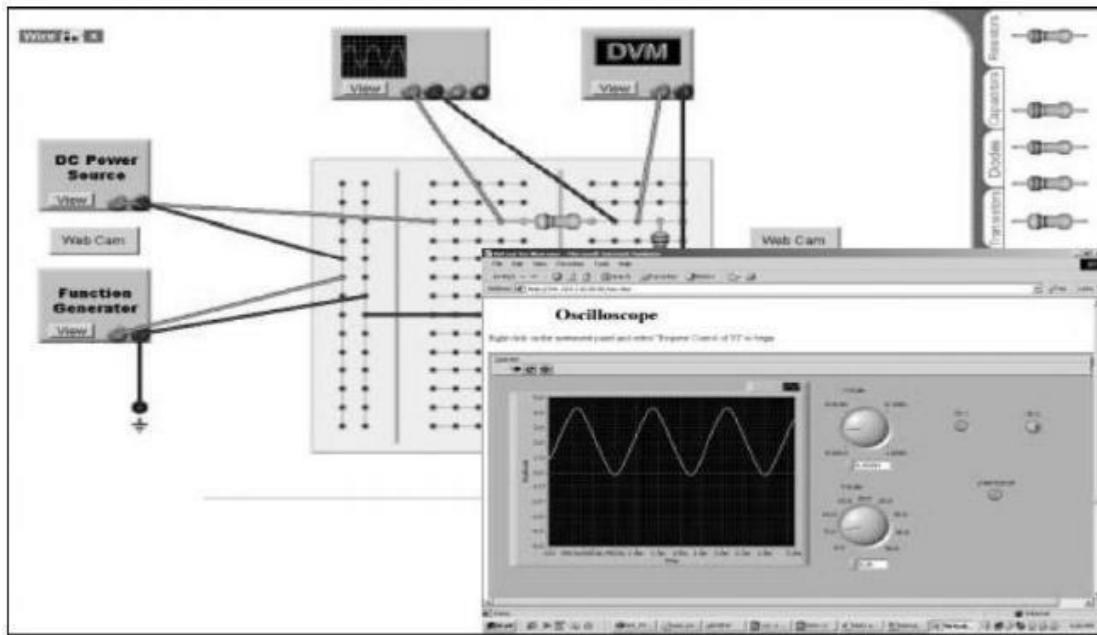


Figure II.6 : Interface de générateur de circuit de NetLab[43].

## II.6 RwmLAB

RwmLAB « Remote Wiring and Measurement Laboratory » est 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 effectuer des mesures voir Figure II.17 [32,47].



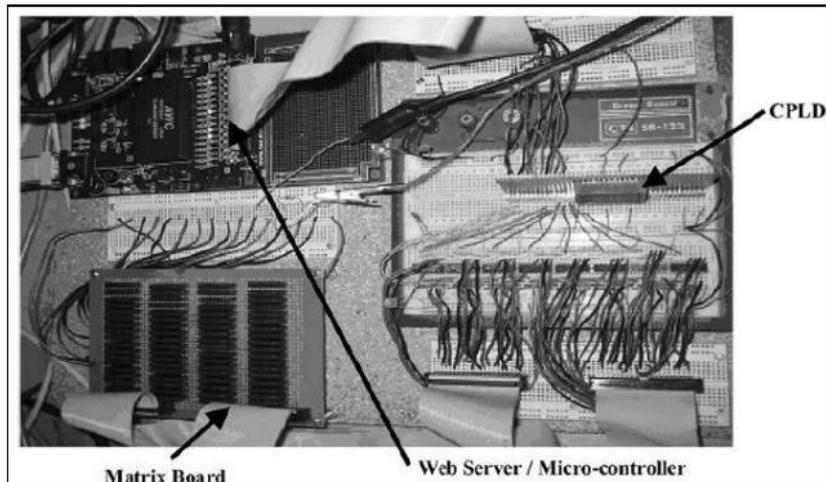
**Figure II.17:** Interface utilisateur de RwmLab [47].

### II.6.1 Partie 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 de National Instruments [47][48].

### II.6.2 Partie matérielle

Le laboratoire RwmLAB est doté des instruments suivants: un multimètre, un oscilloscope et un générateur de fonctions. Le câblage et les mesures dans ce laboratoire à distance s'effectuent à l'aide d'une carte de matrice de commutation Xecom AWC83A qui joue le rôle d'un contrôleur de la plate-forme avec un serveur web et un CPLD (Complex Programmable LogicDevice). Ce dernier est utilisé pour contrôler la matrice de commutation. Le back-end de la matrice est un microcontrôleur AM186ES AMD 40 MHz avec SRAM et une mémoire Flash (Figure -18) [47].



**Figure II.18:** La plateforme physique de RwmLAB[47].

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[47] [48].

## II.7 Notre Laboratoire distant en projet LABTEC

Notre contribution consiste à développer un laboratoire distant par nos propres moyens disponible au laboratoire du centre universitaire El Bayadh permettant la commande des instruments de mesure et de contrôler les circuits électriques à partir d'un navigateur Internet, dans et hors campus. Grâce à ce système, les étudiants auront la capacité de concevoir et de réaliser des expériences sans devoir être présents physiquement dans le laboratoire. Ainsi qu'un système complet qui permet aux enseignants et aux étudiants à réaliser des nombreuses tâches. L'enseignant peut ajouter un nouveau travail pratique et toutes les informations dont l'étudiant a besoin. Pour réaliser le travail appliqué un fois que l'étudiant a terminé son travail, l'enseignant peut évaluer les étudiants et revoir les compte-rendu.

Les étudiants peuvent interagir avec le circuit et des instruments de mesure via un navigateur Web.

Presque tous les laboratoires distants actuels utilisent un logiciel propriétaire (un logiciel semblable à Labview) et un matériel coûteux (un serveur) pour les mettre en œuvre. Dans ce projet, nous avons développé une solution en utilisant les moyens les plus simples possibles. Tels que Raspberry et les instruments de mesure universitaires. Le circuit utilisé dans notre exemple a été conçu..

Une interface web est développée pour permettre à l'étudiant de configurer la partie matérielle des travaux pratiques en changeant par exemple de composants ou en positionnant le point de mesure en différents endroits du circuit étudié. Les circuits électriques sont dessinés à l'aide svg. Et il est fermé et ouvert les switches en utilisant JavaScript et nous utilisons sur coté web serveur d'environnement Django.

### **II .7.1 Architecture logicielle**

Le système doit se caractériser par la disponibilité, l'accessibilité, la facilité de maintenance, la flexibilité de programmation et d'utilisation, la rapidité, la précision, la prise en charge multiutilisateurs...etc. Il est également demandé de minimiser le prix de développement du système en utilisant des ressources libres et open source. Nous devons par ailleurs garantir la plus grande ressemblance possible au laboratoire réel.

Pour ce faire, une architecture est nécessaire pour la réalisation du système, en utilisant une plate-forme Raspberry Pi implémentée avec un serveur Web django et un logiciel back-end totalement programmé avec Python en combinaison avec un logiciel front-end développé en HTML, CSS SVG et JavaScript.

**Le côté serveur (back-end)** : cette partie est réalisée à l'aide de la Framework Web django et de modules et classes écrits en langage Python.

**Le côté client (front-end)** : l'interface graphique est réalisée par HTML, CSS, JavaScript et SVG

Systèmes d'exploitation pour serveurs Raspbian

Caractéristiques et avantages partie logicielle pour **LABTEC**

- Utiliser un seul langage programmation pour gérer le serveur web et contrôlé GPIO (python) qui rend le système rapide et évolutif et résolue rapidement les problèmes.

- Elle permet de développer des expériences sur plate-forme et systèmes d'exploitation différents.

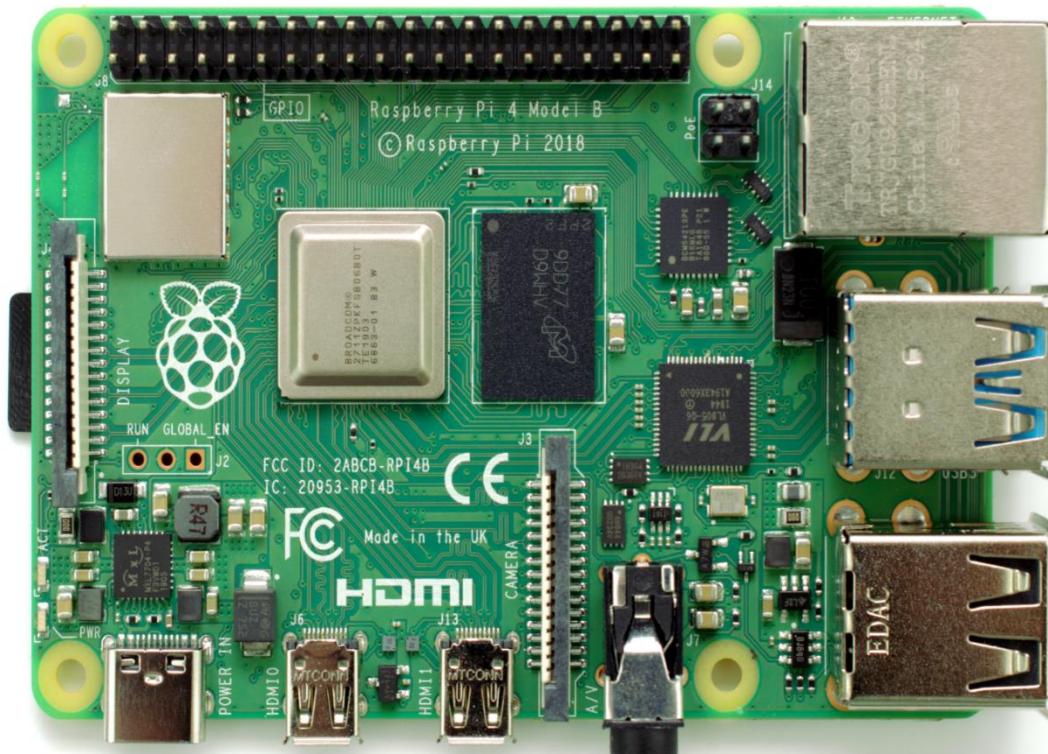
- Le langage est source ouverte disponible ([https://github.com/hemid32/django\\_lab0](https://github.com/hemid32/django_lab0)).
- plateforme facile à utiliser et rapide

### II.7.2 Partie matérielle :

Comme nous l'avons dit précédemment presque tous les laboratoires distants actuels utilisent un matériel coûteux (un serveur) pour les mettre en œuvre. Dans ce projet, nous avons développé une solution en utilisant les moyens les plus simples possibles. Notre cas la plate-forme se compose de :

#### a) Un serveur web de TP

Nous avons utilisé Raspberry Pi 4. Pour héberger le site web (serveur web) et contrôlez l'instrument de mesure et le circuit électronique .



**Figure II. ?:** Raspberry Pi 4

- b) Carte mémoire SD pour le système d'exploitation
- c) Instrument de mesure

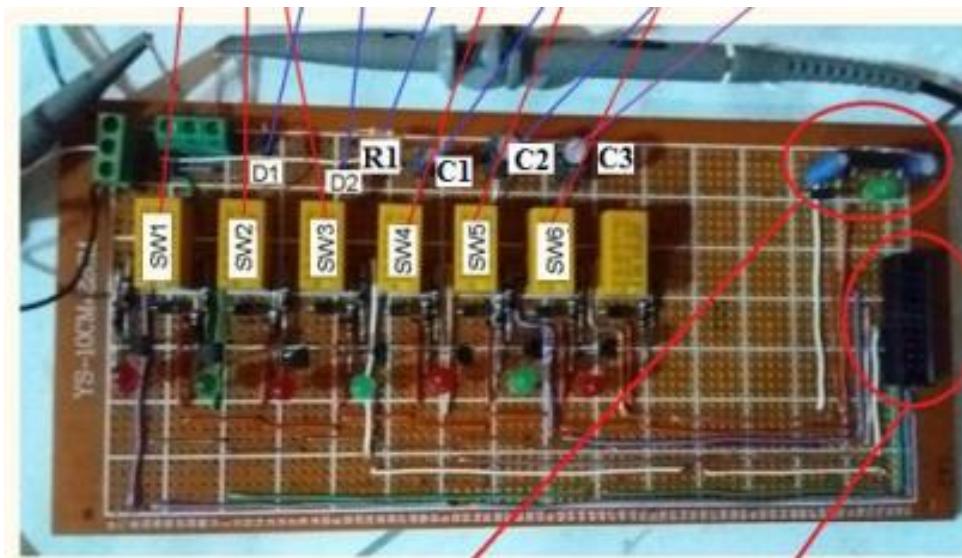
Un oscilloscope à mémoire numérique de dernière génération avec écran couleur haute résolution, rétro éclairage, bande passante élevée et taux d'échantillonnage élevé, sortie VGA, grande mémoire interne, Port USB et connexion LAN pour intégration dans les réseaux



**Figure II. ? :** instrument de mesure : Oscilloscope

#### d) Carte de commutation et circuit du TP

Plusieurs circuits électriques peuvent être ajoutés. Dans ce projet nous utilisé circuit de redressement et filtrage monophasé avec un transformateur point milieu



**Figure II.3 :** Carte de commutation avec circuit de TP intégré

## II.8 Conclusion

Au plus fort de la crise actuelle. Crise covid-19 - il est devenu important d'utiliser des laboratoires distants et la demande pour de tels projets a augmenté. Malgré les différences matérielles, nous essayons de suivre le rythme du développement dans le monde et du développement d'un laboratoire qui permet aux étudiants et aux professeurs de mener des expériences depuis chez eux.

## **Chapitre III**

### **Mise en œuvre, résultats et discussions**

#### **III.1 Introduction :**

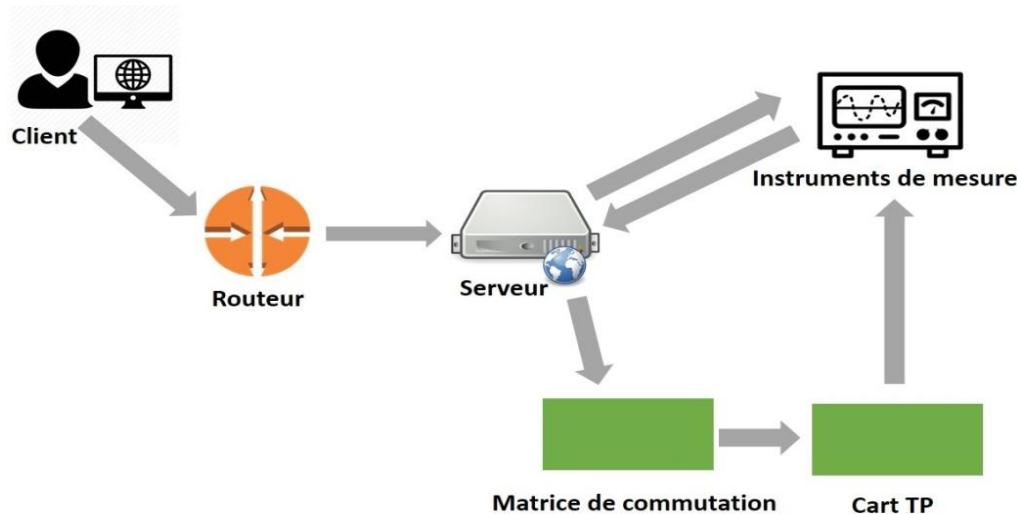
La conception de projets elle permet d'avoir une idée de ce qu'on doit programmer et déterminer les différentes fonctionnalités de l'application c'est pour ça la partie conception elle est importante.

Le système doit se caractériser par la disponibilité, l'accessibilité, la facilité de maintenance, la flexibilité de programmation et d'utilisation, la rapidité, la précision, la prise en charge multiutilisateurs...etc. Il est également demandé de minimiser le prix de développement du système en utilisant des ressources libres et open source. Nous devons par ailleurs garantir la plus grande ressemblance possible au laboratoire réel.

Ce chapitre détaille la conception de notre système. Il décrit la partie logicielle, la partie matérielle, tous les aspects techniques et fonctionnels du projet, ainsi que les travaux de recherche sur lesquels nous nous sommes appuyés.

#### **III.2 Description du laboratoire à distance LABTEC**

Le système se compose d'un serveur qui contrôle les instruments de mesure et modifie l'état du circuit. (Fermé et ouvert les switches). Il contient également la base de données pour stocker toutes les informations nécessaires à la conduite des travaux pratique. Le serveur se connecte à Internet via le câble réseau d'université et nous utilisons un routeur pour connecter tous les outils utilisés dans le système. Les instruments de mesure sont connectés au serveur via le réseau local LAN. Lorsque l'utilisateur se connecte au serveur et après avoir effectué les opérations requises, il est dirigé vers la page web les instruments de mesure



**Figure III.1 :** Architecture système

Pour ce faire, une architecture est nécessaire pour la réalisation du système, en utilisant une plate-forme Raspberry Pi implémentée avec un serveur Web django et un logiciel back-end totalement programmé avec Python en combinaison avec un logiciel front-end développé en HTML, CSS SVG et JavaScript.

L'architecture de notre projet se divise en deux parties : matérielle et logicielle

### III.2.1 Plate-forme Matérielle

La partie matérielle comprend :

- Raspberry Pi 4
- Cart TP et Matrice de commutation
- Les instruments de mesure

#### III.1.2.1 Raspberry Pi

Correspond à un serveur local à l'intérieur du laboratoire interagir avec le serveur web

Serveur web → Raspberry → carte relais

Serveur web cela peut être considéré l'interface de communication entre l'étudiant et laboratoire. Le serveur Web est chargé dans le Raspberry grâce à elle, avec le

programmation nous pouvons contrôler les GPIO facilement , l explication situe dans la partie logicielle .

### **1.2.1.1 Un peu d'histoire**

Le concept de Raspberry Pi a été dévoilé autour de 2006 par Eben Upton et ses collègues de l'université de Cambridge ont remarqué que les aspirants à un diplôme en informatique avaient moins d'expérience que ceux des années 1990. Ils ont attribué ce recul, entre autres facteurs, à « l'émergence chez les particuliers du PC et des consoles de jeu qui ont remplacé les Amiga, BBC Micro, Spectrum ZX et Commodore 64, des machines avec lesquelles la génération précédente avait appris à programmer ». Le fait que l'ordinateur soit devenu si important pour tous les membres du foyer peut aussi décourager les jeunes de s'aventurer dans ce domaine, à cause du risque d'endommager un outil important pour toute la famille. Mais récemment, les technologies qui ont permis aux téléphones mobiles et tablettes de devenir de moins en moins chers et de plus en plus puissants, ont projeté le Raspberry Pi dans le monde des cartes « ultra-économiques-mais-super-faciles-à-utiliser ». Dans une interview pour BBC News, Linus Torvalds, fondateur du noyau Linux, a même dit que le Raspberry Pi « rend l'échec abordable » [11].

### **1.2.1.2 Description de la carte Raspberry Pi**

Le Raspberry Pi est un ordinateur dont les particularités sont la très petite taille (la taille d'une carte de crédit) et le prix modique (~~25-30 euros~~ en Dinars). Il a été créé par l'anglais David Braben, dans le cadre de sa fondation Raspberry Pi, dans le but d'encourager l'apprentissage de la programmation informatique. Pour la petite histoire, raspberry signifie framboise en anglais. Le Raspberry Pi rappelle quelque peu l'Arduino, un circuit imprimé - dont les plans sont publiés sous licence libre - sur lequel se trouve un microcontrôleur programmable et objet fétiche des partisans de l'open hardware. [10]

### **1.2.1.3 Spécifications techniques**

Physiquement, il s'agit d'une carte mère seule avec un processeur ARM, de petite taille (environ la taille d'une carte de crédit ou d'un paquet de cigarette).

Il existe actuellement deux modèles : le modèle A (février 2012) et le modèle B (octobre 2012).[10]

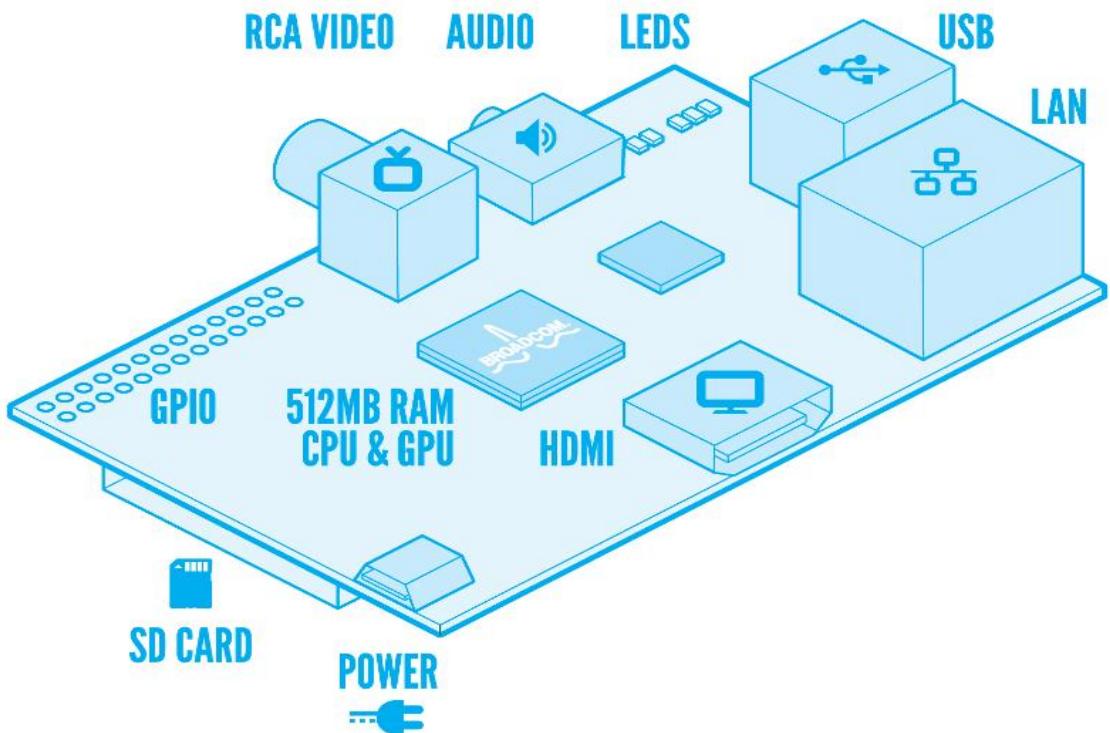


Figure III-3 Architecture du modèle B

#### 1.2.1.4 Modèles de Raspberry Pi

Deux versions de Raspberry Pi sont commercialisées; la version A et la version B. Si le processeur qui les équipe est identique, tout comme leur architecture interne, voici ce qui les différencie :

Le Pi modèle B est doté de 512 Mo de RAM alors que le modèle A ne dispose que de 256 Mo(mais il consomme moins d'électricité).

Le modèle B possède deux ports USB, contrairement au modèle A qui n'en possède qu'un.

Le modèle B du Raspberry Pi possède une prise Ethernet standard au format RJ45.

Le modèle A n'en a pas mais il est possible de le connecter à un réseau avec un adaptateur USB vers Ethernet [12].

Le 2 février 2015, la fondation Raspberry Pi annonce la sortie du Raspberry Pi 2, plus puissant, il est équipé d'un processeur Broadcom BCM 2836, quatre coeurs ARMv7 à 900MHz, accompagné de 1Go de RAM [13].

Nous nous pencherons ici sur les modèles les plus couramment diffusés.



Figure III-4. Les différentes Modèles du Raspberry Pi.

Modèle	Processeur	RAM	Les interfaces USB2.0	Ethernet	Entrées/sorties
Modèle A	ARM-v6	256 Mo	1	0	GPIO 26 pts
Modèle B	ARM-v6	512 Mo	2	1	GPIO 26 pts
Pi-2 Modèle B	ARM-v7	1Go	4	1	GPIO 40 pts

Tableau III-1. Comparatif des spécifications des modèles du Raspberry Pi.

### 1.2.1.5 SpécificationsRaspberry Pi 4 modèle B 1GB

Raspberry Pi 4 Model B est le dernier produit de la gamme d'ordinateurs Raspberry Pi.

Il offre une augmentation sans précédent de la vitesse du processeur, des performances multimédia, de la mémoire et de la connectivité par rapport à la génération précédente du Raspberry Pi 3 Modèle B +, tout en maintenant la compatibilité avec les versions antérieures et une consommation électrique similaire.

Pour l'utilisateur final, le Raspberry Pi 4 modèle B offre des performances de bureau comparables à celles des systèmes PC d'entrée de gamme x86.

Les fonctionnalités clés de ce produit incluent un processeur quad-core 64 bits hautes performances, une prise en charge du double affichage à des résolutions allant jusqu'à 4K via une paire de ports micro-HDMI, décodage vidéo matériel jusqu'à 4 Kp60, jusqu'à 4 Go de RAM, réseau local sans fil bibande 2,4 / 5,0 GHz, Bluetooth 5.0, Gigabit

Ethernet, USB 3.0 et PoE (via un module complémentaire PoE HAT vendu séparément en option).

Le réseau local sans fil à double bande et Bluetooth possèdent une certification de conformité modulaire, ce qui permet de concevoir la carte dans des produits finaux avec des tests de conformité considérablement réduits, améliorant ainsi les coûts et les délais de mise sur le marché.

Le Raspberry Pi 4 Model B conserve la même empreinte mécanique que le Raspberry Pi 3 Model B+ et le Raspberry Pi 3 Model B.[500]

Complètement repensé et mis à niveau Plus rapide, plus puissant

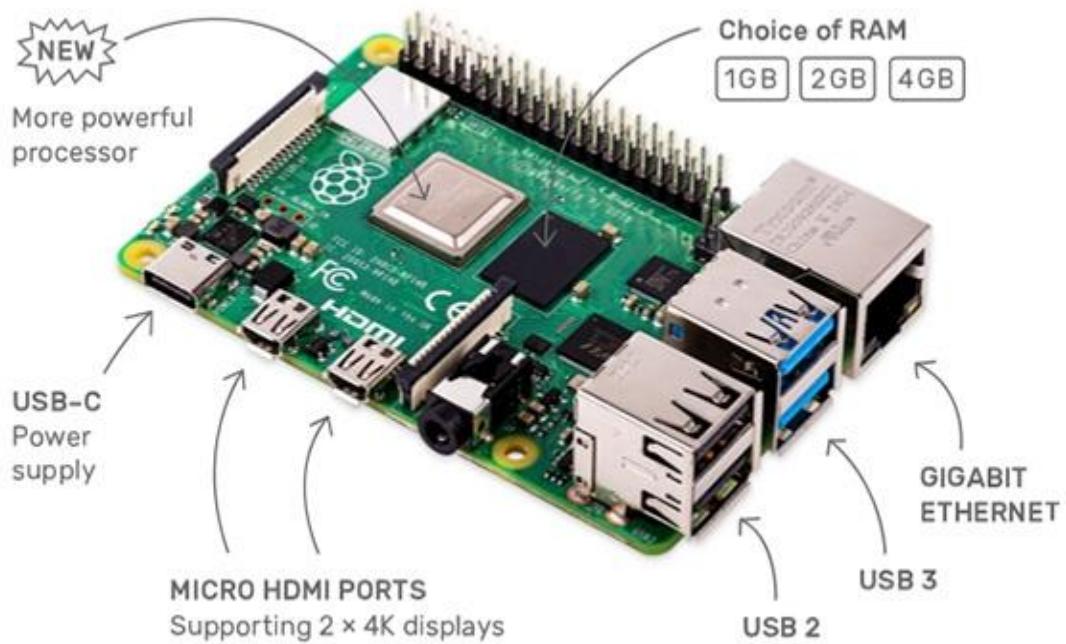


Figure III-5 : carte Raspberry Pi 4 Modèle B

De taille et de forme identique aux modèles précédents, vous pouvez simplement déposer votre nouveau Raspberry Pi dans vos anciens projets pour une mise à niveau. Comme toujours, tous les logiciels sont compatibles avec les versions antérieures. Ainsi, ce que vous créez sur un Raspberry Pi 4 fonctionnera également sur tous les modèles plus anciens que vous possédez.

**a - Double affichage**

Avec le Raspberry Pi 4, vous pouvez exécuter deux moniteurs à la fois - et en 4K également!

**b - Remplacement du PC de bureau**

La vitesse et les performances du nouveau Raspberry Pi 4 constituent une avancée par rapport aux modèles précédents. Pour la première fois, nous avons construit une expérience de bureau complète. Que vous éditiez des documents, naviguez sur le Web avec de nombreux onglets ouverts, manipuliez des feuilles de calcul ou rédigiez une présentation, l'expérience serait fluide et reconnaissable, mais sur un format plus petit, plus économique en énergie et beaucoup plus économique. machine. [500]

**c - Silencieuse et faible consommation d'énergie**

Le Raspberry Pi sans ventilateur et économie en énergie fonctionne en silence et consomme beaucoup moins d'énergie que les autres ordinateurs.

**d - La mise en réseau**

Raspberry Pi 4 est livré avec Ethernet Gigabit, avec réseau sans fil intégré et Bluetooth. USB 3USB 3

Votre nouveau Raspberry Pi 4 a une capacité USB améliorée: avec deux ports USB 2, vous trouverez deux ports USB 3, qui peuvent transférer des données jusqu'à dix fois plus rapidement.

**e - Choix de RAM**

Différentes variantes du Raspberry Pi 4 en fonction de la quantité de RAM sont disponibles 1 Go, 2 Go ou 4 Go. Pour nous nous avons choisi 1Go

## f - Spécifications techniques

Processeur	Broadcom BCM2711, SoC 64 bits quad-core Cortex-A72 (ARM v8) à 1,5 GHz
Mémoire	LPDDR4 de 1 Go
GPIO	GPIO standard à 40 broches
Connectivité	Réseau local sans fil IEEE 802.11b / g / n / ac de 2,4 GHz et 5,0 GHz Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet 2 ports USB 3.0 2 ports USB 2.0
Vidéo et son	2 × ports micro HDMI (jusqu'à 4Kp60 pris en charge) 2-voix MIPI DSI display port 2-voix MIPI CSI camera port connecteur 4-contact Audio stéréo et Vidéo composite
Multimédia	H.265 (décodage 4Kp60); H.264 (décodage 1080p60, encodage 1080p30); OpenGL ES, 3.0 graphiques
Alimentation	5V DC via un connecteur USB-C (minimum 3A) 5V DC via le connecteur GPIO (minimum 3A) Alimentation par Ethernet (PoE) - besoin de la carte d'extension PoE HAT en option
Environnement	température de fonctionnement 0-50°C

Tableau III-2 . Spécifications techniques utilisé [500]

### 1.2.2 La Carte TP et Matrice de commutation

La carte de TP est conçue de manière à offrir à l'utilisateur distant les mêmes possibilités que l'utilisateur en présentiel.

toutes les circuits peuvent être conçus selon les règles suivantes :

- Chaque sortie de Raspberry (GPIO) est considérée comme switches
- Chaque circuit a son propre design SVG

Dans notre projet, nous avons conçu un circuit de redressement et filtrage monophasé avec un transformateur pointe milieu

### 1.2.3 Les instruments de mesure

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 d'une page web.

#### 1.2.3.1 - catégories des instrument mesure

Les instruments de mesure et de génération de signaux sont classés en trois catégories :

Catégorie 1 : Les instruments disposant d'une interface LAN. Ils sont configurés pour avoir une adresse IP du réseau du laboratoire. Le routage vers l'extérieur se fait par l'administrateur réseau de l'université. Ces instruments disposent d'un serveur web embarqué qui fournit l'interface web de pilotage. Cette dernière se présente sous la forme de la face avant de l'instrument et s'utilise de manière intuitive. Un exemple de ce type d'instrument est l'oscilloscope numérique InfiniiVision d'Agilent dont l'interface de contrôle est représentée par la figure III-5. Ce type d'instrument peut être piloté directement à distance sans besoin de développement. L'administrateur réseau peut également leur attribuer une url dans le domaine de l'université de type oscillo1.cu-elbayadh.dz. Le lien vers la page de contrôle de l'instrument est inséré en tant que ressource dans le cours Moodle [556].

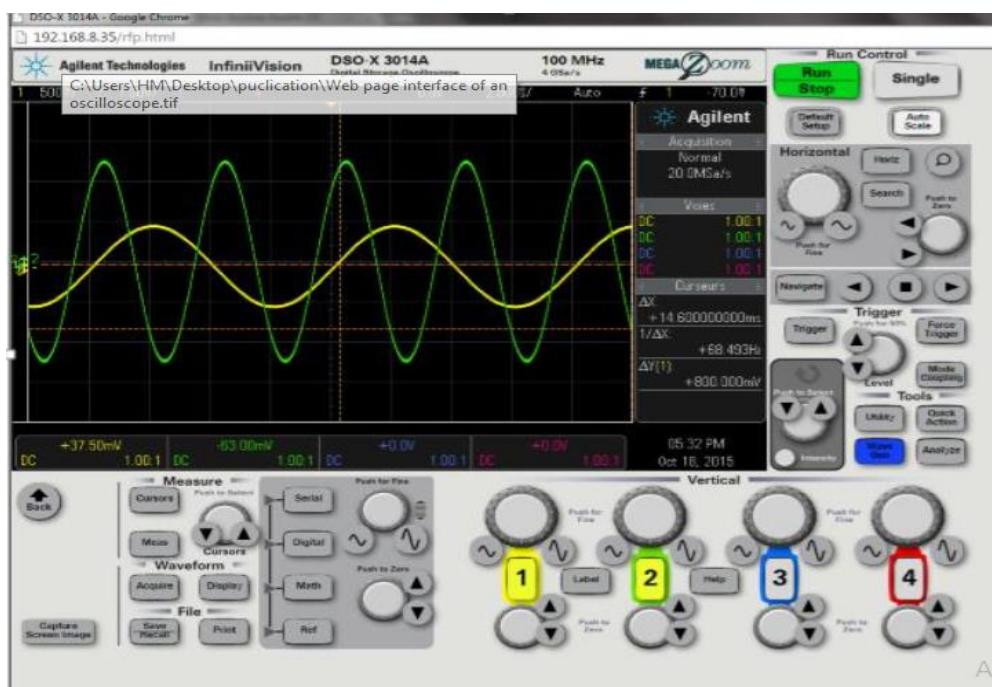


Figure III-5. Interface de pilotage d'un oscilloscope LXI.

Catégorie2 : Ce sont les instruments dotés de connectivité LAN mais avec une interface sous forme de ligne de commande. Les instructions de pilotages de ce type d'appareils sont standardisées. Ces commandes sont dites SCPI pour Standard-Commands-for-Programmable Instruments [50].

Un exemple de commande est : wave : sine freq 500 Amp 3. Cette commande permet de générer une fonction sinusoïdale de fréquence 500 Hz et d'amplitude 6 V.

Un exemple typique de cette classe d'instrument est le générateur de basse fréquence (GBF) TG2511[51] dont l'interface de commande est représentée par la figure III-6.



Figure III-6. Page web d'un générateur de fonctions piloté par ligne de commande.

Catégorie 03 : La troisième catégorie est celles d'instruments qui n'ont pas d'interface LAN.Ils ne peuvent donc pas être connectés au switch du laboratoire et ne disposent pas d'adresse IP.Ils peuvent par contre être pilotés par leur port RS232 ou USB via un programme fourni par le constructeur et installé sur un PC. Ce pilotage par ordinateur peut être effectué en local mais pas à distance car les instruments ne peuvent être connectés à l'ordinateur de l'étudiant. [556]

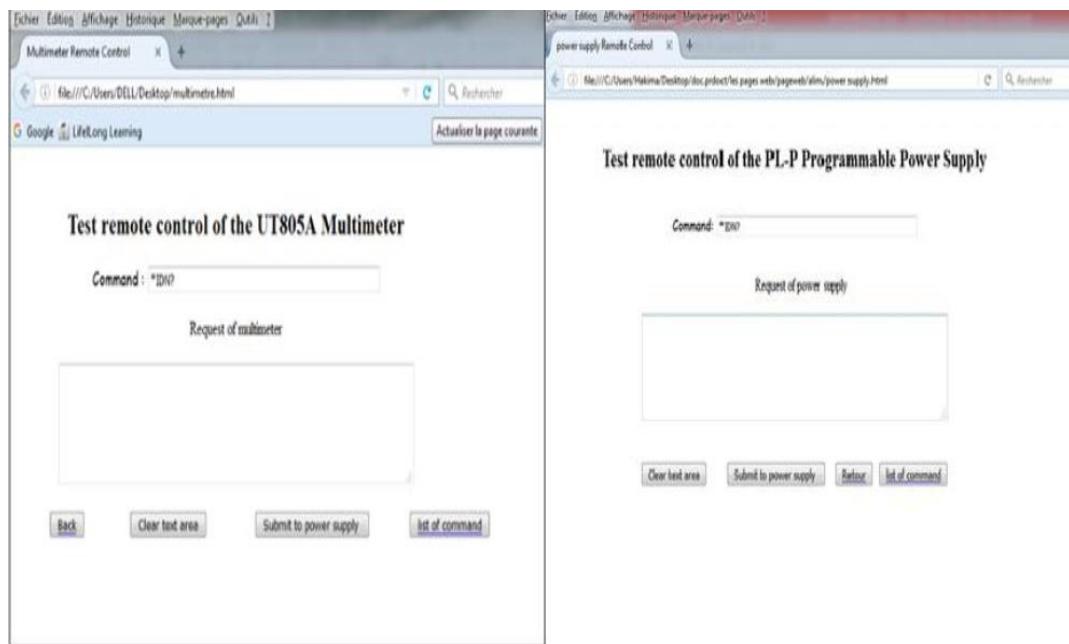


Figure III-7. Interface web du multimètre et alimentation piloté via RS232.

#### 1.2.3.2 – Oscilloscope PeakTech 1240

Oscilloscope numérique de dernière génération avec écran couleur rétroéclairé haute résolution, large bande et fréquence d'échantillonnage élevée, sortie VGA, mémoire interne importante, port USB et connectivité LAN pour l'intégration réseau.

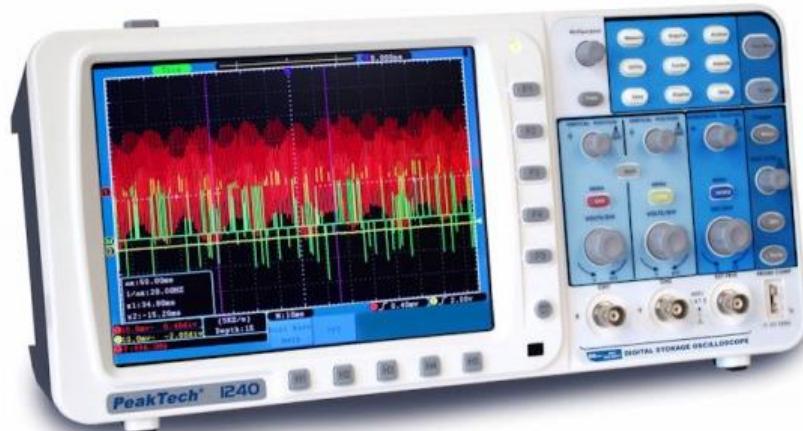


Figure III-8: Oscilloscope PeakTech 1240

#### a – Interfaces:

-Hôte USB pour connecter des périphériques de stockage USB: enregistrez des captures d'écran de l'écran actuel, des formes d'onde pour un traitement ultérieur ou des paramètres utilisateur sur un périphérique de stockage USB

-Port USB pour connexion au PC: transférez les données de mesure directement sur le PC connecté et bénéficiez de possibilités de stockage presque illimitées

-Sortie VGA: connectez votre oscilloscope PeakTech à un moniteur externe, un téléviseur ou un projecteur pour un grand affichage des formes d'onde et des mesures.

-Connexion LAN: utilisez votre oscilloscope PeakTech à distance via une connexion LAN dans le réseau de votre entreprise pour activer un large éventail d'applications



Figure III-9 : Interfaces PeakTech 1240

### 1.3 Plate-forme logicielle

Le côté logiciel représente 80% du projet, auquel nous attachons une grande importance.

Au départ, le défi était de choisir les programmes appropriés pour développer l'application et effectuer toutes les tâches requises.

Le 26 avril 2020, on a fait une réunion avec les enseignants leur suggestion était d'utiliser nod.js pour développer un serveur Web , Malgré cela ils nous ont laissé une totale liberté de choisir les programmes et langages de programmation appropriés.

Après de longues recherches et consultations, nous avons choisi d'avoir le langage de programmation Python comme principal langage pour le développement de serveurs Web.

#### 1.3.1 python

Python est un langage de programmation puissant et facile à apprendre. Il dispose de structures de données de haut niveau et permet une approche simple mais efficace de la programmation orientée objet. Parce que sa syntaxe est élégante, que son typage est dynamique et qu'il est interprété, Python est un langage idéal pour l'écriture de scripts et le développement rapide d'applications dans de nombreux domaines et sur la plupart des plateformes. [710]

L'interpréteur Python et sa vaste bibliothèque standard sont disponibles librement, sous forme de sources ou de binaires, pour toutes les plateformes majeures depuis le site Internet <https://www.python.org/> et peuvent être librement redistribués. Ce même site distribue et pointe vers des modules, des programmes et des outils tiers. Enfin, il constitue une source de documentation.[710]

Vous devez savoir que Python peut être utilisé pour écrire des serveurs Web très efficacement. On sait qu'il existe de nombreux frameworks et bibliothèques populaires et excellents tels que Django et Flask, qui permettent aux développeurs backend de se concentrer sur la logique métier et de gagner beaucoup de temps sur le codage.

Pour nous, nous avons choisi d'avoir Django l'environnement avec lequel le serveur web sera développé

### 1.3.2 Présentation de django



Figure III-10 : logo django

Django est un framework python open-source consacré au développement web 2.0 . Les concepteurs de Django lui ont attribué le slogan suivant: " Le framework web pour les perfectionnistes sous pression ". Il est donc clairement orienté pour les développeurs ayant comme besoin de produire un projet solide rapidement et sans surprise ... c'est à dire à tous les développeurs !

Comme il est toujours compliqué de partir de rien, Django vous propose une base de projet solide. Django est donc une belle boîte à outils qui aide et oriente le développeur dans la construction de ses projets.

Pour la petite histoire Django a vu le jour en 2003 et a été publié sous licence BSD en juillet 2005.[801]

### **1.3.2.1 Pourquoi choisi le framework Django?**

L'une des principales raisons du choix de cet environnement est notre longue expérience avec Python. Beaucoup de développeurs sont beaucoup plus productifs sur python que sur n'importe quel autre language. La technologie derrière ce framework peut être une bonne raison, mais Django est une raison à part entière. Tout est pensé de base. Inutile de réinventer la roue à chaque projet web: les bases sont déjà présentes. Il vous fournira les outils nécessaires à sécuriser votre application, à gérer la structure de vos modèles avec un ORM , etc. Vous n'avez plus qu'à vous consacrer au code métier, à vous concentrer sur l'essence même de votre projet et rien d'autre.

### **1.3.2.2 La structure Django**

Django s'inspire du modèle MVC (disons plutot MVT), c'est-à-dire que la structure du framework sépare les données ( models ) qui sont séparées des traitements ( controller ) qui sont eux-mêmes séparés de la vue ( view / template ). On vous oblige à bien coder, une structure doit être respectée et cela ne peut être que profitable au travail collaboratif ou simplement la cohérence / communication entre différents projets.

Le moteur de template de base est le plus simple que j'ai rencontré, efficace souple et facile à prendre en main. Un routeur permet de rediriger les actions en fonctions des URL et une API permet de fournir des informations sur votre projet sans passer par la case SQL. D'ailleurs l' ORMinclu vous éloignera de toute requête SQL.

Chaque projet Django vous propose de lancer son propre serveur web et d'y faire à peu près tout ce que l'on veut dans un environnement de test.

Un des concepts des plus intelligent de Django est de proposer un espace admin tout fait dans ses contrib . Une fois que vous avez créé vos modèles (la structure de votre projet), vous avez accès à une interface web CRUD en quelques minutes c'est vraiment impressionnant.

Vous pouvez évidemment personnaliser cet espace admin ou créer vos propres templates et vos propres formulaires . Django vous proposera des outils pour sécuriser les données ou afficher les erreurs si besoin.

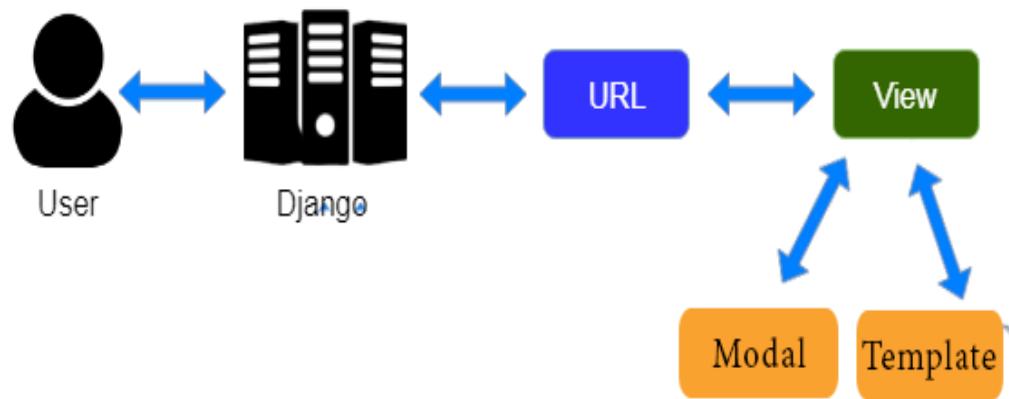


Figure III-11 : Django MVT Architecture Project

### 1.3.3 La première solution proposée utilisez django et node.js

Notre objectif est maintenant de construire un serveur Web permettant à l'utilisateur de contrôler et commander les circuits électronique. Où nous concevons ces circuits du côté front-end en utilisant SVG . L'utilisateur interagit avec le circuit dans le navigateur en utilisant le langage de programmation JavaScript.

Ensuite, des instructions sont envoyées au serveur Web pour effectuer les modifications nécessaires

,le problème maintenant est donc de savoir comment envoyer des données à partir d'une page Web vers le serveur 'raspberry' et commander les sorties GPIO

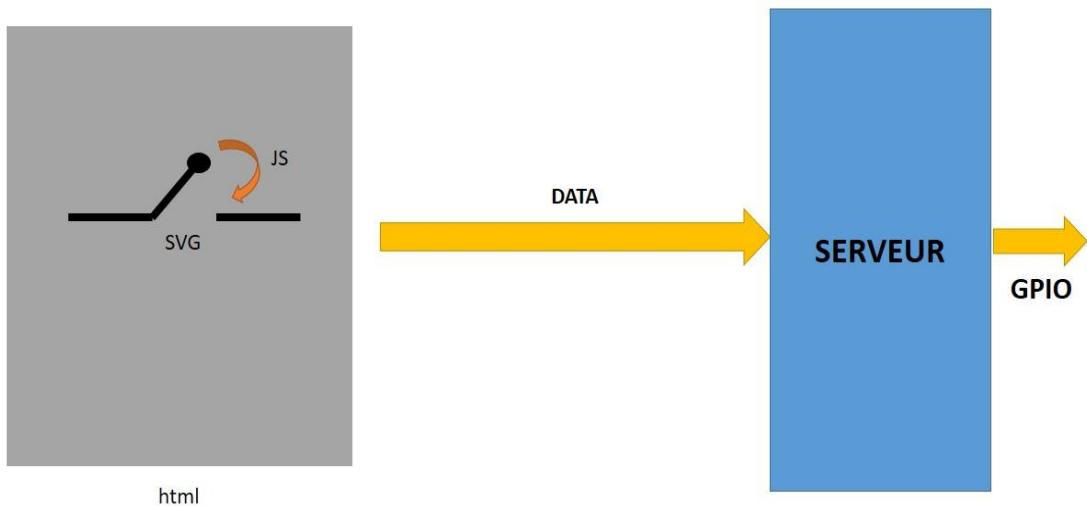


Figure III-12 : data en html vers GPIO

Nous cherchons toujours le moyen le plus simple .Puisque l'utilisateur réaliser le circuit électronique via le navigateur en utilisant 'JavaScript'. Nous savons que la bibliothèque 'node.js' est construite en langage 'JavaScript' et permet de commander facilement les GPIOs qui situe dans la carte raspberry ,donc la solution que nous avons proposée au début était la suivante:

Nous avons installé 'node.js' sur le serveur, puis créé un fichier 'Pi\_setting.js' ,ce fichier contient des fonctions js (Les fonctions node.js) , chaque fonction représente les configurations d'un circuit électronique (Les états de relai possibles),ce fichier est relié avec l'html .Ensuite, nous appelons la fonction appropriée puis nous saisissons les valeurs requises

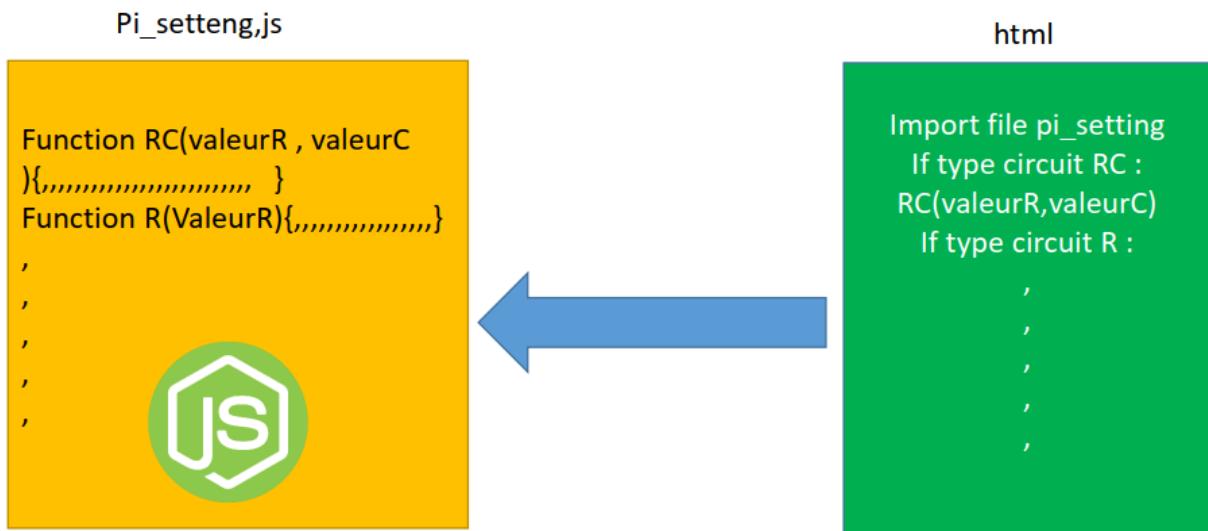


Figure III-13 : fiche Pi\_setting.js

Ce sera la structure générale de system

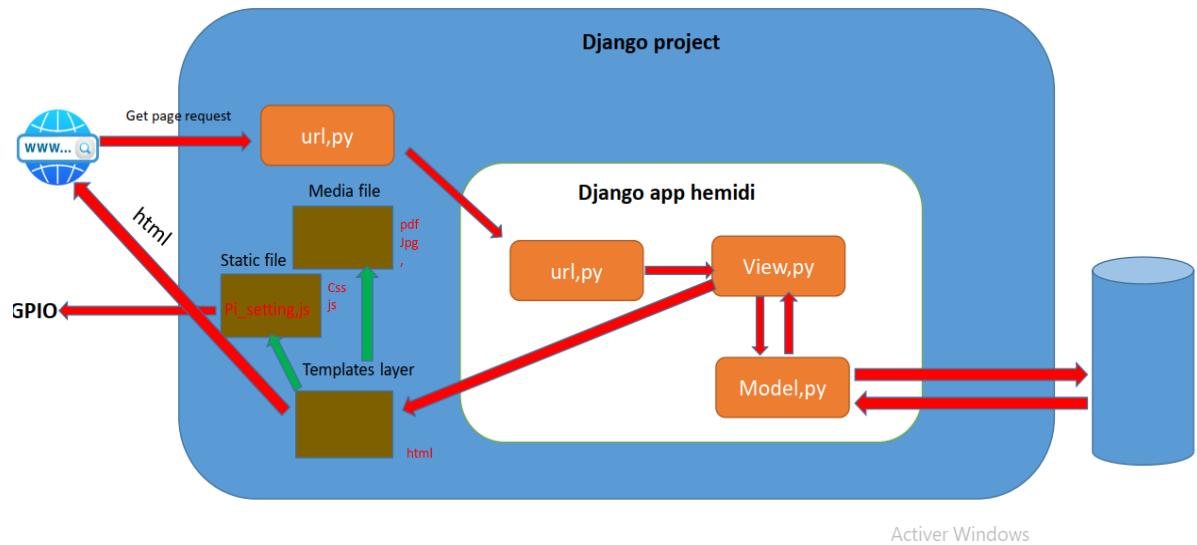


Figure III-13 : Architecture de system (La première solution)

Après avoir essayé cette solution, nous avons découvert qu'il n'est pas possible d'utiliser les codes d'une bibliothèque 'node.js' sans faire fonctionner son serveur 'node.js', donc la seule solution pour travailler avec cette méthode est d'utiliser un serveur Web 'node.js' à côté d'un serveur Web 'django' cela sera difficile et causera de nombreux problèmes de sécurité.

Vous pouvez en savoir plus sur ce sujet dans ce lien

<https://stackoverflow.com/questions/13795313/is-it-possible-to-use-django-and-node-js>

Après l'échec de la première solution, nous devons penser à une autre manière en utilisant le langage de programmation Python, c'est-à-dire sans utiliser de nombreux programmes qui peuvent causer des problèmes dans le système

#### 1.3.4 La deuxième solution Utilisation des bibliothèques Python

Dans Python, il existe de nombreuses bibliothèques qui aident à contrôler les gpios de Raspberry.

Parmi toutes ces bibliothèques RPi.GPIO sont les plus faciles et les plus utilisées ce package fournit une classe pour contrôler le GPIO sur un Raspberry Pi.

Exemple

Pour contrôler une LED connectée à GPIO18, vous pouvez utiliser ce code:

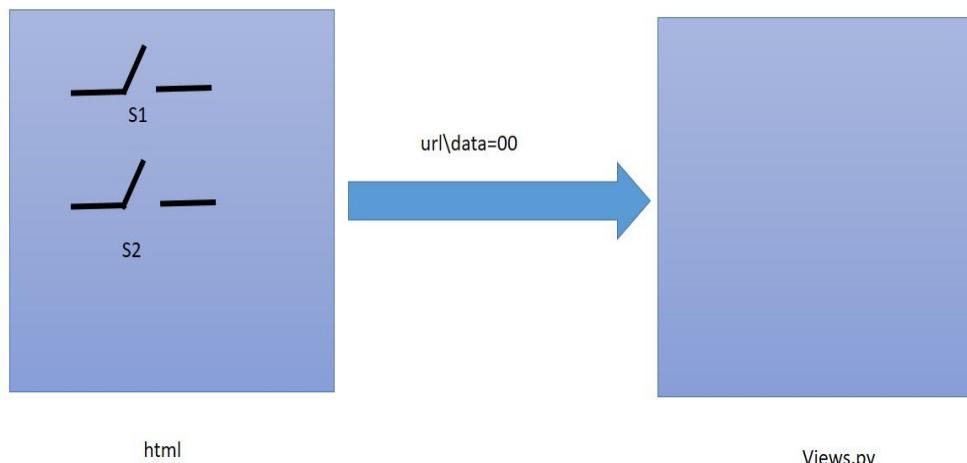
```

1 import RPi.GPIO as GPIO
2 import time
3 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
4 GPIO.setwarnings(False)
5 GPIO.setup(18,GPIO.OUT)
6 print "LED on"
7 GPIO.output(18,GPIO.HIGH)

```

nous allons créer une fonction dans un fichier views.py cette fonction effectue les réglages nécessaires pour le circuit électronique. Par exemple, si l'utilisateur ferme le switch numéro 1, la fonction ouvre le GPIO .mais le problème maintenant est de savoir comment envoyer des données d'une Template vers views.py

Pour ce faire, il existe plusieurs solutions, mais c'est la meilleure solution pour nous c'est utiliser URL



html

Views.py

Figure III-14 utiliser URL (HTML vers Views.py)

au début les données (Data) varient en utilisant 'JavaScript' et 'SVG' puis nous orientons l'utilisateur vers le lien où il trouve ces valeurs ; par exemple  
[www.exemple.com\data=000000](http://www.exemple.com\data=000000)

Dans un fichier Views.py nous créons une fonction qui manipule ces valeurs . Avec l'aide d'une bibliothèque RPI.GPIO . Par exemple, la fonction sera comme ceci

```
‐ def setting_gpio (requete , data):
    import RPI.GPIO as GPIO
    // data = 00
    // Changer le statut du GPIO
    GPIO.setmode(GPIO.BCM) #
    GPIO.setup(17, GPIO.OUT) #
    GPIO.setup(18, GPIO.OUT) #
    ‐ if data[0] == 1 :
        | GPIO.output(17, GPIO.HIGH)
    ‐ else :
        // Ajouter de nombreux paramètres
        .
        .
        .
    return render(requete , 'page.html')
```

Remarque La fonction est liée à url.py . Et de nombreux réglages sont effectués, nous voulons juste expliquer ce qui est important

Après avoir essayé cette solution, nous sommes tombés dans un autre problème, qui est chemins infaisables Si l'utilisateur ouvre S1 il est entré dans une boucle sans fin et donc la page suivante n'apparaît pas . Parce que GPIO.output(17, GPIO.HIGH) c'est une fonction qui contient une boucle .

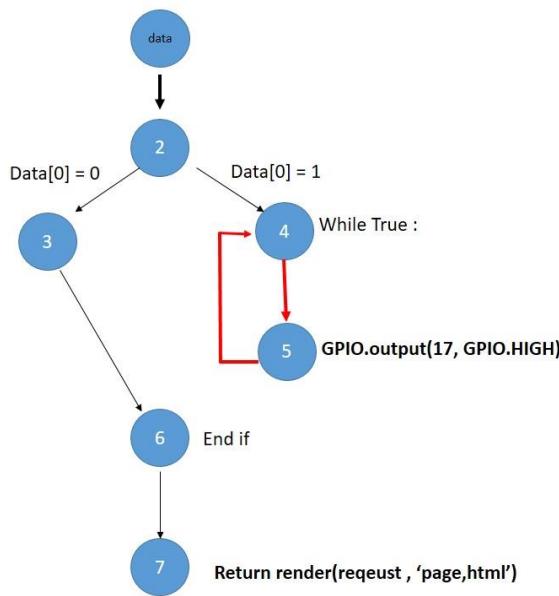


Figure III-15 : CFG fonction setting\_GPIO

chemins infaisables 1-2-4-5

cette méthode ne fonctionné pas, c'est tu obligé trouver la solution appropriée.

### 1.3.5 La troisième solution utilisation OS (opérations system)

Lors de notre recherche d'une solution au problème. Nous avons trouvé un moyen de le contrôler GPIO via Terminal. Autrement dit, via le système d'exploitation . C'est en utilisant bibliothèque WiringPi

#### 1.3.5.1 WiringPi

WiringPi est l'une des bibliothèques incontournables pour tous ceux qui utilisent le Raspberry Pi avec des cartes d'extension.

Développée par Gordon, cette bibliothèque est écrite en C. Elle contient des routines permettant un accès facile à quelques un des périphériques les plus populaires. [911]

#### a - L'utilitaire GPIO

WiringPi est livré avec un programme séparé pour aider à gérer l'interface GPIO intégrée ainsi que des modules supplémentaires tels que le PiFace et d'autres périphériques comme le Gertboard ainsi que des périphériques génériques de type Expander GPIO.

Ce programme, appelé gpio, peut également être utilisé dans des scripts pour manipuler les broches GPIO - définir les sorties et lire les entrées. Il est même possible

d'écrire des programmes entiers en utilisant simplement la commande gpio dans un 'shell-script', même si ce n'est pas très efficace de le faire de cette façon... Une autre façon de l'appeler est d'utiliser la 'fonction system () en C / C ++' ou c'est équivalent dans d'autres langages de programmation.

La commande gpio est conçue pour être installée en tant que programme setuid et appelée par un utilisateur normal sans utiliser la commande «sudo» ou se connecter en tant que root.

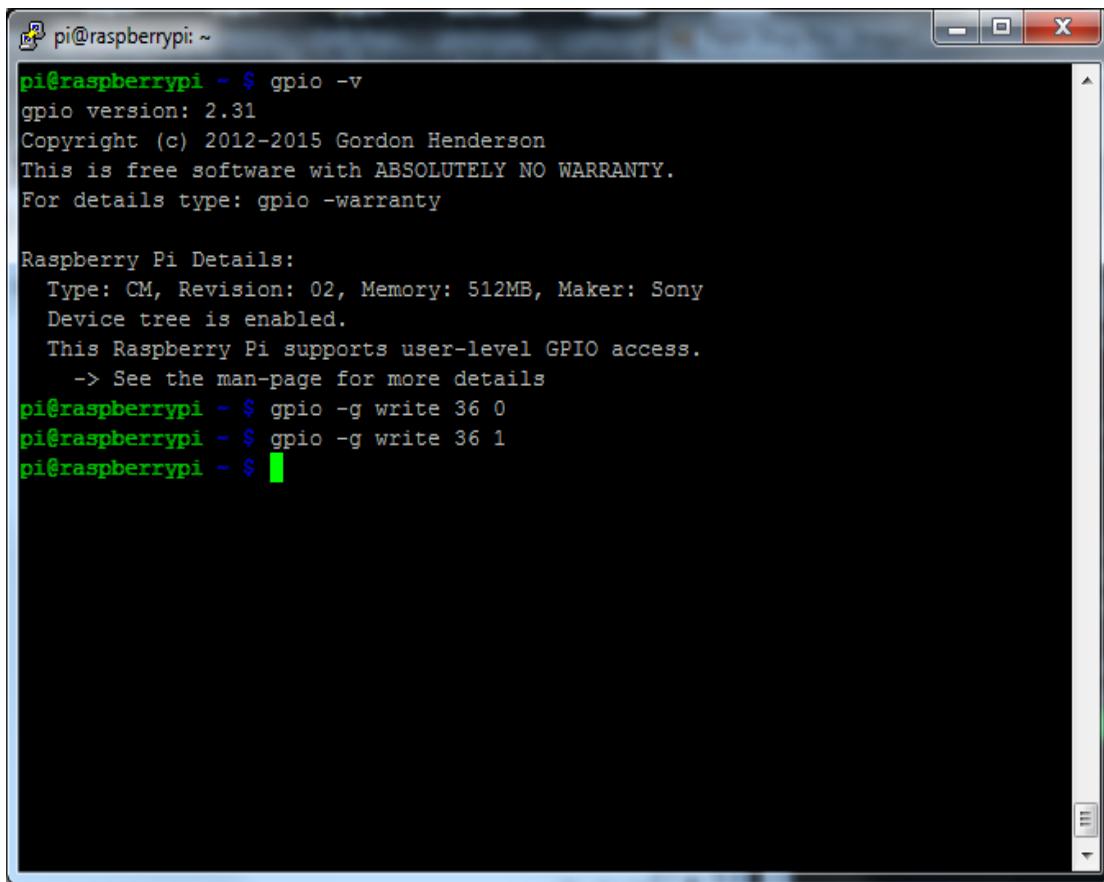
### b - Commandes d'entrée et de sortie standard

#### gpio mode <pin> in/out/pwm/clock/up/down/tri

Cela définit le mode d'une broche en mode entrée, sortie, pwm ou horloge, et peut en outre régler les résistances de tirage haut / bas internes sur pull-up, pull-down ou aucun.

#### gpiowrite<pin> 0/1

Ceci définit une broche de sortie sur haut (1) ou bas (0)



The screenshot shows a terminal window titled 'pi@raspberrypi: ~'. It displays the output of several 'gpio' command executions:

```
pi@raspberrypi ~ $ gpio -v
gpio version: 2.31
Copyright (c) 2012-2015 Gordon Henderson
This is free software with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
For details type: gpio -warranty

Raspberry Pi Details:
Type: CM, Revision: 02, Memory: 512MB, Maker: Sony
Device tree is enabled.
This Raspberry Pi supports user-level GPIO access.
-> See the man-page for more details
pi@raspberrypi ~ $ gpio -g write 36 0
pi@raspberrypi ~ $ gpio -g write 36 1
pi@raspberrypi ~ $
```

Figure III-16: Commandes d'entrée et de sortie standard (gpio)

### 1.3.5.2 python et OS

Python nous fournit des bibliothèques pour accéder aux ressources système. Tel que subprocess (Gestion de sous-processus) .

Le module subprocess vous permet de lancer de nouveaux processus, les connecter à des tubes d'entrée/sortie/erreur, et d'obtenir leurs codes de retour. Ce module a l'intention de remplacer plusieurs anciens modules et fonctions [2222] :

```
os.system  
os.spawn*  
os.popen*  
popen2.*  
commands.*
```

#### a - Utiliser le module subprocess

La méthode recommandée pour lancer des sous-processus consiste à utiliser les fonctions pratiques suivantes.

```
subprocess.call(args, *, stdin=None, stdout=None, stderr=None, shell=False)
```

exemple :

```
>>> subprocess.call(["ls", "-l"])
0

>>> subprocess.call("exit 1", shell=True)
1
```

Figure III-17 : exemple utiliser le module subprocess

Nous utilisons cette bibliothèque dans un fichier views.py ce sera la structure des données

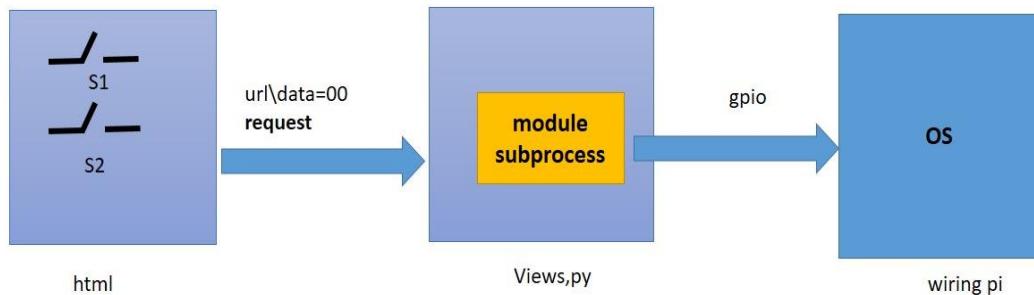


Figure III-18 : Utiliser le module subprocess

Voici à quoi ressemblera scripte en views.py pour 6 switch

```

1
2  @login_required
3  @student_required
4  def get_vr(request, id , data):
5      session_key = request.session.session_key
6      if Session.objects.all().count() > 1 :
7          if str(session_key) == str(Session.objects.all()[0]) :
8
9              cartTP('000000') # initialisation
10             request.session.set_expiry(50)
11
12             cartTP(data)
13             return render(request, 'classroom/students/loadig.html')
14     else :
15         return render(request, '500.html')
16     else :
17         cartTP(data)
18         return render(request, 'classroom/students/loadig.html')
19
20
21 def cartTP(statuspin) :
22     #print('statuspin ===== ', statuspin)
23     switch1 = [statuspin[0] , '17' ]
24     switch2 = [statuspin[1] , '27' ]
25     switch3 = [statuspin[1] , '22' ]
26     switch4 = [statuspin[1] , '10' ]
27     switch5 = [statuspin[1] , '09' ]
28     switch6 = [statuspin[1] , '11' ]
29     switchall = [switch1 , switch2, switch3 , switch4 , switch5 , switch6]
30     #switch7 = statuspin[6]
31     for switch in switchall :
32         subprocess.call(['gpio' , '-g' , 'mode' , switch[1] , 'out'])
33         subprocess.call(['gpio' , '-g' , 'wirite' , switch[1] ,switch[0]])
34
35

```

Figure III-19: fonction cartTP

### 1.3.6 Les améliorations ajouté au système

L'une des choses négatives dans notre système jusqu'à présent est que vous ne pouvez pas envoyer d'instructions au serveur sauf en allant sur la page de confirmation . A chaque fois, si l'utilisateur a besoin de changer la forme du circuit électrique , il doit appuyer sur le bouton de confirmation

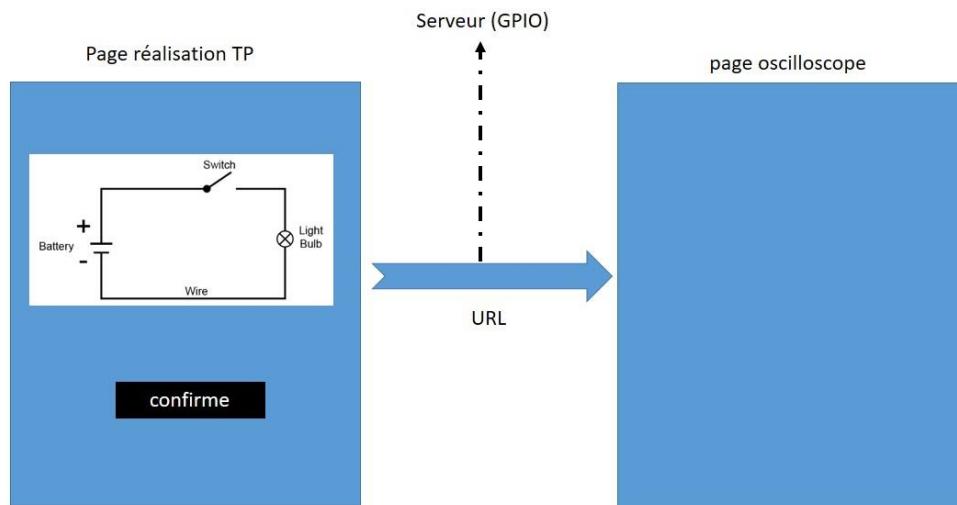


Figure III-20: Changement d'état GPIO avec l'utilisation de **confirmation**

Pour améliorer notre système nous voulons envoyer des commandes directement depuis la page de réalisation .lorsque l'utilisateur ferme et ouvre les switches. Les commandes sont envoyées en temps réel (command GPIO) sur la même page.

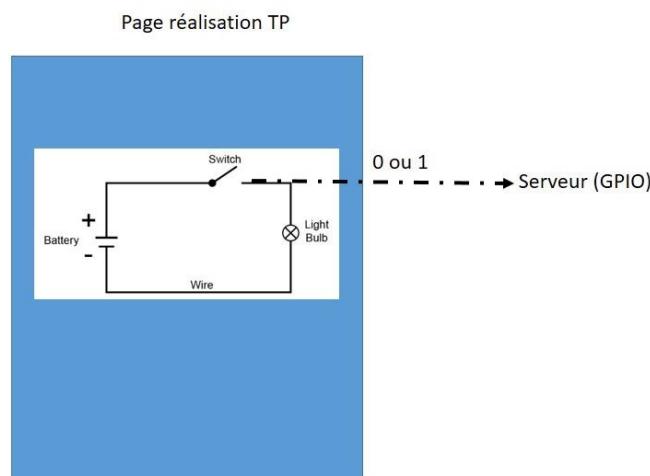


Figure III-21: Commande GPIO sur la même page

L'utilisation de la technologie AJAX permettre de commander directement GPIO en temps réelle sur la même page .Qu'est-ce que l'AJAX ?

#### **1.3.6.1 AJAX**

AJAX est l'acronyme d'Asynchronous JavaScript and XML, ce qui, transcrit en français, signifie « JavaScript et XML asynchrones ».

Derrière ce nom se cache un ensemble de technologies destinées à réaliser de rapides mises à jour du contenu d'une page Web, sans qu'elles nécessitent le moindre rechargement visible par l'utilisateur de la page Web. Les technologies employées sont diverses et dépendent du type de requêtes que l'on souhaite utiliser, mais d'une manière générale le JavaScript est constamment présent.

D'autres langages sont bien entendu pris en compte comme le HTML et le CSS, qui servent à l'affichage, mais ceux-ci ne sont pas inclus dans le processus de communication. Le transfert de données est géré exclusivement par le JavaScript, et utilise certaines technologies de formatage de données, comme le XML ou le JSON

#### **1.3.6.2 Comment AJAX fonctionne dans Django**

AJAX n'est rien d'autre qu'une combinaison d'objets JavaScript et XHR(XMLhttpRequest). Le concept est simple:

**A - Code JavaScript sur le client - Côté / navigateur** fait une demande lorsqu'un événement se produit sur la page Web. Le code JavaScript générera un objet XHR et est envoyé en tant qu'objet de requête au serveur. L'objet XHR contient des données / objets JavaScript. L'objet XHR contient également l'URL ou le nom de la fonction de rappel sur le serveur.

Que notre exemple nous envoie les données suivantes le nom switch (switch\_1 ... ). Et le cas est soit 0 soit 1 données sous forme json

```

405 <script>
406 function myfnc(switch_num,statu_switch){
407     $.ajax({
408         type: "POST",
409         url: "/students/like",
410         data: {'switch_num': switch_num, 'statu_switch': statu_switch},
411         dataType: "json",
412
413     });
414 }
415 </script>

```

utiliser url « /student/like » qui est associé à la fonction qui commander la GPIO line 17

```

6 urlpatterns = [
7     path('', classroom.home, name='home'),
8
9     path('students/', include([
10        path('', students.QuizListView.as_view(), name='quiz_list'),
11        path('interests/', students.StudentInterestsView.as_view(), name='student_interests'),
12        path('taken/', students.TakenQuizListView.as_view(), name='taken_quiz_list'),
13        path('quiz<int:pk>/', students.take_quiz, name='take_quiz'),
14        path('quiz/Compt_rendu/<int:id>', students.pdf_view, name='pdf_view'),
15        path('test', students.test_redirect, name='test_view'),
16        path('quiz/Compt_rendu/<int:id>/data=<str:r>', students.get_vr, name='get_vr'),
17        path('like', students.like, name='like_h' ),
18
19        ]), 'classroom', namespace='students')),
20
-- ...

```

## B - La demande est gérée par le serveur avec une fonction de rappel

La fonction d'affichage ou la fonction de rappel appropriée gère la demande. Il enverra une réponse de succès ou d'échec. La requête étant asynchrone, le reste du code s'exécute sans interruption. À ce moment, le serveur traite la demande.

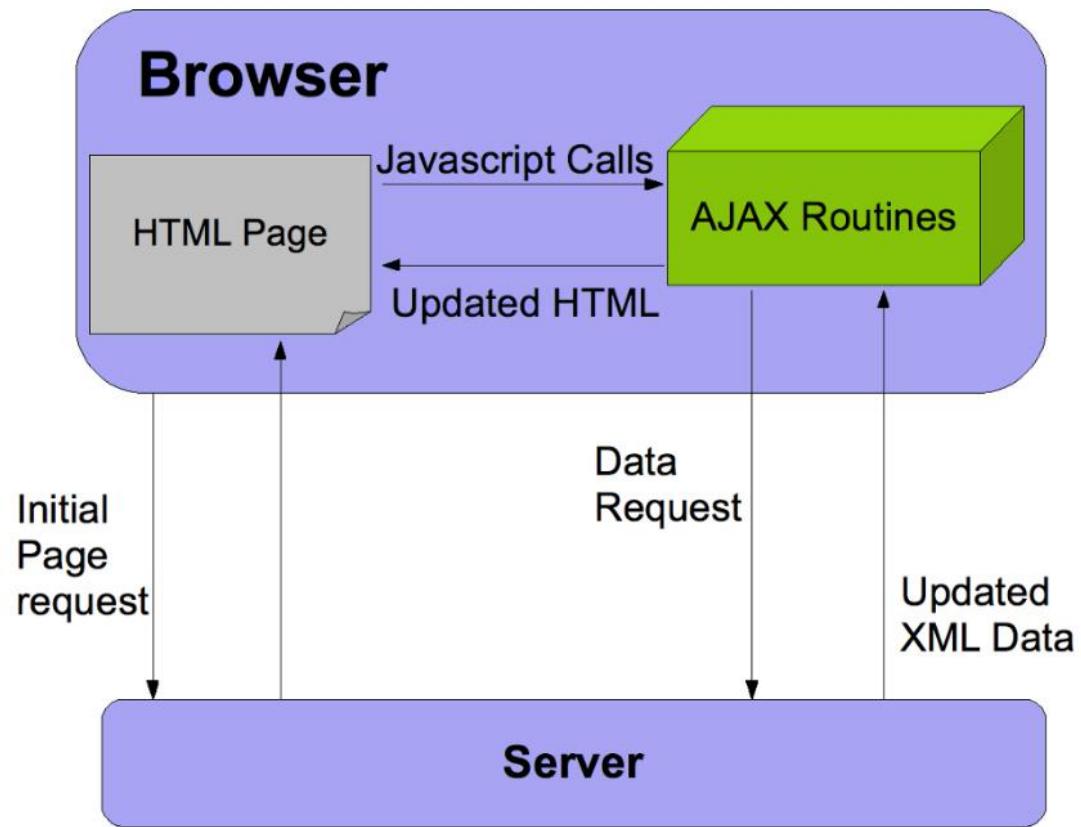


Figure III-22: Ajax - serveur

La fonction appelée sur le serveur

```

318     @login_required
319     @require_POST
320     @csrf_exempt
321     def like(request):
322         if request.method == 'POST':
323             switchs = {'switch_1' : '17' , 'switch_2' : '27','switch_3' : '22',
324                         'switch_4' : '10' , 'switch_5' : '09' , 'switch_6' : '11' ,
325                         'switch_7' : '0000' }
326             data = request.body
327             switch = str(data).split('&')[0].split('=')[1]
328             status = str(data).split('&')[1].split('=')[1][-1]
329             if switch == 'switch_1' and status == 1 :
330                 subprocess.call(['gpio', '-g', 'mode', '5', 'out'])
331                 subprocess.call(['gpio', '-g', 'write', '5', '0'])
332             if switch == 'switch_1' and status == 0:
333                 subprocess.call(['gpio', '-g', 'mode', '5', 'out'])
334                 subprocess.call(['gpio', '-g', 'write', '5', '1'])
335
336             subprocess.call(['gpio' , '-g' , 'mode' , switchs[switch] , 'out'])
337             #print(['gpio', '-g', 'mode', switchs[switch], 'out'])
338             subprocess.call(['gpio' , '-g' , 'wirite' , switchs[switch] , status])
339             #print(['gpio', '-g', 'write', switchs[switch] , status])
340
341             ctx = {'likes_count': 'rt', 'message':'fffffff'}
342             # use mimetype instead of content_type if django < 5
343             return HttpResponseRedirect(json.dumps(ctx), content_type='application/json')

```

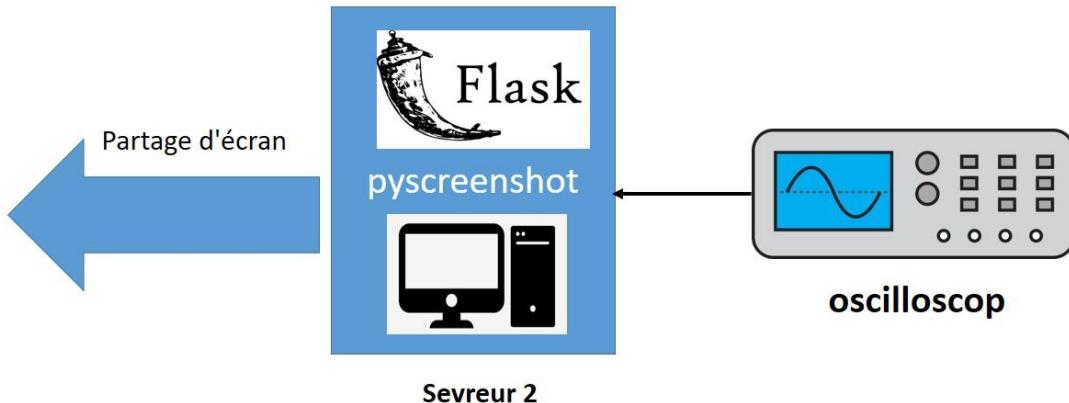
### 1.3.7 Ajouter un serveur Web pour instrumenter la mesure (Oscilloscope PeakTech 1240)

Lors de l'achèvement du projet, nous avons découvert que ce type d'Oscilloscope ne contient pas de serveur web. Il fallait donc trouver une solution.

Il est important de noter qu'il s'agit d'un oscilloscope (PeakTech 1240). Il ne fonctionne sur l'ordinateur qu'à l'aide d'un programme spécial du fabricant et il n'est pas open source. Il ne fonctionne que sur le système d'exploitation Windows. Ce programme permet uniquement de visualiser l'écran de l'oscilloscope. (Alors maintenant, nous faisons le même travail de partage de l'écran via le serveur Web principal)

La meilleure solution à laquelle nous avons pu accéder est d'utiliser un serveur Web fonctionnant sur un système d'exploitation Windows. La seule tâche de ce serveur est de partager l'écran

Nous avons développé ce serveur en utilisant flask et une bibliothèque pyscreenshot



**Figure III-23: serveur 2**

Les fichiers et programmes du serveur sont disponibles sur github au lien suivant

[https://github.com/hemid32/flask\\_lab0](https://github.com/hemid32/flask_lab0)

## 1.4 Technologies utilisées dans le front-end

### 1.4.1 HTML

L'HTML est un langage informatique utilisé sur l'internet. Ce langage est utilisé pour créer des pages web. L'acronyme signifie HyperText Markup Language, ce qui signifie en français "langage de balisage d'hypertexte". Cette signification porte bien son nom puisqu'effectivement ce langage permet de réaliser de l'hypertexte à base d'une structure de balisage.

Ce n'est pas à proprement parlé un langage de programmation, mais plutôt un langage qui permet de mettre en forme du contenu. Les balises permettent de mettre en forme le texte et de placer des éléments interactif, tel des liens, des images ou bien encore des animations. Ces éléments ne sont pas dans le code source d'une page codé en HTML mais "à coté" et la page en HTML ne fait que reprendre ces éléments.

Pour visualiser une page en HTML il est nécessaire d'utiliser un navigateur web.

### 1.4.2 SVG

Le circuit électronique de l'interface web est réalisé par un nouvel élément SVG 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 (SVG, JavaScript) et il est performant et accéléré matériellement sur la plupart des navigateurs et systèmes

### 1.4.3 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 [20154].

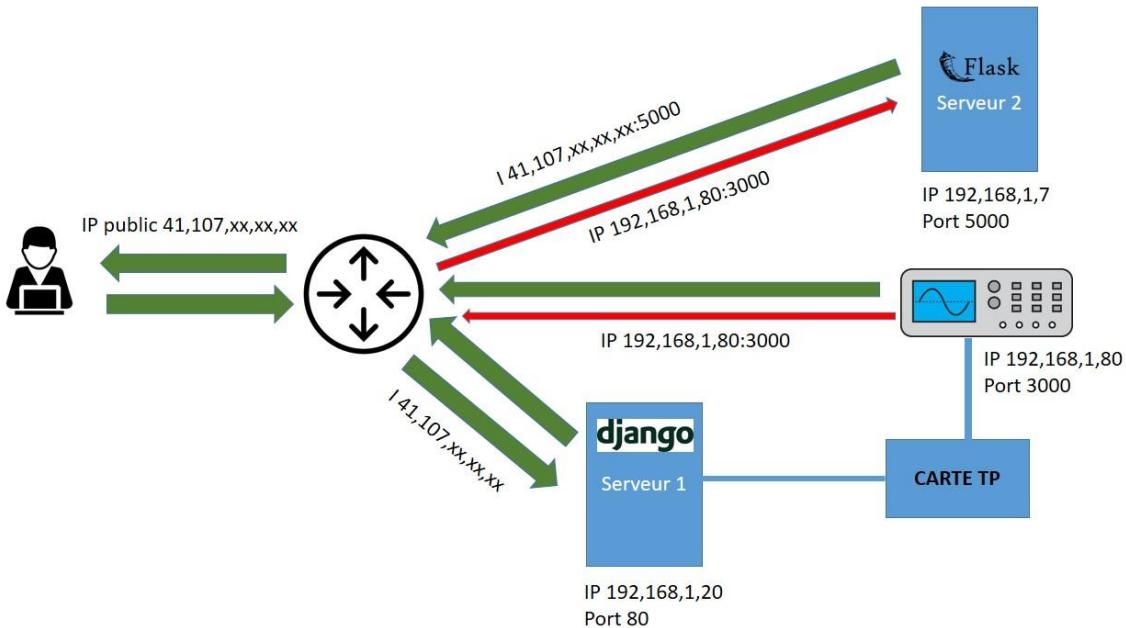
### 1.4.4 Bootstrap

Bootstrap est un framework CSS permettant de faciliter l'écriture de la mise en forme CSS d'un site web.

Avec Bootstrap, vous gagnerez du temps et n'aurez plus besoin de vous prendre la tête sur un décalage de quelques pixels sur votre page web. Tout le CSS a déjà été pensé pour vous.

Plus généralement, nous pouvons dire que c'est un rassemblement de différents morceaux de code utiles à la création d'une page web, aussi bien dans la mise en forme CSS que dans l'animation et l'interactivité du contenu JavaScript.

## 1.5 architecture de réseaux informatiques



## 2. 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.

### 2.1 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** : Ajoutez toutes les informations sur le travail pratique. Et évaluation des étudiants
- **Etudiant** : il s'agit de la personne effectuant le TP, dans le but d'atteindre des objectifs pédagogiques visés par ce TP.
- **Administrateur**: il assure la maintenance du matériel utilisé et gérer les droit

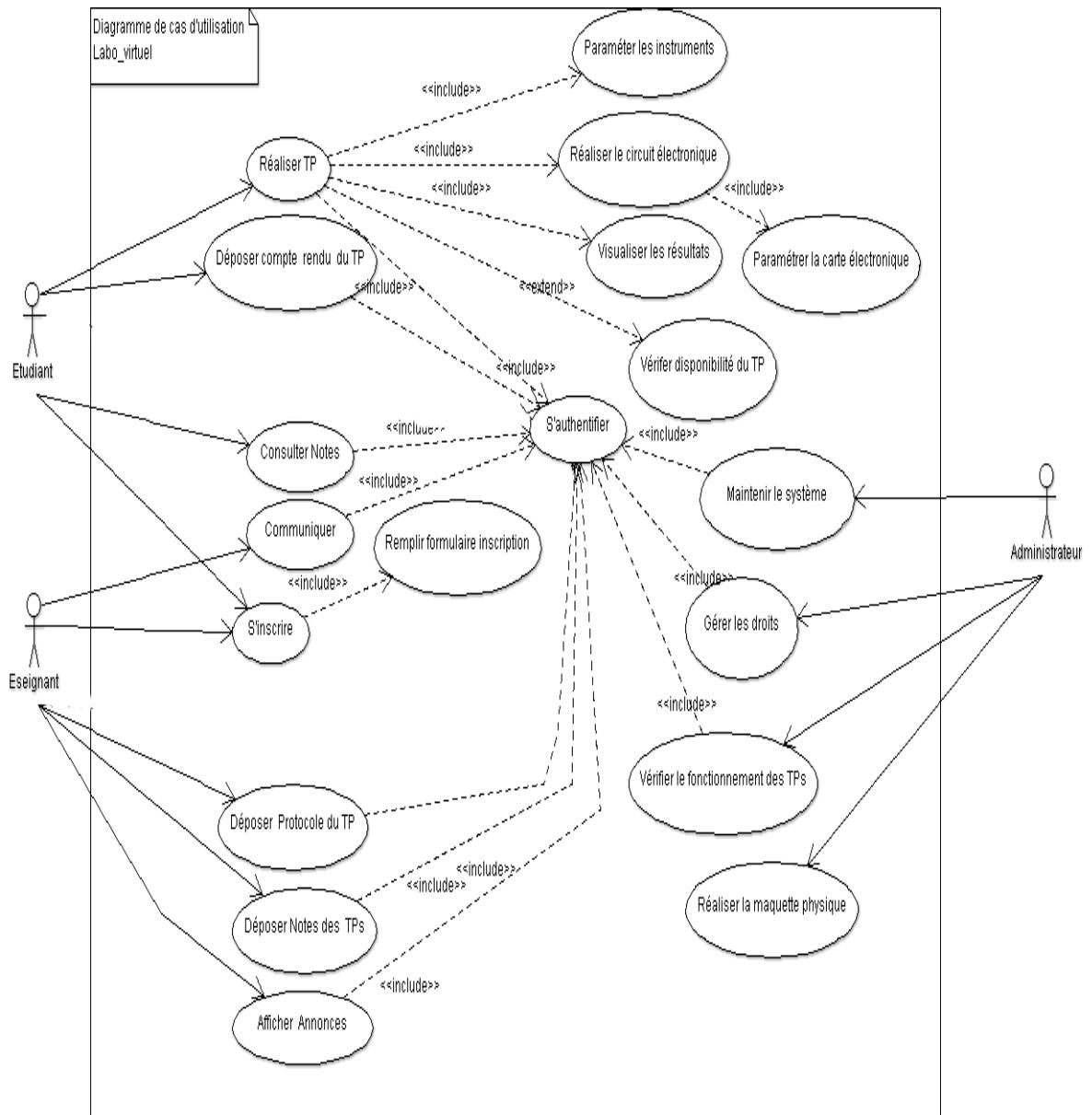


Figure III-20 :Diagramme de cas d'utilisation

## 2.2 . 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 lediagramme de classes suivant pour représenter ces concepts et leurs associations.

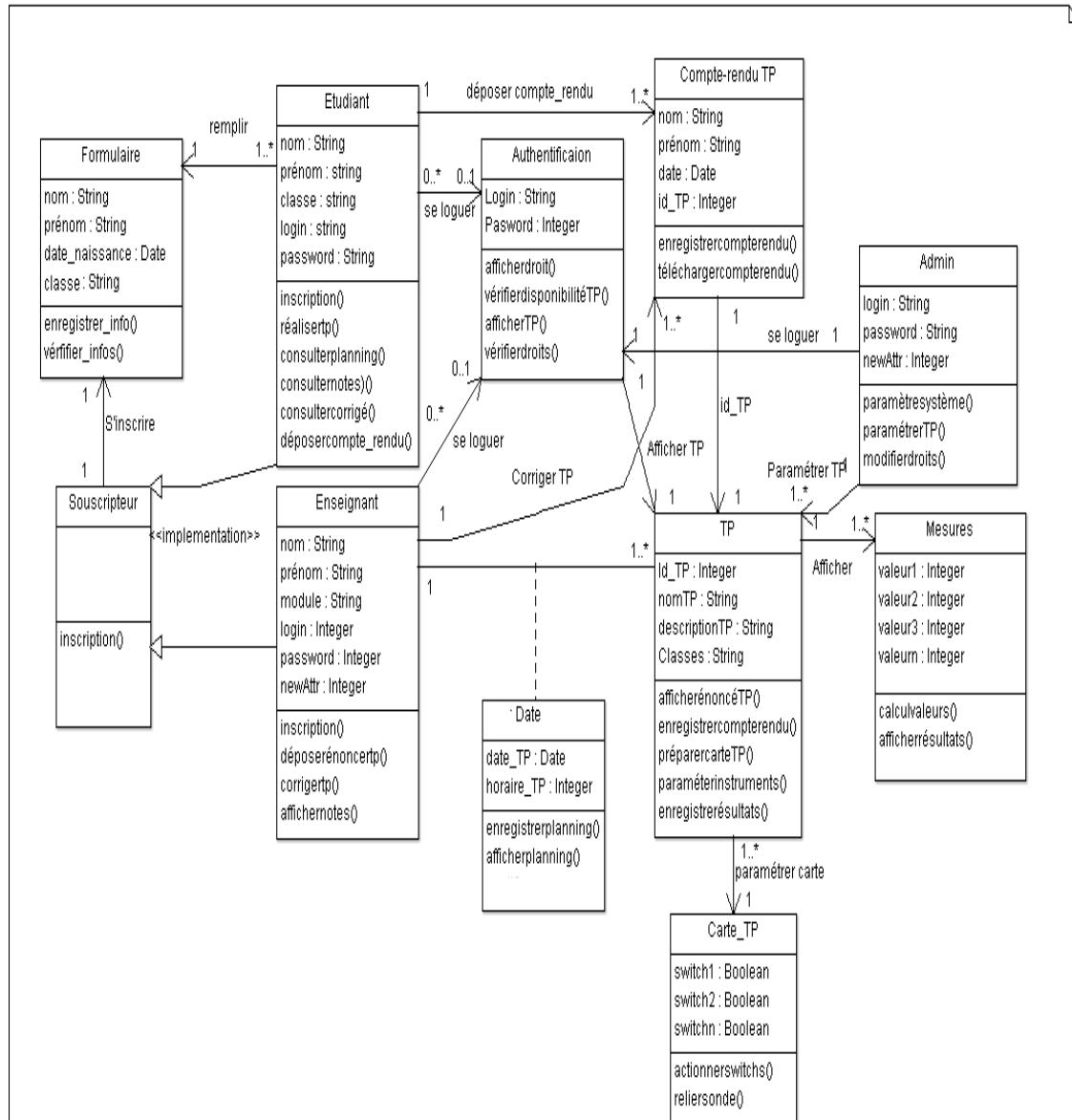
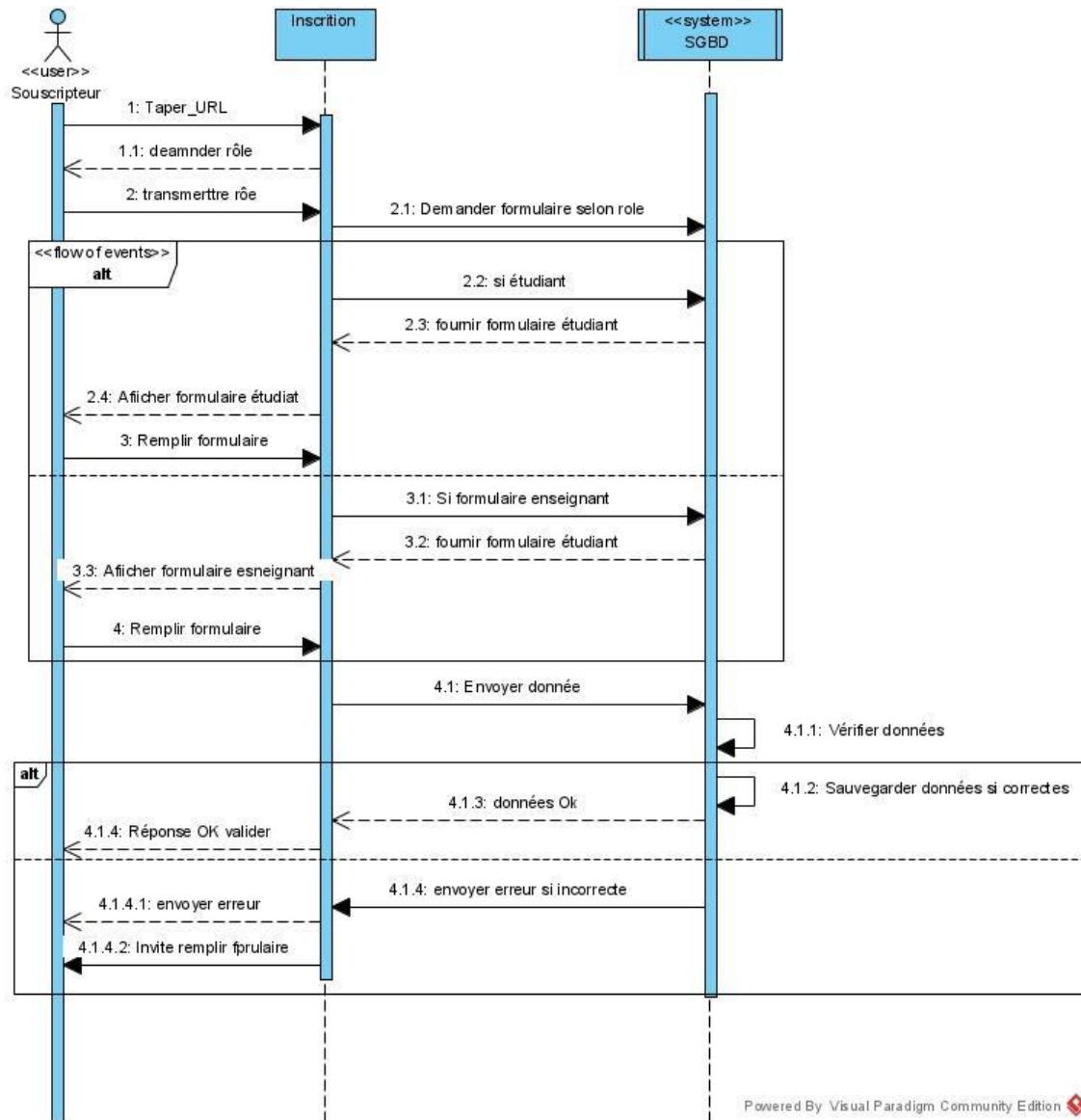


Figure III-21: Diagramme de classe de l'application

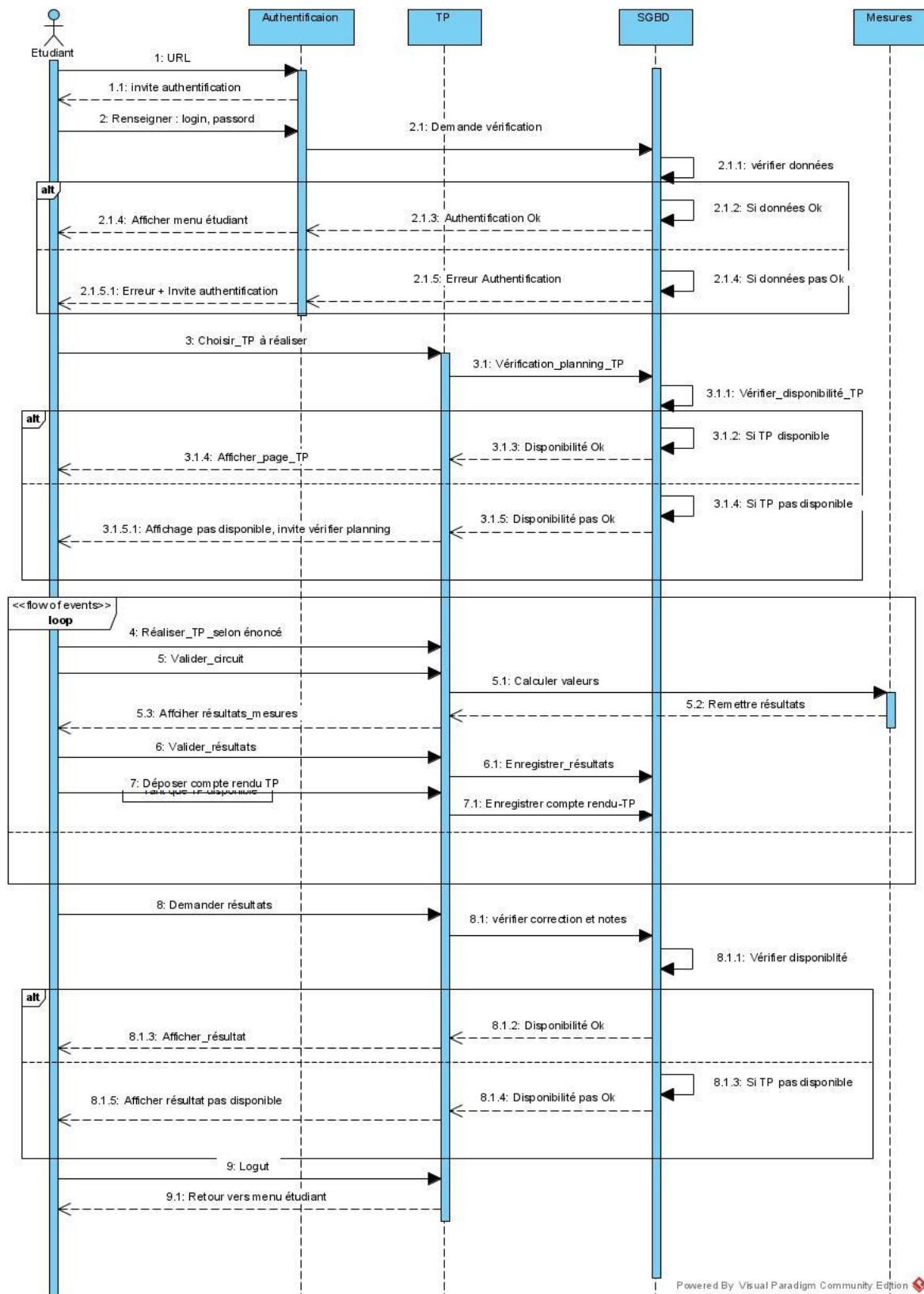
### 3.3. Diagramme de séquence

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

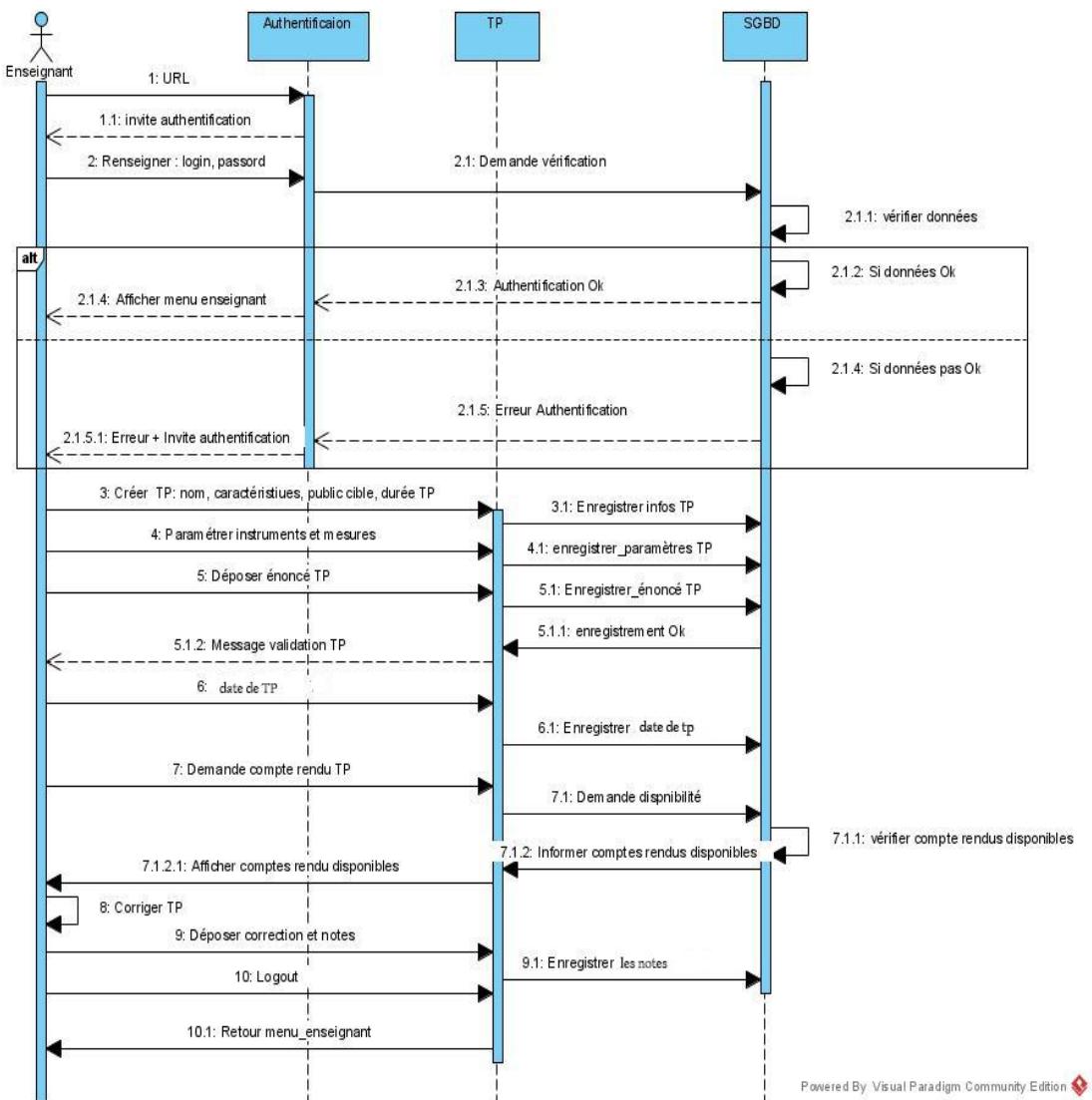
#### 3.3.1 inscription utilisateur



#### 3.3.2 réalisation tp étudiant



### 3.3.3 configuration tp enseignant



### 3. Présentation de l'application

**La page d'accueil de l'application :** Affiche des informations sur le projet et le fonctionnement de l'application

The screenshot shows the homepage of the Labo elbayadh website. At the top, there is a navigation bar with the logo "labo elbayadh" on the left and "Connexion" and "Inscrire" buttons on the right. Below the header, a large "Bienvenue 😊" heading is displayed, followed by a brief introduction about the project's purpose and how it works. A "Comment ça marche ?" section provides a detailed explanation of the system's functionality. At the bottom of the page, there are links to a GitHub repository and an activation link for Windows.

labo elbayadh

Connexion Incrire

Bienvenue 😊

Ce site est un projet de fin d'études Intitulé : **Pilotage à distance d'un système de contrôle pour un laboratoire distant** Connectez-vous [ici](#). Si vous êtes nouveau sur Labo elbayadh créez un [Compte étudiant](#) ou [Compte enseignant](#).

Comment ça marche ?

Le but de ce site est de réaliser un travail pratique à distance. Cela contrôle les outils de laboratoire. Dans notre projet, Choisi de travail pratique sur un circuit électrique. L'étudiant peut se connecter à l'interface, créer un nouveau compte et se connecter après cela.Sur la page d'accueil. Il peut voir toutes les TP en attente de travail (aussi le travail qui a été achevé et attend l'évaluation de l'enseignant). Il peut choisir une TP et commencer à interagir à distance avec des appareils électroniques en laboratoire.Après avoir terminé le travail, l'étudiant déposé le rapport de travail pour évaluation par l'enseignant. L'enseignant peut ajouter de nouveaux travaux de laboratoire. Il peut également modifier et supprimer. Après avoir ajouté le travail, il devient possible de voir le nombre d'élèves qui ont terminé le travail. Et consultez le rapport de chaque élève. Il peut évaluer chaque élève.

© GitHub repository

Activer Windows  
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

**Choisissez le type de compte :** Enseignant ou étudiant

The screenshot shows the sign-up page for creating a new account. It features a header with the "labo elbayadh" logo and "Connexion Incrire" buttons. The main content area is titled "Inscrivez-vous pour un compte gratuit" and includes a sub-instruction to select the account type. Two buttons are provided: "Je suis étudiant" (selected) and "je suis un enseignant". At the bottom of the page, there are links to a GitHub repository and an activation link for Windows.

labo elbayadh

Connexion Incrire

Inscrivez-vous pour un compte gratuit

Sélectionnez ci-dessous le type de compte que vous souhaitez créer

Je suis étudiant je suis un enseignant

© GitHub repository

Activer Windows  
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

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

The screenshot shows a registration form for 'labo elbayadh'. At the top right are 'Log in' and 'Sign up' buttons. The main title is 'Inscrire autant qu'étudiant'. The form fields include:

- Nome (Name) - empty input field
- Prénom (First Name) - empty input field
- Date de naissance\* (Date of Birth) - input field containing '11/11/2111'
- Nom d'utilisation\* (Username) - empty input field with placeholder 'Required. 150 characters or fewer. Letters, digits and @/./+/-/\_ only.'
- Mot de passe\* (Password) - empty input field
- Confirmation de votre mot de passe\* (Confirm Password) - empty input field with placeholder 'Enter the same password as before, for verification.'
- classe\* (Class) - dropdown menu with options:
  - electronique
  - telecom
  - Math
  - Biology
  - electrotechnique
- 

At the bottom left is a copyright notice: © GitHub repository.

**Inscription des enseignant** : cette page permet aux enseignants de s'inscrire sur la plateforme

labo elbayadh

Connexion Incrire

Inscrire autant qu'enseignant

Nome

Prénom

Date de naissance\*

Nom d'utilisation\*

Required: 150 characters or fewer. Letters, digits and @/./+/-. only.

Mot de passe\*

Confirmation de votre mot de passe\*

Enter the same password as before, for verification.

Sign up

Activer Windows  
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

**Page d'accueil de l'enseignant:** affiche le travail pratique qui a été ajouté par l'enseignant.

labo elbayadh

Connecté autant qu' **benameur1**. Se déconnecter.

Bienvenue, monsieur **hemidi benameur1** Voici une liste de toutes les TP que vous avez ajoutées. Pour modifier ou supprimer cliquez sur le titre de TP. Pour ajouter un nouveau TP, cliquez sur Ajouter un TP. Pour voir les résultats et les rapports des étudiants, cliquez sur Afficher les résultats à côté de chaque TP

Ajouter un TP

Title TP	Classe	N qui a terminé	
redressement et filtrage	electronique	0	Résultats
redressement et filtrage TP2	electronique	0	Résultats

© GitHub repository

Activer Windows  
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

**La page d'accueil de l'étudiant:** affiche le travail pratique en attente de fin

The screenshot shows a web application interface for managing practical work (TP). At the top, it says "labo elbayadh" with a graduation cap icon. On the right, it shows "Connecté autant qu' benameur. Se déconnecter." Below this, the title "Les TP" is displayed, along with a navigation bar showing "La filières: electronique telecom Math Biology electrotechnique". There are two tabs: "New" (selected) and "Taken". A table lists five entries:

Title TP	module	
nome TP	module	<button>commencer TP</button>
nome TP	module	<button>commencer TP</button>
hthth	module	<button>commencer TP</button>
TP FILTRAGE	module	<button>commencer TP</button>
nome TP	module	<button>commencer TP</button>

A blue button at the bottom right of the table area says "Activer Windows commencer TP Accédez aux paramètres pour activer Windows.".

### Ajouter un nouveau travail pratique TP (enseignant)

The screenshot shows a form for adding a new practical work (TP) assignment. At the top, it says "labo elbayadh" with a graduation cap icon. On the right, it shows "Connecté autant qu' benameur1. Se déconnecter.". The title "Ajouter un nouveau TP" is displayed. The form fields are:

- Name\*: nome TP
- Subject\*: (dropdown menu)
- Type tp\*: (dropdown menu)
- Module\*: module

At the bottom, there are two buttons: "SUIVANT" (next) and "Annulation" (cancel). A small note at the bottom left says "© GitHub repository". A watermark on the right says "Activez Windows Accédez aux paramètres pour activer Windows."

## Evaluation les étudiants (enseignant)

The screenshot shows a web application interface for evaluating student responses. At the top, there is a header bar with the user's name "lako elbayadh" and a profile icon. To the right, it says "Connecté autant qu' **benameur1**. Se déconnecter". Below the header, the URL "Mon TP / redressement et filtrage / Results" is visible. The main title is "TP : redressement et filtrage". A table titled "Les étudiants qui ont terminé ce TP" lists one respondent:

L'étudiant	Date	compte-rendu	la note	Évaluation
hemidi benameur	44 seconds ago	compte rendu	en attente	<input type="button" value="note"/>

Below the table, it says "Total respondents: 1". At the bottom, there is a note "Note: 19" with a dropdown arrow and a "Submit" button. On the left, there is a GitHub repository link "© GitHub repository". On the right, there is a "Activer Windows" section with the text "Accédez aux paramètres pour activer Windows".

## Réalisation de TP (étudiants)

labo elbayadhp

Connecté en tant que **benameur**. [Se déconnecter](#).

**Title de TP**  
redressement et filtrage TP2

**Description**

Circuit de redressement et filtrage monophasé avec un transformateur point milieu 1.

Objectifs Le but de ce TP est d'appliquer le circuit redresseur monophasé avec TR point milieu

Cliquez [ici](#) pour voir le compte-rendu

Oscilloscope

**rappeler !**

Après avoir terminé le travail, **déposé la compte-rendu**. Appuyez ensuite sur **confirmer**, À évaluer par l'enseignant.

Lorsque vous avez terminé ce processus, vous ne pouvez pas revenir à cette page. Vous devez vous assurer que le travail est bien fait

Compte rendu\*

لم يتم اختبار أي ملفٍ اختبار ملفٍ

[confirmer](#)

© GitHub repository

## 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.

## **Conclusion Générale**

Dans ce travail, un

Enfin, cette mémoire n'est qu'un départ modeste pour des futures contributions et il reste encore beaucoup de perspectives à explorer, telles que :

- 
- 
- 

Finalement ce travail a fait l'objet d'une publication internationale et de plusieurs communications.

## ***Bibliographie***

- [1]. J. Hossain, H. Roy Pota, Robust , “Control for Grid Voltage Stability High Penetration of Renewable Energy,” Springer Singapore, 2014.
- [2]. .....
- [3]. .....
- [4]. .....
- [5]. .....
- [6]. .....
- [7]. .....
- [8]. .....
- [9]. .....

*Annexe A*

*Annexe B*

*Annexe C*

*Abstract:* .....

*Keywords:* .....

: ملخص

: كلمات مفتاحية

*Résumé :* .....

*Mots clés:* .....