



RÉPUBLIQUE DU BÉNIN  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ D'ABOMEY-CALAVI

INSTITUT DE FORMATION ET DE  
RECHERCHE EN INFORMATIQUE

BP 526 Cotonou Tel : +229 21 14 19 88  
<https://www.ifri-uac.bj> Courriel : [contact@ifri-uac.bj](mailto:contact@ifri-uac.bj)



# MÉMOIRE

pour l'obtention du

**Diplôme de Licence en Informatique**

**Option : Génie Logiciel**

**Présenté par :**

Honed syl Arsène Noukpo **AWOUNOU**

## Mise en place d'un laboratoire virtuel pour l'étude des oscillateurs mécaniques

**Sous la supervision :**

Professeur Eugène C. **EZIN**, Enseignant-Chercheur à l'Université d'Abomey-Calavi

**Membres du jury :**

Ratheil HOUNDJII	Dr Ing. (MA)	UAC-IFRI	Président
Fidèle HOUNSOUNOU	Ingénieur	UAC-IFRI	Examineur
Arnaud DOGNON	Ingénieur	UAC-IFRI	Rapporteur

Année Académique : **2019-2020**

# Sommaire

Dédicace	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Abstract	v
Table des figures	vi
Introduction	1
1 État de l'art	3
2 Matériel et méthode de conception	11
3 Résultats	20
Conclusion	27
Bibliographie	28
Webographie	29
Table des matières	30

# Dédicace

A

Mon père **Honorat E. AWOUNOU**

Ma mère **Sylvie S. BOGNAHO**

Mon frère et ma sœur

# Remerciements

Comme il est écrit dans le livre des Psaumes au chapitre 103 verset 2, mon âme bénit l'Éternel Dieu et n'oublie aucun de ses bienfaits. J'exprime ma profonde gratitude au Seigneur pour ses œuvres dans ma vie et pour l'amour dont Il me fait grâce chaque jour. À travers ce mémoire, je tiens à remercier :

- Mon maître de mémoire, le professeur Eugène C. EZIN, directeur de l'IFRI, pour l'offre de formation, ses conseils et son suivi le long de la formation ;
- Le Directeur Adjoint de l'IFRI, Monsieur Gaston EDAH pour son accompagnement tout au long de la formation ;
- Tous les professeurs de l'IFRI qui ont participé à ma formation ;
- Monsieur Pierre-Jérôme ZOHOUE pour ses conseils et son accompagnement tout au long de ma formation ;
- Tous les membres de l'administration de l'IFRI ;
- Toute l'équipe d'EtriLabs pour l'accueil et la convivialité dont j'ai bénéficié ;
- Pamelé ZANTOU pour son suivi et ses conseils et recommandations qui m'ont énormément aidé dans le cadre de ce mémoire ;
- Patrick LOUEKE pour son soutien et son aide dans la réalisation du projet ;
- Mes amis Bruneck AGOMADJE, Celda GOUDALO, Ba'Hith BENON, Izdine ASSOUNDO, Biblis ABATTI, Dorcas ADJIBI et Vanessa ADEYEMI ;
- Tous mes camarades et amis de l'IFRI ;
- Et vous qui lisez ces lignes.

# Résumé

L'Informatique a pour objectif principal de résoudre des problèmes à travers l'automatisation de tâches et son impact dans les différents secteurs d'activités existants n'est plus à démontrer. Dans les pays sous développés de l'Afrique principalement au Bénin, son utilisation demeure malheureusement très faibles dans certains domaines tels que l'éducation. L'enseignement des sciences expérimentales dans les écoles nécessite que l'on associe la théorie à la pratique. C'est dans cette optique que certaines écoles se dotent de laboratoires physiques pour permettre à leurs apprenants de pratiquer les notions théoriques acquises afin d'en avoir une meilleure appréhension. Cependant, la mise en place de ces laboratoires revient parfois très chère ; ce qui empêche la majorité des écoles de les avoir ou de bien les équiper.

Dans ce travail, nous avons mis en place un outil informatique au service de la pédagogie dans le cadre de l'enseignement du fonctionnement des oscillateurs mécaniques sans que les ressources financières dont elles disposent ne constituent un frein à l'atteinte de leurs objectifs. Il s'agit d'un laboratoire virtuel qui est sous forme de plateforme web constituée de module de cours et de quiz sur laquelle tout élève de terminale scientifiques peut apprendre et maîtriser la notion d'oscillateurs mécaniques.

**Mots clés :** Informatique, technologies, outil informatique, éducation, pédagogie, laboratoire pédagogique, laboratoire virtuel, sciences expérimentales.

---

# Abstract

The main objective of information technology is to solve problems through the automation of tasks and its impact in the various existing sectors of activity is no longer to be demonstrated. In the underdeveloped countries of Africa, mainly in Benin, its use remains unfortunately very weak in certain fields such as education. The teaching of experimental sciences in schools requires that theory be associated with practice. With this in mind, some schools have set up physical laboratories to allow their students to practice the theoretical concepts they have learned in order to have a better understanding of them. However, the implementation of these laboratories is sometimes very expensive, which prevents most schools from having them or equipping them well.

In this work, we have set up a computerized tool for teaching the operation of mechanical oscillators without the financial resources available to them being an obstacle to achieving their objectives. It is a virtual laboratory which is in the form of a web platform made up of course modules and quizzes on which any student of scientific grade 12 can learn and master the concept of mechanical oscillators.

**Key words:** Computer science, technologies, computer tools, education, pedagogy, pedagogical laboratory, virtual laboratory, experimental sciences.

# Table des figures

1.1	Laboratoire virtuel : Circuit électrique [12]	6
1.2	Laboratoire virtuel : Solutions acido-basiques [16]	6
1.3	Laboratoire virtuel : Clonage de souris (Biologie) [14]	7
1.4	Groupes d'élèves au laboratoire	8
2.1	Preview Graasp Starter Lab	14
2.2	Résumé des rôles de la méthode Scrum [9]	15
2.3	Backlog Laboratoire Virtuel [10]	16
2.4	Diagramme de cas d'utilisation Laboratoire Virtuel	17
2.5	Diagramme de séquence UML du cas d'utilisation «Passer le quiz»	18
3.1	Accueil Laboratoire virtuel	22
3.2	Sommaire Module de Cours	22
3.3	Menu Quiz Laboratoire virtuel	23
3.4	Choix des forces	23
3.5	Choix de l'orientation des forces	24
3.6	Cas d'erreur	24
3.7	Message de succès	25
3.8	Affichage du résultat	25
3.9	Fin d'un scénario du quiz	26
3.10	Fin du quiz	26

# Introduction Générale

L'outil informatique constitue un puissant appui pour l'enseignement des sciences expérimentales. En considérant les progrès remarquables et non négligeables que connaît la technologie de nos jours, il est nécessaire de mettre à jour dans les écoles, les méthodes d'enseignement afin d'offrir aux apprenants, une éducation de qualité.

## Contexte

La pratique joue un rôle très important dans l'enseignement des sciences expérimentales (Physique, Chimie et Biologie) dans nos écoles et lycées. Elle permet de vérifier une loi, d'illustrer un cours et de confirmer la partie théorique de l'enseignement. La pratique donne à l'apprenant, l'occasion d'appliquer et de consolider les notions qu'il a acquises durant l'apprentissage.

## Problématique

De nos jours, les élèves manifestent de moins en moins l'envie de s'inscrire dans des séries scientifiques et leur effectif ne cesse de connaître une diminution dans ces séries. Le manque d'expérimentation des notions théoriques acquises par les apprenants en classe ainsi que l'absence d'un environnement stimulant expliquent entre autres cet état de choses. Pour pallier ces problèmes, il s'avère indispensable de mettre à la disposition des enseignants et des apprenants, des laboratoires pour les expérimentations. Cependant, la mise en place des laboratoires physiques est onéreuse et la plupart des écoles n'arrivent pas à se les offrir. Une solution efficace est de déployer des laboratoires virtuels qui sont très peu coûteux et qui offrent pratiquement la même expérience que les laboratoires réels.

## Objectif

Le présent travail vise à mettre en place un laboratoire virtuel, intuitif et convivial dont l'objectif sera de permettre aux élèves de terminale C et D de mieux comprendre la notion d'oscillateurs mécaniques. De façon spécifique, il s'agit de :



- 
- mettre en place une plateforme web avec un module de cours portant sur la notion d'oscillateurs mécaniques,
  - mettre en place une plateforme dotée d'un module de quiz qui permettra aux apprenants d'apprendre à identifier des forces appliquées à différents systèmes, dans des états bien définis.

## **Organisation du document**

Ce mémoire est organisé en trois différents chapitres. Le premier chapitre est une revue de littérature dans laquelle est présentée les laboratoires pédagogiques classiques, les laboratoires virtuels ainsi que le projet GOGA. Dans le deuxième chapitre, nous présentons les différents outils recensés dans la réalisation du travail ainsi que la méthodologie suivie. Enfin, le troisième chapitre présente les résultats obtenus et les perspectives.

# État de l'art

## Introduction

Les laboratoires virtuels représentent une solution alternative au manque de matériels pour les travaux pratiques dans les écoles. Dans ce chapitre, nous faisons une présentation générale de la notion de laboratoire virtuel et un tour d'horizon sur les laboratoires pédagogiques classiques existants.

## 1.1 Les laboratoires pédagogiques

### 1.1.1 Généralités

La pédagogie, c'est l'art d'enseigner ou les méthodes d'enseignement propres à une discipline, à une matière, à un ordre d'enseignement, à un établissement d'enseignement ou à une philosophie de l'éducation. [2] Dans l'enseignement des sciences expérimentales, certaines de ces méthodes reposent essentiellement sur la pratique. Il s'agit de faire passer les apprenants d'une théorie qu'ils ne comprennent pas forcément, au concret qu'ils saisissent mieux. Ils arrivent ainsi à mieux comprendre la notion abordée et en acquièrent par la même occasion une idée concrète d'utilisation. Dans certaines écoles, la pratique se fait dans des salles spécialisées dénommées laboratoires.

### 1.1.2 Les laboratoires pédagogiques classiques

Les laboratoires pédagogiques sont des locaux aménagés et équipés pour faire des recherches scientifiques, des analyses biologiques, des travaux photographiques, des essais industriels, des expériences, etc. Ces laboratoires ont pour avantage principal de placer les apprenants dans un contexte concret où ils ont la possibilité de toucher du doigt les outils qu'ils ont abordé en théorie. Ceux-ci interagissent et se familiarisent avec le matériel ; ce qui leur donne une meilleure compréhension de la notion abordée.

## 1.2 Les laboratoires classiques dans le système béninois

Dans le système éducatif béninois, les laboratoires dans les écoles qui en disposent sont des salles construites d'une manière particulière et équipées d'outils tels que le microscope, les fioles, les tableaux, etc. Ces outils varient en fonction des écoles et des moyens dont elles disposent.

Dans les collèges, les travaux pratiques se font généralement dans deux matières :

- Sciences de la Vie et de la Terre (SVT);
- Physiques Chimie et Technologie (PCT).

Un enseignant avant d'effectuer des travaux pratiques avec ses apprenants, prépare des fiches techniques sur lesquelles sont énumérés les différents outils et les conditions nécessaires à la réalisation et au bon déroulement de ces travaux pratiques. Certaines de ces conditions sont dictées par le laborantin de l'établissement qui maîtrise mieux les outils. Au nombre de ces conduites, nous avons :

- le lavage des mains avant l'accès au local,
- le port de gants de protection en cas de contact avec du matériel dangereux,
- le port de masques en cas de contact avec du gaz ou substances volatiles nuisibles à la santé,
- l'observation d'une distance entre les apprenants et le matériel,
- la restriction du nombre d'apprenants ayant accès au local pour éviter la détérioration de matériel,
- etc.

Une fois toutes ces conditions réunies, l'enseignant procède à l'expérimentation en fonction des détails qu'il a préalablement inscrits sur sa fiche.

### 1.2.1 Avantages des laboratoires classiques

L'expérimentation en laboratoire :

- stimule l'apprenant, alimente en lui la réflexion et développe en lui de nouvelles capacités,
- tient lieu de terrain de simulation pour l'apprenant. Il peut apprendre de ses erreurs et avoir la possibilité de recommencer les expériences,
- offre la possibilité à l'apprenant de s'intégrer et de développer une bonne interaction avec ses camarades et ses enseignants [1]

### 1.2.2 Insuffisances des laboratoires classiques

Les laboratoires physiques présentent de nombreuses insuffisances :

- les expériences sont trop dangereuses, trop coûteuses ou trop longues à réaliser dans le laboratoire d'un établissement d'enseignement (par exemple les expériences impliquant des gaz volatiles);

- les expériences doivent être menées avec la plus grande précision pour que les élèves ou étudiants puissent observer des modèles ou des tendances ou ne peuvent être réalisées avec suffisamment de précision par des élèves ou étudiants sans outils de simulation ;
- certaines expériences vont à l'encontre des lois de la nature, par exemple celles qui consistent à observer des collisions cinétiques qui enfreignent la loi de conservation de la quantité de mouvement ;
- les expériences soulèvent des problèmes d'éthique, par exemple certaines expériences de biologie. [7]

## 1.3 Les laboratoires pédagogiques virtuels

Les laboratoires virtuels sont des plateformes numériques permettant aux utilisateurs d'effectuer une simulation sous forme réelle d'expériences de laboratoire. Ces plateformes offrent la possibilité de transmettre aux utilisateurs des informations sous diverses formes (visuelle, sonore...) ; ce qui les place dans un environnement et un contexte réels où ils peuvent réaliser plusieurs types d'interaction.

### 1.3.1 Avantages des laboratoires

L'utilisation des laboratoires virtuels présentent de nombreux avantages et combrent de nombreuses insuffisances des laboratoires classiques :

- elle augmente la motivation des apprenants,
- elle incite ces derniers à être plus actifs dans l'apprentissage,
- les coûts de mise en oeuvre, d'opération et d'équipements sont réduits radicalement, en plus de la quasi élimination des risques matériels, physiologiques et même éthiques, comme dans le cas des dissections,
- les laboratoires virtuels sont accessibles au plus grand nombre... [8]

### 1.3.2 Insuffisances des laboratoires

- quand il s'agit de manipulation directe, les laboratoires ne reproduisent fidèlement ni les délais, ni les sensations ni les possibilités de dérangements imprévus,
- les apprentissages réalisés ne comporteront qu'une partie de la réalité et les individus ne seront que partiellement qualifiés. [8]

Les figures 1.1, 1.2 et 1.3 illustrent trois laboratoires virtuels ; le premier portant sur les circuits électriques et permettant aux apprenants de monter leur propre circuit électriques en choisissant les caractéristiques des différents composants et de visualiser en temps réel le comportement de chacun d'eux, le deuxième portant sur la chimie et permettant aux apprenants de mesurer le potentiel hydrogénique (pH) d'une solution dont ils auront choisi la nature (acide ou basique) et les caractéristiques avec différentes interactions possibles puis le troisième portant sur la biologie et enseignant aux élèves les différentes étapes du clonage.

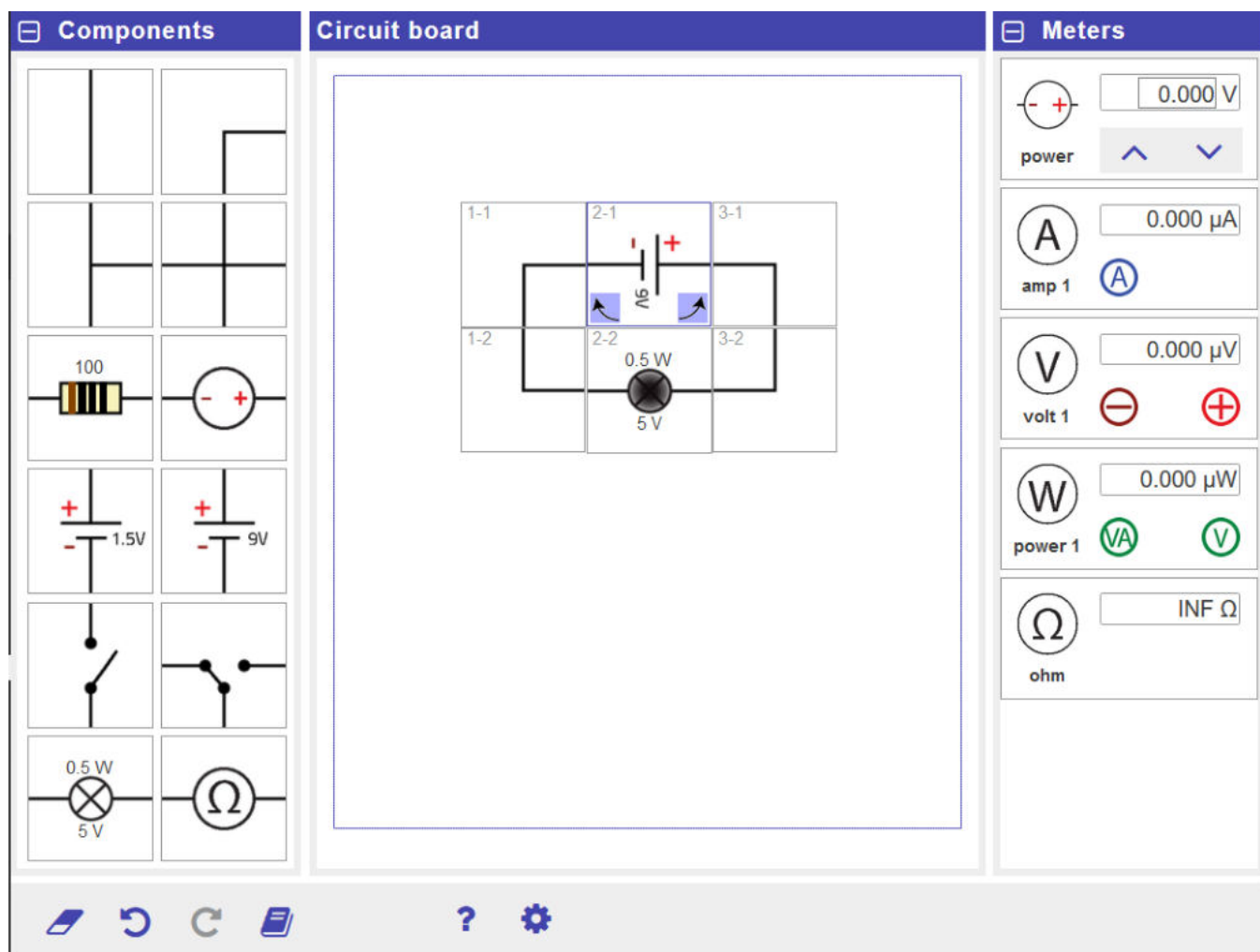


FIGURE 1.1 – Laboratoire virtuel : Circuit électrique [12]

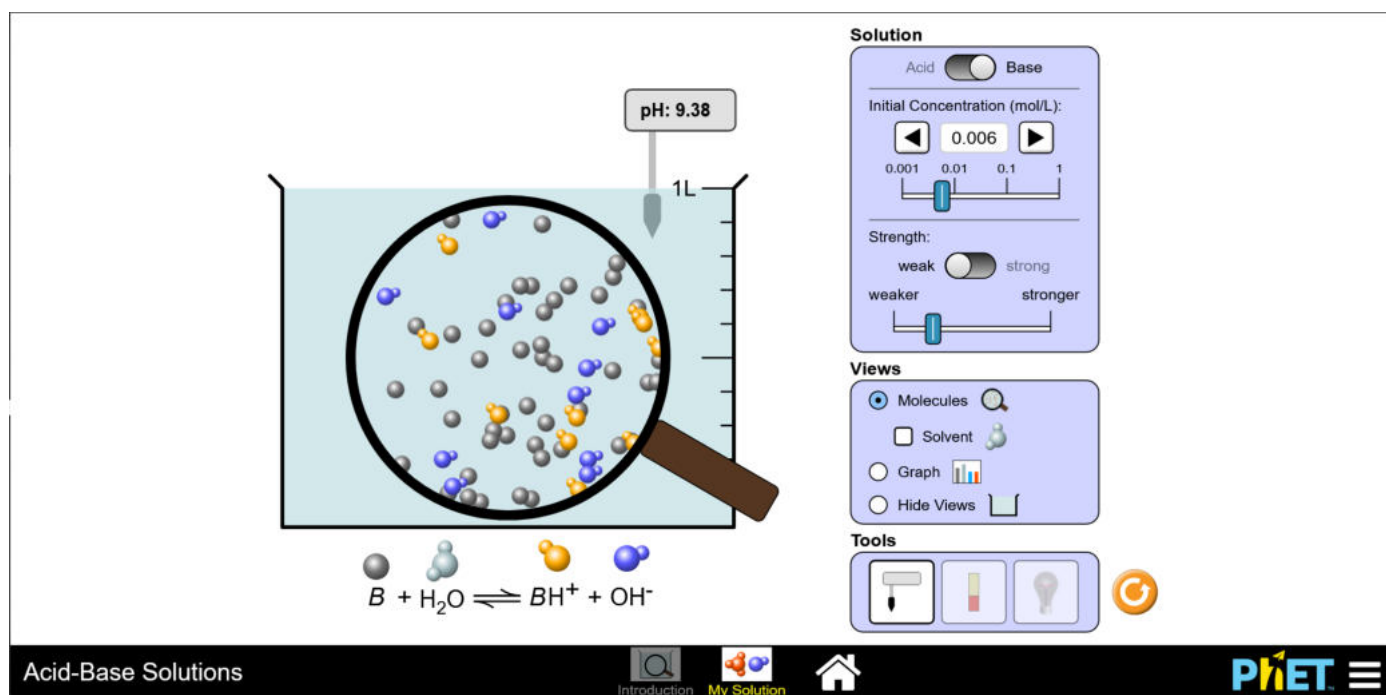


FIGURE 1.2 – Laboratoire virtuel : Solutions acido-basiques [16]

## Click and Clone

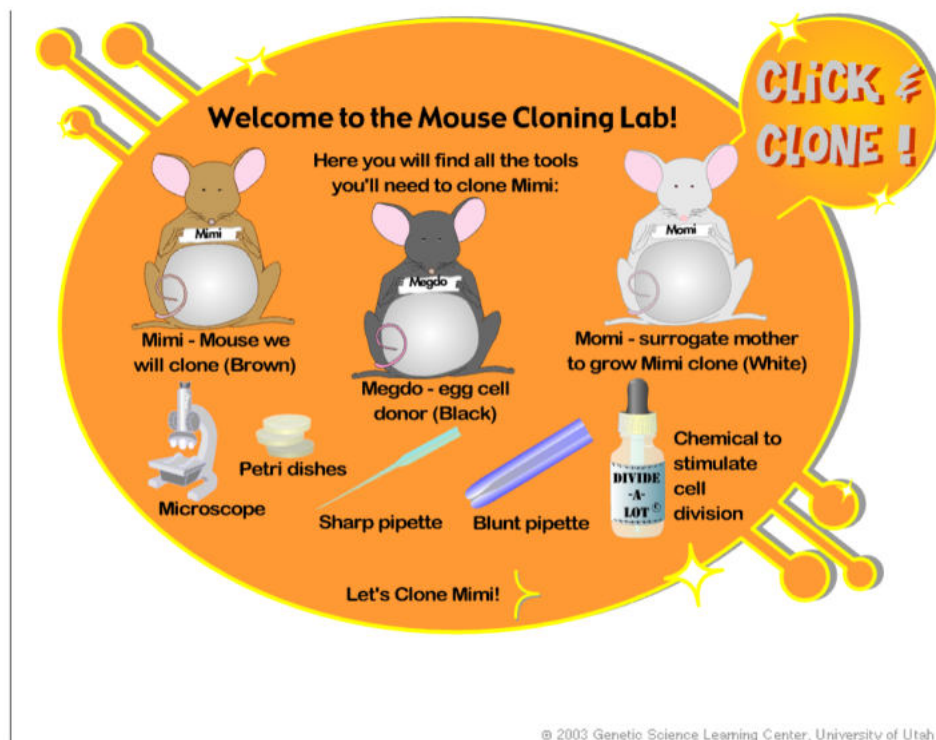


FIGURE 1.3 – Laboratoire virtuel : Clonage de souris (Biologie) [14]

Force est de constater que le système éducatif béninois ne compte à ce jour, que des laboratoires pédagogiques classiques.



FIGURE 1.4 – Groupes d'élèves au laboratoire

## 1.4 Spécifications de la solution

Les insuffisances des laboratoires qui ont été énumérées dans la section précédente nous ont permis de songer à une solution qui respecte les spécifications suivantes :

- la solution à développer doit être accessible à tous les apprenants ;
- la solution doit être un environnement intuitif, convivial, stimulant et facile d'utilisation pour l'apprenant ;
- la solution doit permettre aux apprenants de bien comprendre les notions théoriques portant sur les oscillateurs mécaniques qu'ils ont reçues en classe ;
- la solution doit permettre aux apprenants d'identifier toutes les forces appliquées à un système dans un état donné afin de maîtriser la première étape dans l'étude d'un système ;
- la solution doit permettre à l'apprenant d'assimiler de façon rapide et efficace, la notion d'oscillateurs mécaniques.

## 1.5 L'initiative GO-GA et les laboratoires virtuels

Abrégé GO-GA, GO-Lab Goes Africa est la startup numérique dans laquelle nous avons effectué notre stage académique de fin d'étude.

### 1.5.1 L'initiative GO-GA

L'initiative Go-GA (Go-Lab Goes Africa) [13] est née du projet Go-Lab, qui a duré de novembre 2012 à octobre 2016, et a donné son nom à l'initiative. L'objectif principal de GO-GA est d'adapter et de mettre en œuvre l'écosystème d'apprentissage Go-Lab en Afrique, en commençant par un projet pilote dans trois pays que sont le Bénin, le Nigéria et le Kenya, puis en l'étendant à d'autres utilisateurs et à d'autres pays. L'écosystème Go-Lab offre aux élèves des expériences scientifiques et technologiques riches, stimulantes et socialement ancrées qui façonnent leurs connaissances scientifiques et technologiques, ainsi que des capacités de réflexion et de socialisation. En commençant dès le plus jeune âge, Go-Lab entend augmenter l'effectif des élèves dans les séries scientifiques, en proposant des outils d'apprentissage attrayants et interactifs afin de soutenir la diminution du taux d'abandon scolaire. En combinant la recherche et les compétences du XXI<sup>e</sup> siècle, il entend contribuer à une main-d'œuvre mieux équipée. Tous ces avantages sont très nécessaires en Afrique également ; c'est pourquoi le but du projet GO-GA est de sortir le Go-Lab de l'Europe, d'adapter son écosystème aux exigences africaines et de le déployer sur le continent africain. Pour ce faire, une formation approfondie des enseignants en matière de compétences pédagogiques et techniques est nécessaire. GO-GA s'appuie sur les expériences réussies, les mises en œuvre et les développements qui ont été réalisés dans le cadre du projet Go-Lab et qui se poursuivent actuellement dans le cadre du projet Next-Lab. [13] C'est au sein de la startup GO-GA que s'est déroulé notre stage académique sur une durée de six (06) mois. Au cours de ce stage, nous avons appris de nouvelles technologies et travaillé sur de nombreux projets dont celui-ci qui fait l'objet de notre mémoire.

### 1.5.2 À propos de GO-Lab

L'écosystème Go-Lab cible les enseignants de sciences des écoles primaires et secondaires et vise à les aider à enrichir leurs pratiques d'enseignement avec des approches pédagogiques innovantes et à leur fournir des outils techniques de soutien. L'écosystème Go-Lab se compose des deux principaux composants :

- La plate-forme de partage Go-Lab offre une vaste collection de laboratoires à distance et virtuels éprouvés en qualité («Labs»), partagés par des institutions de recherche et des fournisseurs de technologie du monde entier. Ces laboratoires en ligne permettent aux étudiants de faire des expériences scientifiques dans un environnement virtuel. En outre, de multiples applications Web («Apps») sont offertes, soutenant les élèves dans leurs activités d'apprentissage de recherche et les enseignants dans la préparation, la mise en œuvre et le suivi de ces activités. Enfin, les enseignants ont la possibilité de partager des espaces d'apprentissage de la recherche («Espaces d'apprentissage») qu'ils créent pour leurs élèves avec d'autres enseignants, afin qu'ils puissent bénéficier de scénarios prêts à l'emploi et disponibles pour différents domaines et dans différentes langues.



- La plate-forme d'auteur Go-Lab permet aux enseignants de créer facilement des espaces d'apprentissage par investigation, qui sont des espaces virtuels, structurés selon les phases du processus d'apprentissage par investigation et contenant des laboratoires en ligne, des applications d'apprentissage par investigation, et tout autre matériel d'apprentissage multimédia sélectionné par l'enseignant. Ces espaces peuvent être partagés par l'enseignant (e) avec ses élèves, afin qu'ils puissent étudier individuellement ou en groupe, et en menant des expériences en ligne. En outre, à l'aide des applications de suivi, l'enseignant peut suivre les progrès des élèves et fournir un soutien, si nécessaire. Des outils de communication et de collaboration pour les enseignants et les élèves sont également disponibles. [13]

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons d'une part fait une présentation des différents types de laboratoires pédagogiques existants, des laboratoires pédagogiques classiques dont dispose le système éducatif béninois, relevé les insuffisances que présentent ces derniers ; insuffisances qui constituent la raison d'être de notre thème et d'autre part décrit l'initiative à l'origine de notre projet.

# Matériel et méthode de conception

## Introduction

En nous basant sur les hypothèses de recherche établies dans le précédent chapitre, nous avons songé à concevoir un laboratoire virtuel pour l'étude des oscillateurs mécaniques. Ce laboratoire va permettre aux apprenants de pratiquer, d'approfondir et de maîtriser les notions portant sur les oscillateurs mécaniques qu'ils ont acquises en classe. Le laboratoire virtuel est une plateforme et précisément une application web accessible via n'importe quel navigateur internet. Dans le présent chapitre, nous procédons à la conception de l'application. Pour ce faire, nous faisons d'abord une analyse des besoins, présentons ensuite la méthode de travail utilisée et les outils intervenant dans la conception du laboratoire et enfin faisons la modélisation et le développement proprement dit du laboratoire.

## 2.1 Analyse des besoins

La conception de ce projet a nécessité un ensemble d'outils qui ont été énumérés après la réalisation du cahier de charges. Les besoins suivants ont été identifiés à partir des objectifs visés par le projet :

- L'utilisation de la modélisation orientée objet;
- L'utilisation de la programmation Web dynamique;
- L'utilisation d'un langage de programmation orienté objet;
- L'utilisation d'une librairie créée essentiellement pour la mise en place des laboratoires virtuels.

## 2.2 Outils et méthode

### 2.2.1 Outils

La réalisation de notre laboratoire virtuel a impliqué l'utilisation :

- d'un langage de modélisation orienté objet (UML);

- d'un langage de programmation orienté objet (Javascript);
- d'un framework frontend : ReactJS;
- d'une librairie présente sur GitHub (Graasp);
- d'un environnement de développement (Visual Studio Code).

Ces différents outils sont ceux utilisés par la startup dans laquelle notre stage académique de fin de formation s'est déroulée.

### 2.2.1.1 Langage de modélisation UML

La réalisation d'un projet informatique passe par deux grandes phases : une phase d'analyse et une phase de conception. La phase d'analyse est subdivisée en plusieurs autres phases dont celle de l'analyse des besoins de l'utilisateur où l'on définit les différentes fonctionnalités du produit à développer, l'usage de ce produit et les différentes interactions avec ce dernier. La réalisation de ces deux grandes phases nécessite l'utilisation d'un ensemble d'outils et de notations. UML est l'une des notations les plus utilisées de nos jours.

UML, c'est l'acronyme anglais pour « Unified Modeling Language ». On le traduit par « Langage de modélisation unifié ». La notation UML est un **langage visuel** constitué d'un ensemble de schémas, appelés des **diagrammes**, qui donnent chacun une vision différente du projet à traiter. UML nous fournit donc des diagrammes pour **représenter** le logiciel à développer : son fonctionnement, sa mise en route, les actions susceptibles d'être effectuées par le logiciel, etc. [11]

Réaliser ces diagrammes revient donc à **modéliser les besoins** du logiciel à développer. Pour réaliser ces diagrammes, nous allons utiliser le logiciel de modélisation ArgoUML qui est un logiciel libre fonctionnant sous Java et qui permet de réaliser ou d'importer plusieurs types de diagrammes UML.

### 2.2.1.2 Langage de programmation JavaScript

Un **langage de programmation** est une notation conventionnelle permettant de formuler des algorithmes et de produire des programmes informatiques qui appliquent ces algorithmes. [3]

**JavaScript** a été introduit en 1995 comme moyen d'ajouter des programmes aux pages web dans le navigateur Netscape Navigator. Cette langue a depuis été adoptée par tous les autres grands navigateurs web graphiques. Elle a fait des applications web modernes les applications possibles avec lesquelles vous pouvez interagir directement sans faire une page de rechargement pour chaque action. Le JavaScript est également utilisé dans les applications plus traditionnelles pour offrir diverses formes d'interactivité et d'intelligence. [6]

### 2.2.1.3 Framework frontend ReactJS

En programmation informatique, un **framework** comme son nom l'indique en anglais, un "cadre de travail". L'objectif d'un framework est généralement de simplifier le travail des développeurs informatiques (les codeurs si vous préférez), en leur offrant une architecture "prête à l'emploi" et qui leur permette de ne pas repartir de zéro à chaque nouveau projet. [4]

**ReactJS** est une bibliothèque front-end open-source, basée sur des composants, responsable uniquement de la couche de visualisation de l'application. Elle est créée et maintenue par Facebook.

ReactJS utilise un mécanisme basé sur le DOM virtuel pour remplir les données (vues) dans le DOM HTML. Le DOM virtuel fonctionne rapidement, car il ne modifie que des éléments individuels du DOM au lieu de recharger le DOM complet à chaque fois.

Une application React est composée de plusieurs composants, chacun étant chargé de produire un petit morceau de HTML réutilisable. Les composants peuvent être imbriqués dans d'autres composants pour permettre de construire des applications complexes à partir de blocs de construction simples. Un composant peut également maintenir un état interne - par exemple, un composant `TabList` peut stocker une variable correspondant à l'onglet actuellement ouvert. [5]

Parmi ses atouts, nous profitons de :

- performance d'exécution ;
- souplesse de conception ;
- rafraîchissement des interfaces ;
- synchronisation constante avec les données ;
- flexibilité.

#### 2.2.1.4 Graasp et le Graasp Lab Starter

**Graasp** est une plateforme d'apprentissage social. Elle soutient l'apprentissage collaboratif, l'apprentissage par la recherche, l'utilisation de laboratoires en ligne, la gestion des connaissances, la création d'espaces personnalisés. Graasp fait également partie du projet Go-Lab. [17]

Les utilisateurs peuvent créer soit un environnement d'apprentissage personnel vide (PLE), soit un environnement structuré mettant en application des scénarios d'apprentissage de l'enquête et appelé Espace d'apprentissage de l'enquête (ILS). En général, un ILS est créé par un enseignant qui peut ensuite inviter des étudiants.

Le **Graasp Lab Starter** est le thème par défaut pour le dépôt de tous les labs de GO-GA. Initialement configuré avec Redux et ReactJS, les paramètres de langue et de thème avec le panneau de contrôle. Il s'agit d'un dépôt sur lequel se basent tous les laboratoires virtuels pédagogiques développés au sein de la startup GO-GA et chez ses partenaires. Ce dépôt se trouve sur GitHub à l'adresse :

1 | <https://github.com/graasp/graasp-lab-starter-react>

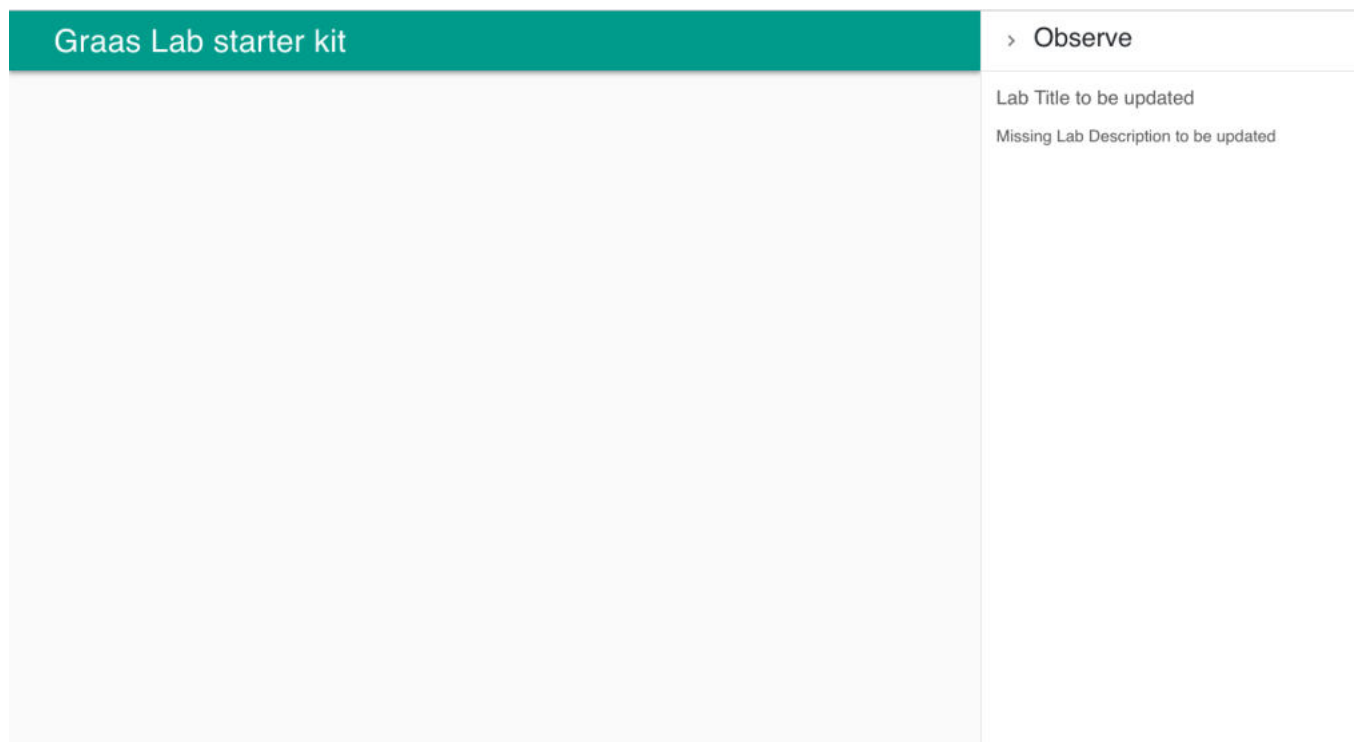


FIGURE 2.1 – Preview Graasp Starter Lab

### 2.2.1.5 Visual Studio Code

Visual Studio Code est un éditeur de code source léger mais puissant qui fonctionne sur votre bureau et est disponible pour Windows, macOS et Linux. Il prend en charge JavaScript, TypeScript et Node.js et dispose d'un riche écosystème d'extensions pour d'autres langages (tels que C++, C#, Java, Python, PHP, Go) et environnements d'exécution (tels que .NET et Unity). [15]

## 2.2.2 Méthode

La réalisation de ce projet s'est reposée sur l'emploi de la méthode **Scrum Agile**.

La gestion de projet standard est assez rigide : il y a un projet à réaliser, un délai et un budget. Lorsque l'on essaie de changer quelque chose dans ce schéma, cela impacte tout le reste et l'équipe du projet doit refaire valider tout son travail. **Scrum** est un cadre méthodologique plus agile. Il provient du monde informatique mais tend à se généraliser aux autres secteurs. **Scrum** signifie **mêlée** en français et tire son origine du Rugby, sport dans lequel l'équipe effectue une mêlée. Il s'agit d'un cadre méthodologique qui révolutionne la façon dont on gère un projet informatique. Il permet de délivrer et de modifier un projet, un produit ou une fonctionnalité très rapidement.

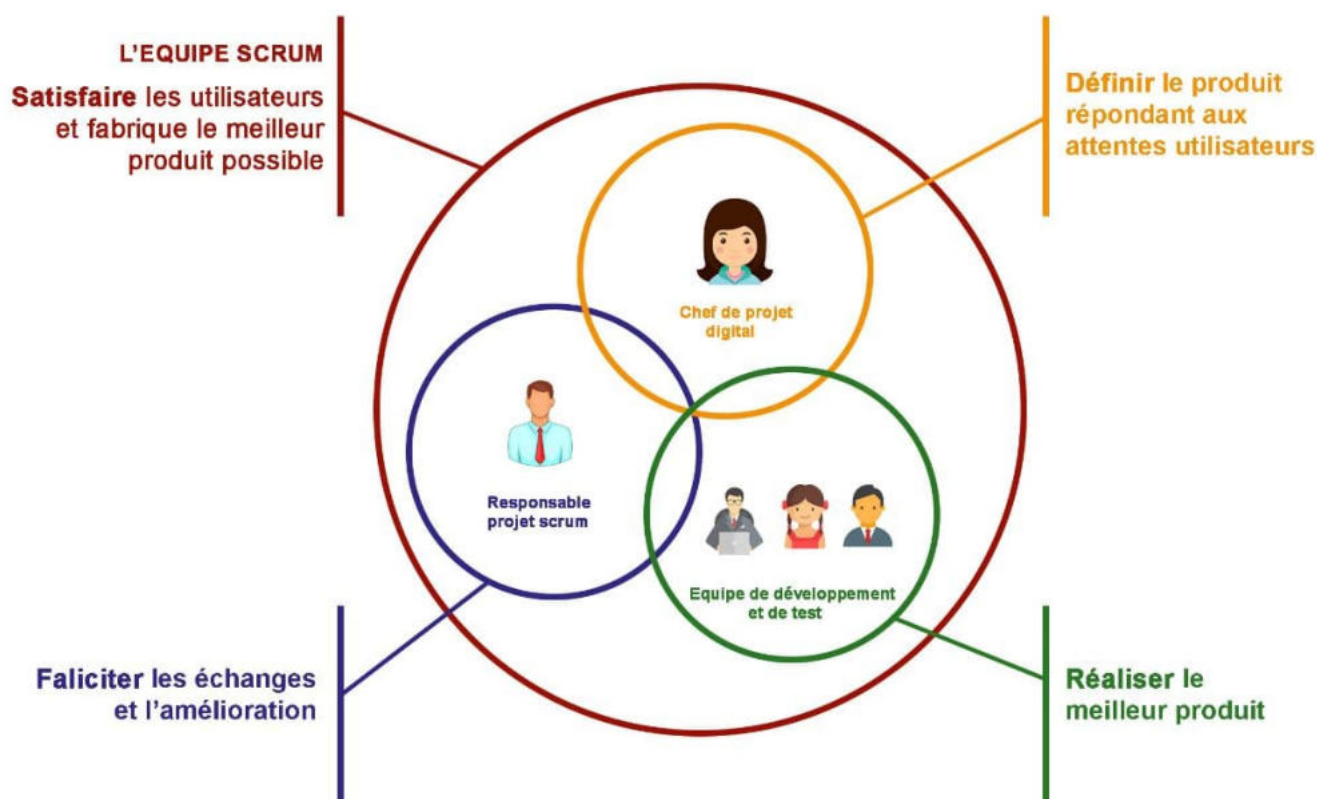


FIGURE 2.2 – Résumé des rôles de la méthode Scrum [9]

Le processus démarre avec une **User Story** qui décrit l'expérience de l'utilisateur ; dans notre cas, les étudiants en classe de Terminale dans une série scientifique. Ces derniers doivent par exemple pouvoir consulter le module de cours de l'application. Le module de cours étant constitué de plusieurs parties sous forme de slides, les étudiants doivent pouvoir naviguer entre ces différents slides. Chaque User Story comporte un identifiant, un nom, une importance qui définit la priorité de la story, une estimation du travail nécessaire, une démonstration, des notes et un test simple de la story qu'il faudra valider. De la User Story vont émaner des exigences qui seront hiérarchisées avec le client dans ce qu'on appelle un **Product Backlog** qui est une sorte de carnet pour le produit. Le Product Backlog est un miroir de ce qu'il faut faire pour réaliser les besoins du client et délivrer la user story. Il va constamment évoluer pour refléter les besoins du client. La figure qui suit montre le Product Backlog de notre projet qui a évolué avec le temps en fonction des besoins :

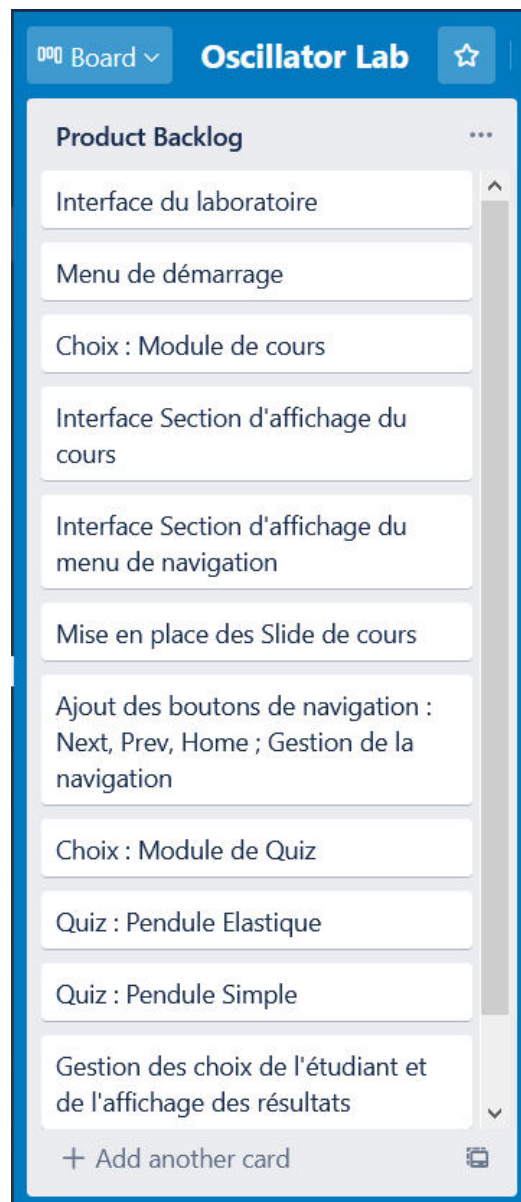


FIGURE 2.3 – Backlog Laboratoire Virtuel [10]

Une fois que tout le monde se met d'accord sur la User Story et le Product Backlog, on se lance dans la réalisation du projet. Celui-ci sera découpé en plusieurs *itérations* que l'on nomme des **Sprints**. Un sprint commence par une réunion de planification dénommée le **Sprint Planning Meeting** au cours de laquelle on épuise les éléments prioritaires du Backlog qui seront développés dans les sprints. Au cours de chaque sprint, il y a une phase de développement, une phase de test et une livraison. L'ensemble des sprints se nomme le **Sprint Backlog**. Au cours de la période de notre stage académique, chaque jour était organisé un Scrum (mêlée) qui n'est rien d'autre qu'une réunion avec nos responsables de stage. Au cours de cette réunion, nous mesurons l'évolution du projet, de la qualité des livrables, du respect des délais et nous faisons état des difficultés rencontrées, du travail déjà effectué et du reste des tâches à abattre. Au bout d'un temps, on organisait ce que l'on appelle le **Sprint Meeting Review** qui est une réunion au cours de laquelle on présentait la solution au client qui est dans notre cas, la Start-up GO-GA qui donnait ses appréciations. Les éventuelles modifications étaient énumérées et insérées dans le Product Backlog puis font l'objet d'autres sprints. Ce processus était réitéré jusqu'à l'obtention du produit final conforme aux besoins du client. Ce cadre méthodologique de travail est construit sur des cycles de développements courts durant lesquels on

s'adapte constamment tout en maintenant l'utilisateur au centre de la mise en place de la solution. Il permet sans aucun doute de gagner en efficacité.

### 2.2.3 Diagramme de cas d'utilisation

Les diagrammes de cas d'utilisation (DCU) sont des diagrammes UML utilisés pour donner une vision globale du comportement fonctionnel d'un système logiciel. Ils sont utiles pour des présentations auprès de la direction ou des acteurs d'un projet, mais pour le développement, les cas d'utilisation sont plus appropriés.

La figure suivante illustre la modélisation UML de notre cas d'utilisation. Les utilisateurs du système sont les élèves et les enseignants.

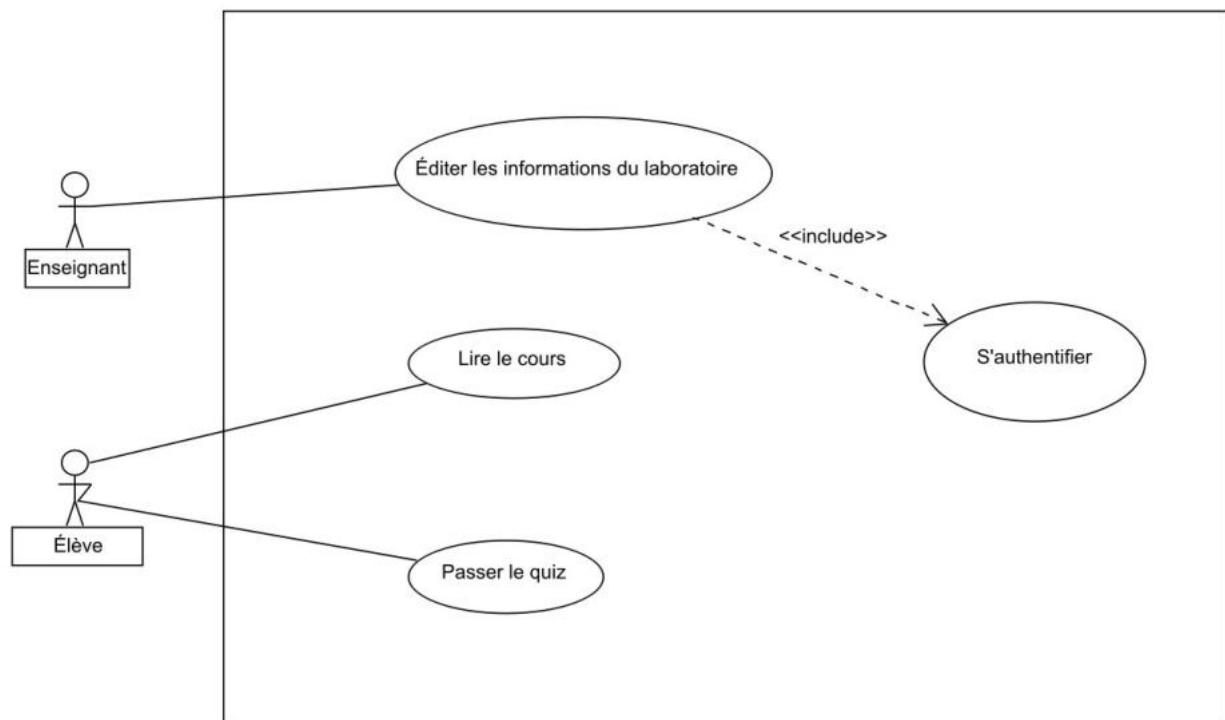


FIGURE 2.4 – Diagramme de cas d'utilisation Laboratoire Virtuel

Les deux acteurs principaux de notre laboratoire sont l'enseignant et l'apprenant. L'enseignant supervise l'utilisation du laboratoire par les apprenants. Il a la possibilité d'éditer certaines informations du laboratoire. L'apprenant, peut choisir un module : Cours ou Quiz sur indications de son enseignant. Pour pouvoir maîtriser la notion, il doit passer avec succès le quiz.

Les trois entités intervenant dans notre système sont l'enseignant qui supervise le cours et l'utilisation du laboratoire par ses étudiants, ces derniers qui utilisent le laboratoire pour suivre le cours ou passer un quiz et le laboratoire qui relie l'enseignant aux élèves.

### 2.2.4 Diagramme de séquence

Le diagramme de séquence permet de montrer les interactions d'objets dans le cadre d'un scénario d'un diagramme des cas d'utilisation.

La figure suivante illustre le diagramme de séquence du cas d'utilisation «Passer le quiz» :



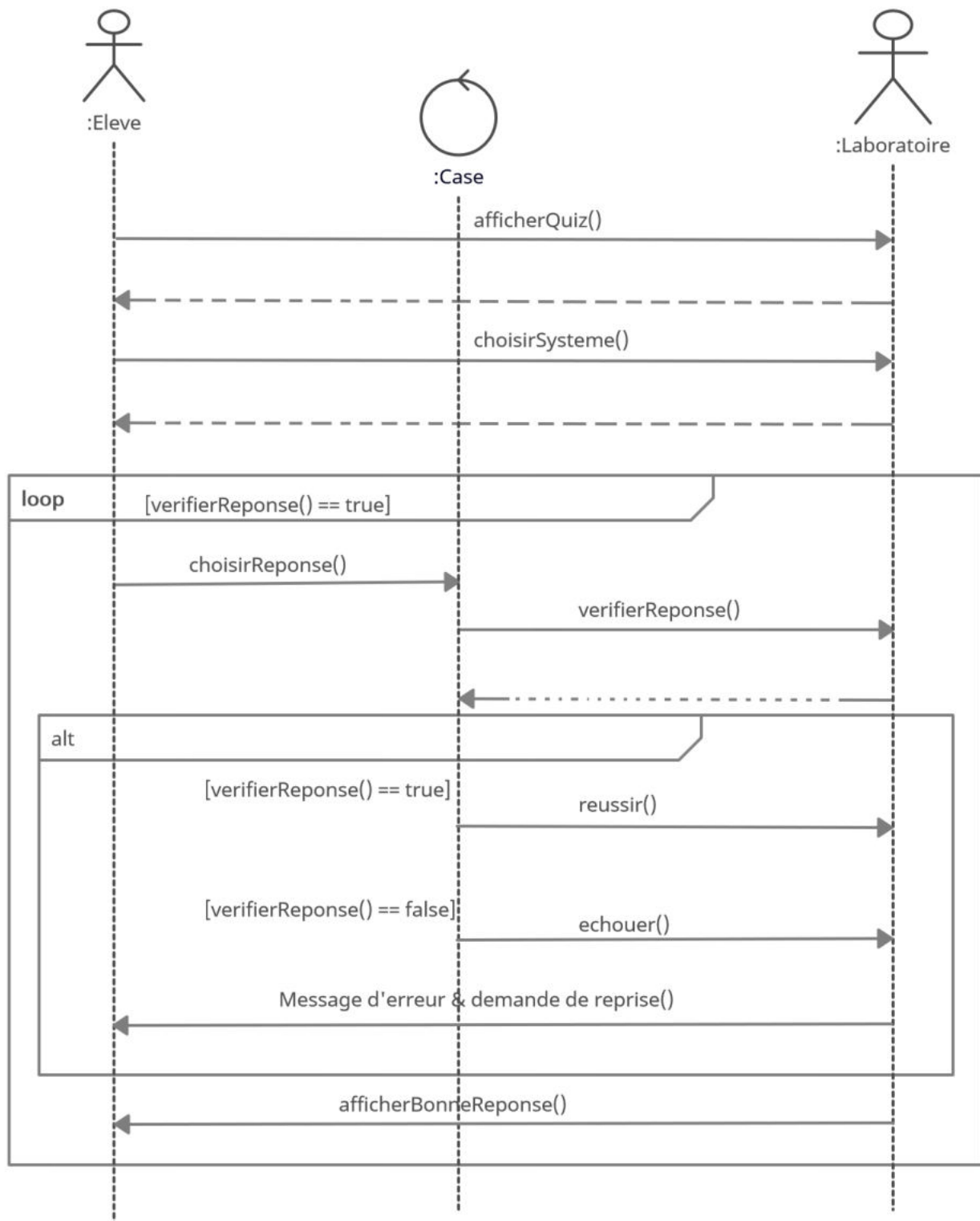


FIGURE 2.5 – Diagramme de séquence UML du cas d'utilisation «Passer le quiz»

L'étudiant après avoir suivi le cours, peut passer le quiz. Le quiz est composé de questions sous forme de QCM. Lorsqu'il choisit une réponse, le système évalue cette réponse et lui affiche la bonne réponse lorsqu'elle est correcte, ou lui affiche un message d'erreur lorsqu'elle ne l'est pas. Il répond ainsi aux différentes questions jusqu'à ce que le quiz soit fini.

## Conclusion

Dans ce deuxième chapitre, nous avons fait un état des différents outils qui ont été utilisés dans le développement de notre solution, présenté la méthode de gestion du projet qui est la méthode Scrum Agile, méthode qui met l'utilisateur au cœur du développement du produit ainsi que sa modélisation UML.

## Résultats

Ce chapitre est destiné à la présentation des différentes fonctionnalités de notre laboratoire virtuel.

### 3.1 Fonctionnalités

Notre laboratoire virtuel est une plateforme web qui dispose de deux modules :

- Module de cours,
- Module de quiz.

#### 3.1.1 Module de cours

Dans le module de cours, l'apprenant prend connaissance des différentes notions théoriques relatives aux oscillateurs mécaniques. Deux systèmes sont priorisés dans ce module :

- Le pendule simple,
- Le pendule élastique.

Ce module est composé de plusieurs diapositives sur lesquelles sont abordées les différentes notions. L'apprenant a la possibilité grâce à un menu de navigation de naviguer entre les différentes diapositives et d'interagir avec le système.

#### 3.1.2 Module de quiz

Dans ce module, l'apprenant est appelé à passer une petite évaluation sur les notions qu'il a apprises dans le module de cours.

L'apprenant choisit un système sur la demande de son enseignant. En fonction du système choisi, des scénarios lui sont présentés. Il est ainsi appelé à identifier les forces appliquées au système suivant le scénario en face de lui.

Le rôle de ces deux modules est d'amener l'apprenant dans n'importe quelle situation à identifier les forces s'appliquant à un système dans tous les états possibles.

## 3.2 Installation

Notre laboratoire virtuel se trouve sur un dépôt GitHub à [l'adresse](#) :

```
1 | https://github.com/underscoDe/oscillator-lab
```

### 3.2.1 Cloner ou télécharger le dépôt

Pour télécharger le projet, il suffit d'aller à [l'adresse du dépôt](#) :

```
1 | https://github.com/underscoDe/oscillator-lab
```

puis appuyer sur le bouton télécharger.

Pour le cloner il suffit d'ouvrir un terminal et de taper la commande suivante :

```
1 | $ git clone https://github.com/underscoDe/oscillator-lab.git
```

### 3.2.2 Installer les dépendances

Installer les dépendances en lançant **yarn** ou **npm install** depuis le répertoire du projet pour installer toutes les dépendances. Aller à [cette adresse](#) pour installer **npm** ou **yarn** s'ils ne sont pas encore installés.

### 3.2.3 Lancer le projet

Naviguer vers le répertoire du projet cloné ou bifurqué en utilisant la ligne de commande, entrer la commande **yarn start** ou **npm start** et le projet s'exécutera automatiquement dans le navigateur par défaut de la machine. S'il ne s'exécute pas automatiquement, entrer manuellement dans le navigateur, l'URL suivante :

```
1 | http://localhost:3000
```

## 3.3 Interfaces du laboratoire

La figure suivante montre l'interface de choix du projet une fois qu'il est démarré :

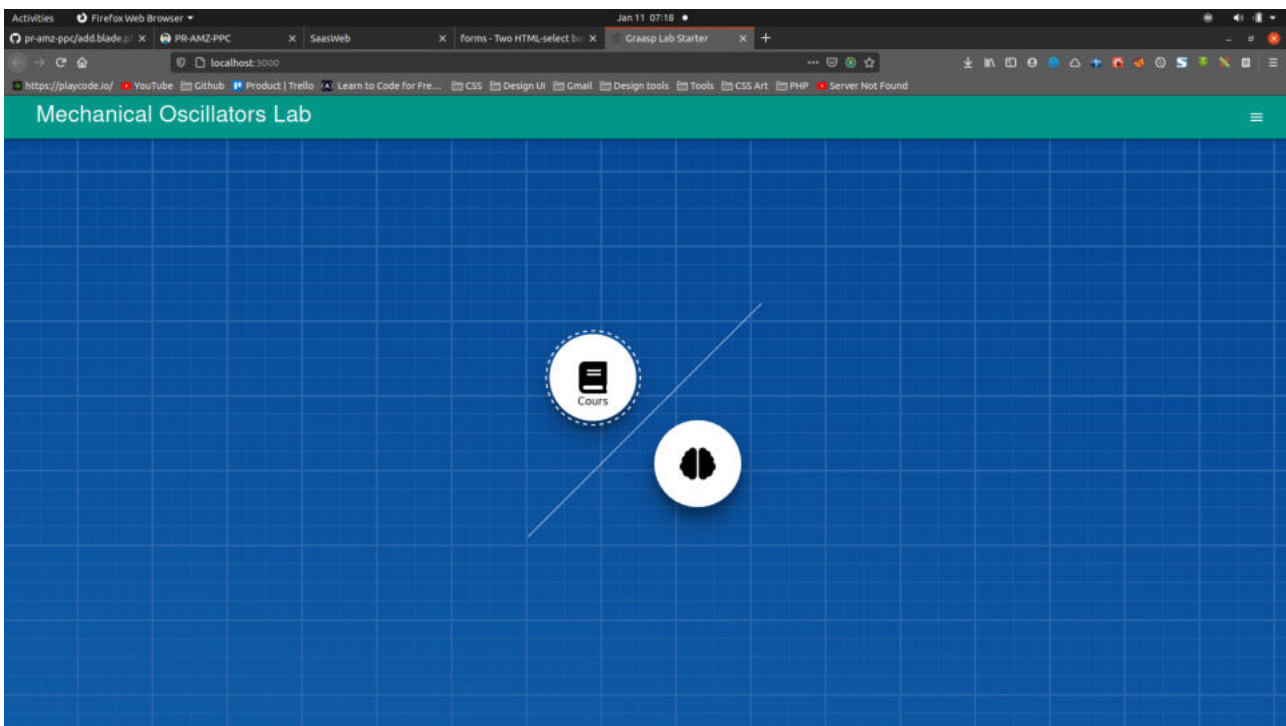


FIGURE 3.1 – Accueil Laboratoire virtuel

L'apprenant suivant les indications de son enseignant choisit un module : Cours ou Quiz. Lorsqu'il choisit le module de cours, l'interface suivante lui est affichée :

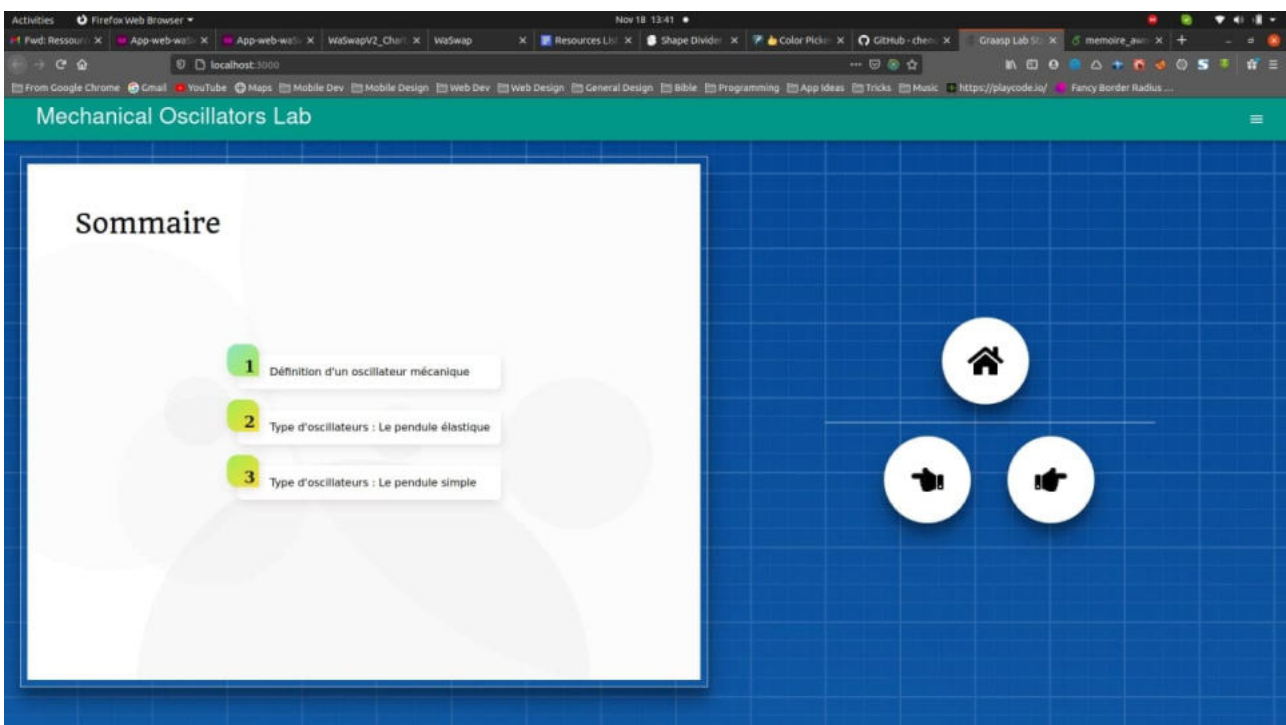


FIGURE 3.2 – Sommaire Module de Cours

À gauche se trouve la section des différents slides du cours. À droite, se trouve le menu de navigation qui permet à l'apprenant de passer à un slide suivant ou au précédent et aussi de retourner au menu principal.

Lorsque l'étudiant choisit le module de Quiz, on lui donne le choix du système :

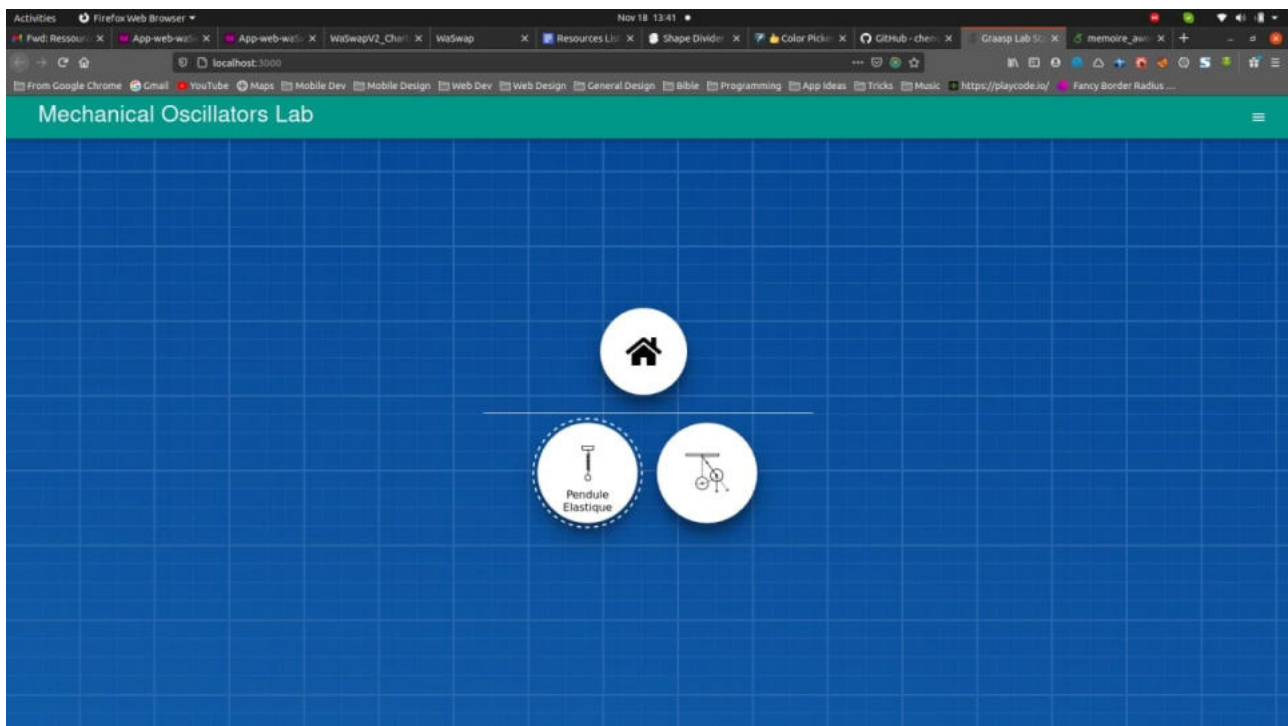


FIGURE 3.3 – Menu Quiz Laboratoire virtuel

Une fois le système choisi, on lui présente des scénarios et il est appelé à faire un choix des forces appliquées au système :

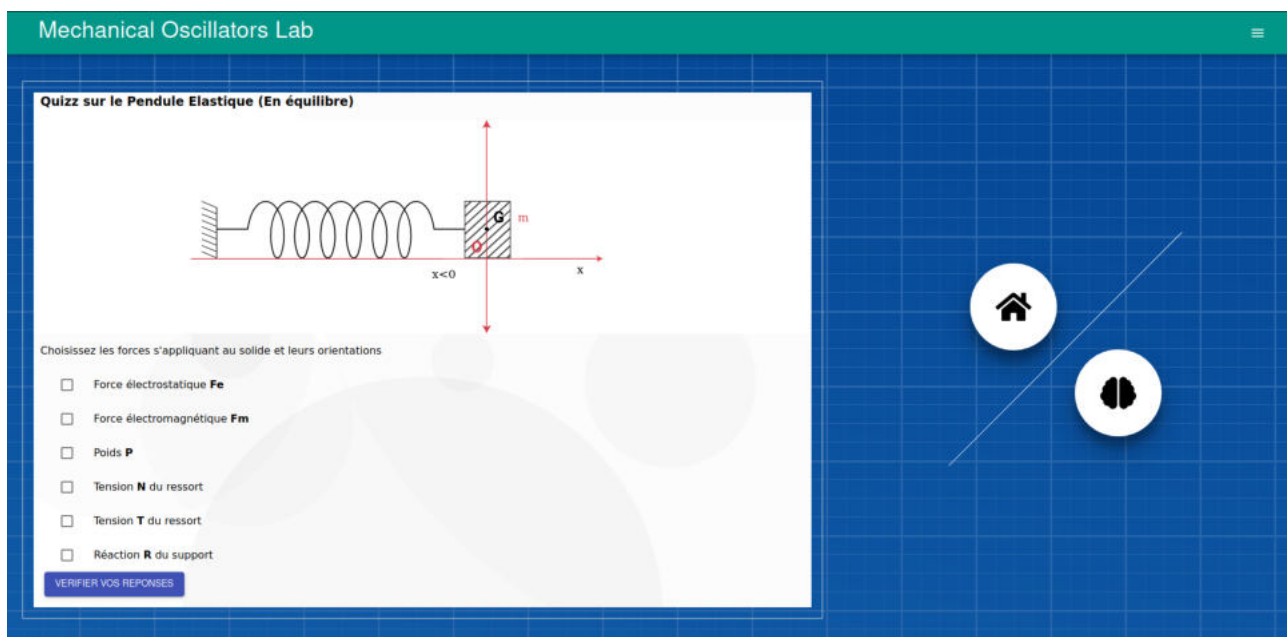


FIGURE 3.4 – Choix des forces

Lorsqu'il fait le choix d'une force, on lui demande ensuite l'orientation de la force :

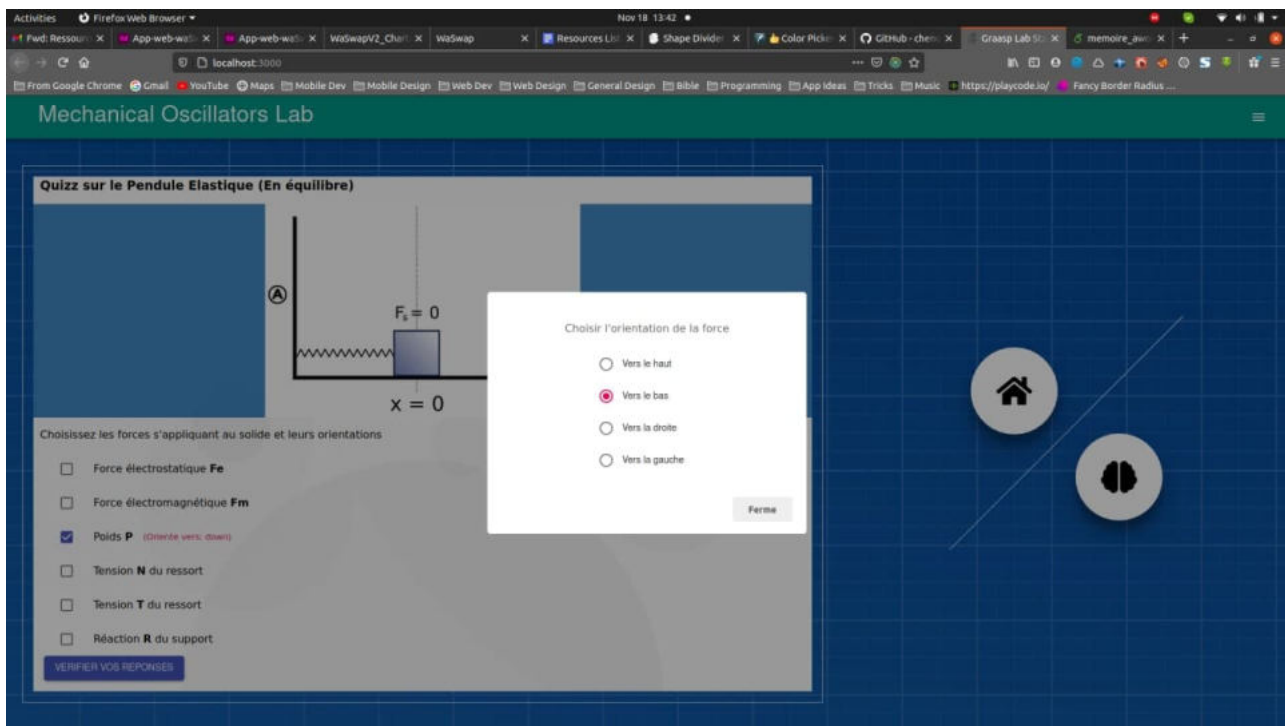


FIGURE 3.5 – Choix de l'orientation des forces

Lorsque ses choix sont erronés, on lui affiche un message d'erreur :

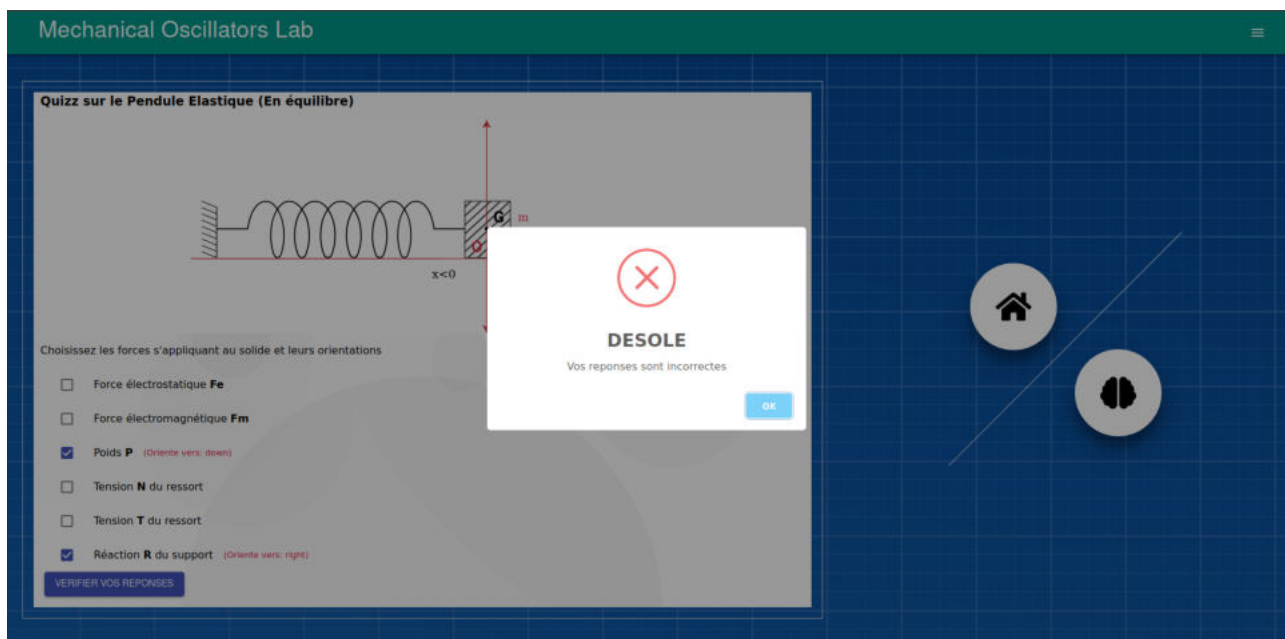


FIGURE 3.6 – Cas d'erreur

Lorsque ses choix sont corrects, on lui affiche un message de succès :



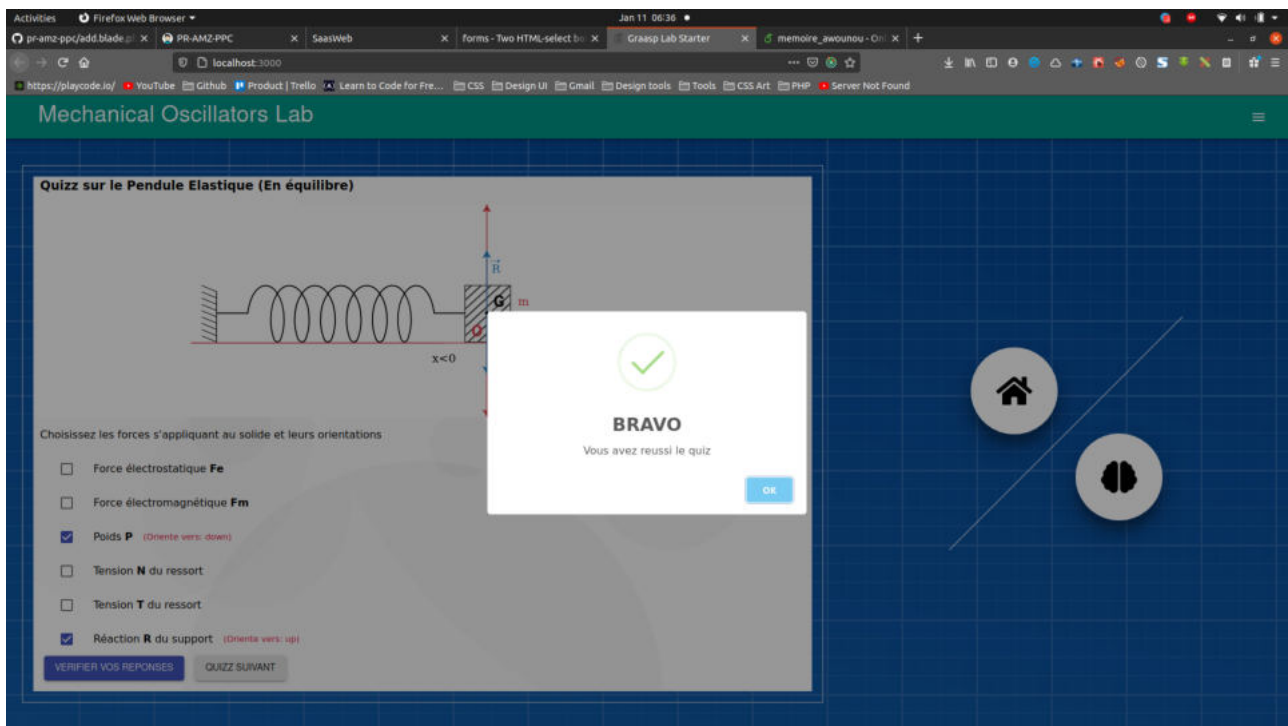


FIGURE 3.7 – Message de succès

Après le message de succès, on lui affiche le système avec la représentation des forces :

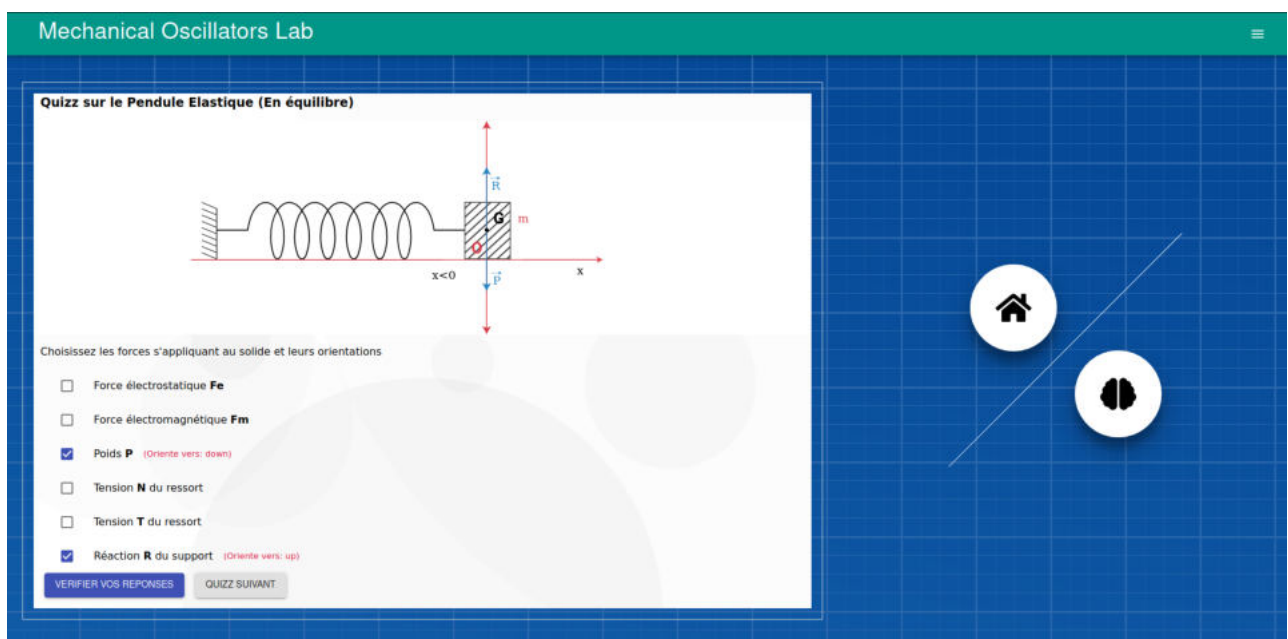


FIGURE 3.8 – Affichage du résultat

Lorsque le système qu'il choisit présente plusieurs scénarios comme dans le cas du pendule élastique, on lui affiche un bouton **Suivant** pour passer à l'étape suivante du quiz :



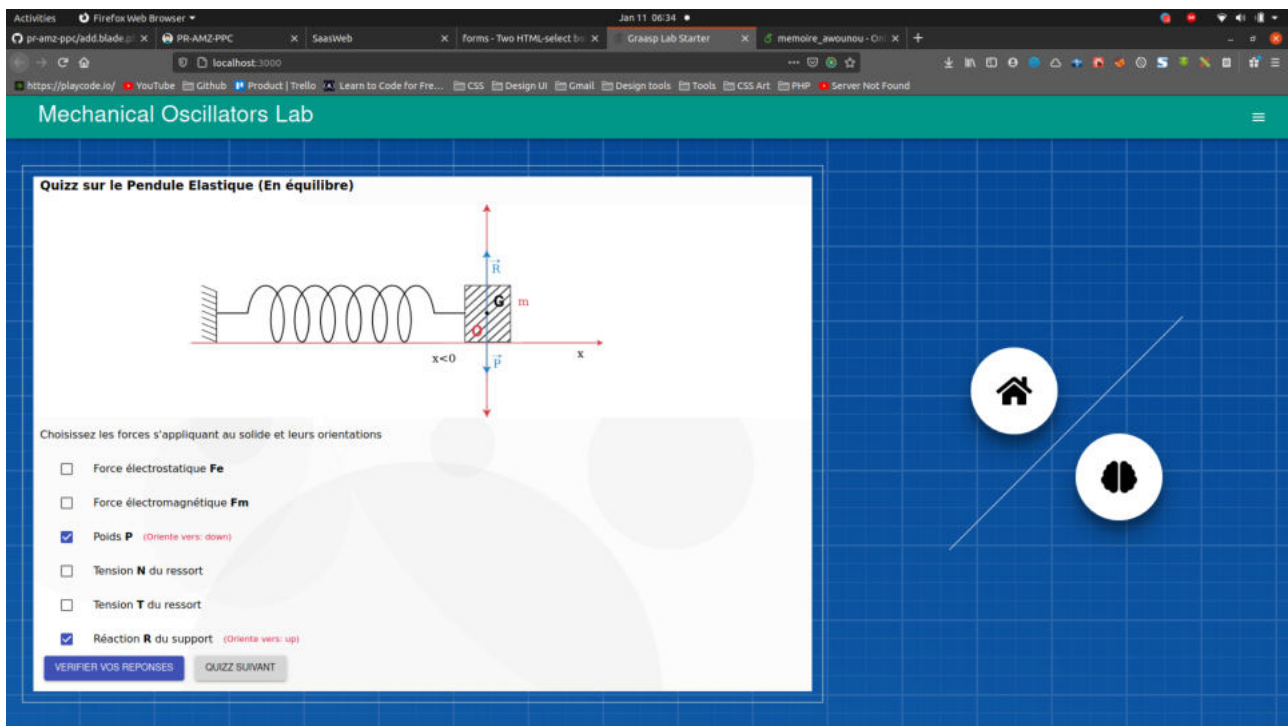


FIGURE 3.9 – Fin d'un scénario du quiz

À la fin du quiz, il peut retourner au menu principal sur indications de son enseignant :

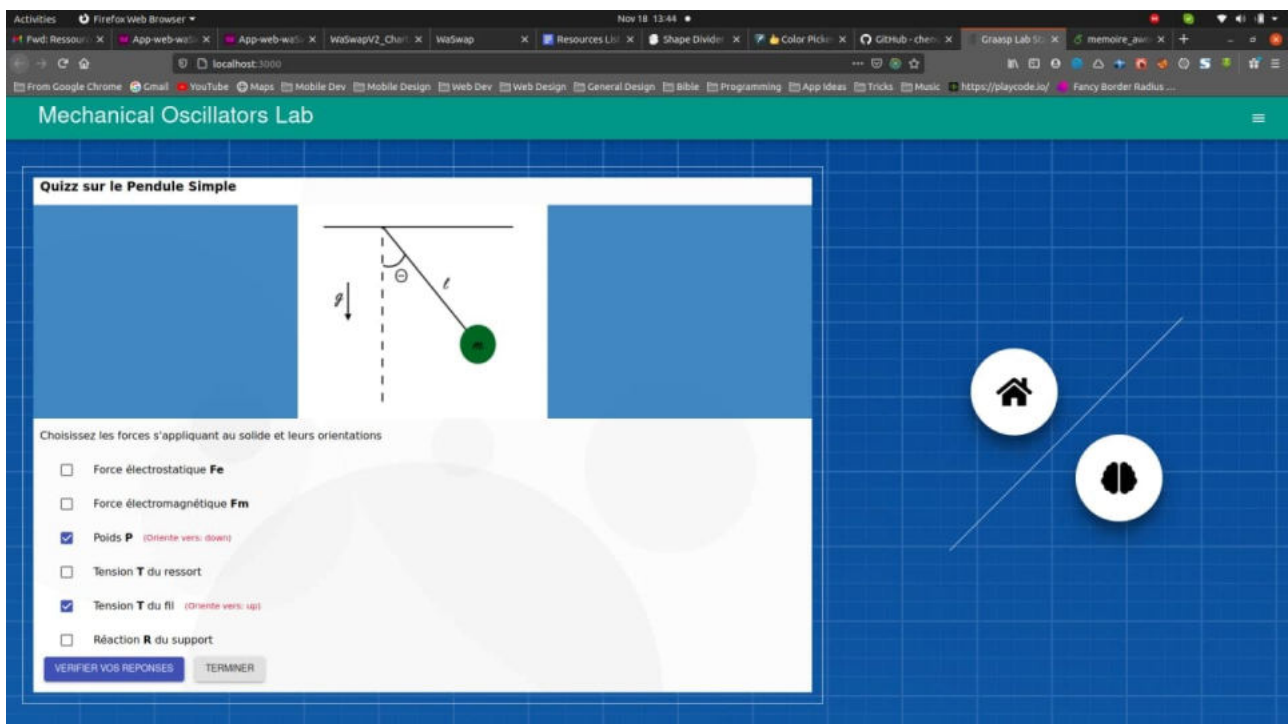


FIGURE 3.10 – Fin du quiz

# Conclusion Générale et Perspectives

Les laboratoires virtuels sont de plus en plus développés et adoptés de nos jours. Ils permettent d'allier la théorie de la pratique dans l'enseignement des sciences expérimentales. L'objectif visé par notre laboratoire est d'une part de permettre aux élèves en classe de terminale scientifique de mieux cerner la notion d'oscillateurs mécaniques à travers l'identification de forces associées à différents types de systèmes (pendules simple et élastique) dans différents états. D'autre part, il vise à offrir à ces élèves une application conviviale, stimulante et facile d'utilisation afin d'augmenter une assimilation rapide et efficiente de la notion d'oscillateurs mécaniques.

Ces objectifs ont été atteints à travers la mise en place de notre laboratoire virtuel. Cependant, nous pensons que le travail effectué peut être amélioré. Il pourrait l'être à travers l'ajout d'un module d'étude de systèmes. Avec ce module, les élèves apprendront les différentes étapes d'étude d'un système et les différents calculs mathématiques liés à cette étude. L'ajout d'un module de suivi de progression serait également un plus car ce module permettrait à l'enseignant(e) d'évaluer ses apprenants. Ces différents modules seront bien évidemment basés sur les exercices habituellement rencontrés en situation d'examens.

# Bibliographie

- [1] Margot Phaneuf. L'apprentissage en laboratoire-collège une pratique pédagogique À revaloriser. 2012.
- [2] Office québécois de la langue française. Grand dictionnaire terminologique. 2013.
- [3] Groupe Le Figaro. Édité par CCM Benchmark Group. Dictionnaire français en ligne. 2018.
- [4] Gabriel.DS. Édité par Gabriel.DS. Dictionnaire du web. 2017.
- [5] Stack Overflow Community. Édité par la communauté Stack Overflow. Reactjs notes for professionals. 2018.
- [6] Marijn Haverbeke. Édité par Nextjournal et Holberton. Sous licence Creative Commons. Eloquent javascript a modern introduction to programming. 2011.
- [7] Wadi D. Haddad. Édité par Office of the Regional Vice Pres (AFRVP). Icts for education a reference handbook. 2010.

# Webographie

- [8] Laboratoires virtuels : la pratique sans les coûts ni les dégâts. <https://cursus.edu/articles/8732/laboratoires-virtuels-la-pratique-sans-les-couts-ni-les-degats>, consulté le 24 Mars 2020.
- [9] Martial SEGURA Coach Agile. Rôles et responsabilités équipe scrum. <https://www.oeildecoach.com/qui-fait-quoi-dans-une-equipe-scrum/>, consulté le 23 Mars 2020.
- [10] Arsene Awounou. Backlog laboratoire virtuel. <https://trello.com/>, consulté tout le long de la rédaction du document.
- [11] Open Classrooms. C'est quoi uml? <https://openclassrooms.com/en/courses/2035826-debutez-lanalyse-logicielle-avec-uml/2035851-uml-c-est-quoi>, consulté le 04 Mars 2020.
- [12] Go-Lab. Laboratoire virtuel - circuit électrique. <https://next-lab-t.bms.utwente.nl/production/electricalCircuitLab/build/circuitLab.html?preview>, consulté le 26 Mars 2020.
- [13] Next Lab. L'initiative go-ga. <https://nextlab.golabz.eu/initiative>, consulté le 28 Mars 2020.
- [14] Learn.Genetics. Laboratoire virtuel - clonage de souris (biologie). <https://learn.genetics.utah.edu/content/cloning/clickandclone>, consulté le 26 Mars 2020.
- [15] Microsoft. Visual studio code. <https://code.visualstudio.com/docs>, consulté le 05 Mars 2020.
- [16] PhET. Laboratoire virtuel - solution acido-basique. [http://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html), consulté le 26 Mars 2020.
- [17] Edutech Wiki. La librairie graasp. <http://edutechwiki.unige.ch/en/Graasp/>, consulté le 05 Mars 2020.

# Table des matières

<b>Dédicace</b>	<b>ii</b>
<b>Remerciements</b>	<b>iii</b>
<b>Résumé</b>	<b>iv</b>
.....	iv
<b>Abstract</b>	<b>v</b>
.....	v
<b>Table des figures</b>	<b>vi</b>
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1 État de l’art</b>	<b>3</b>
Introduction .....	3
1.1 Les laboratoires pédagogiques .....	3
1.1.1 Généralités .....	3
1.1.2 Les laboratoires pédagogiques classiques .....	3
1.2 Les laboratoires classiques dans le système béninois .....	4
1.2.1 Avantages des laboratoires classiques .....	4
1.2.2 Insuffisances des laboratoires classiques .....	4
1.3 Les laboratoires pédagogiques virtuels .....	5
1.3.1 Avantages des laboratoires .....	5
1.3.2 Insuffisances des laboratoires .....	5
1.4 Spécifications de la solution .....	8
1.5 L’initiative GO-GA et les laboratoires virtuels .....	9
1.5.1 L’initiative GO-GA .....	9
1.5.2 À propos de GO-Lab .....	9
Conclusion .....	10
<b>2 Matériel et méthode de conception</b>	<b>11</b>
Introduction .....	11
2.1 Analyse des besoins .....	11
2.2 Outils et méthode .....	11
2.2.1 Outils .....	11
2.2.1.1 Langage de modélisation UML .....	12
2.2.1.2 Langage de programmation JavaScript .....	12
2.2.1.3 Framework frontend ReactJS .....	12

---

2.2.1.4	Graasp et le Graasp Lab Starter . . . . .	13
2.2.1.5	Visual Studio Code . . . . .	14
2.2.2	Méthode . . . . .	14
2.2.3	Diagramme de cas d'utilisation . . . . .	17
2.2.4	Diagramme de séquence . . . . .	17
Conclusion . . . . .		18
<b>3</b>	<b>Résultats</b>	<b>20</b>
3.1	Fonctionnalités . . . . .	20
3.1.1	Module de cours . . . . .	20
3.1.2	Module de quiz . . . . .	20
3.2	Installation . . . . .	21
3.2.1	Cloner ou télécharger le dépôt . . . . .	21
3.2.2	Installer les dépendances . . . . .	21
3.2.3	Lancer le projet . . . . .	21
3.3	Interfaces du laboratoire . . . . .	21
Conclusion		27
Bibliographie		28
Webographie		29
Table des matières		30

---