

Dédicace

Remerciements

Nous remercions particulièrement le Dieu tout puissant pour le souffle de vie.

Nos remerciements vont également :

- Au superviseur **Dr Enga Vincent** pour les conseils et le suivi au cours du projet,
- L'encadreur académique **Mr. Tchouta Alain Serge** pour les conseils et le suivi au cours du projet,
- L'encadreur professionnel **Mr. KITIO Christian** pour la supervision et le suivi au cours du projet,
- Au président fondateur **M. GUIMEZAP Paul** pour l'accueil dans son établissement scolaire,
- Au directeur général de Monglo Technology, **M. MONGLO Germain** pour avoir accepté de nous recevoir au sein de son entreprise,
- Aux enseignants de l'IUC pour les connaissances apportées et leurs conseils,
- A Mes parents, pour le soutien qu'ils m'ont toujours apporté,
- A mes Frères et sœurs un très grand merci pour le soutien financier et moral,
- Aux amis qui n'ont cessé de m'encourager et de me motiver,
- Aux Camarades de classe pour l'accompagnement.
- A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail trouvez en ces mots l'expression de ma grande considération.

Sommaire

Remerciements	2
Sommaire	3
Table des figures	4
Liste des tableaux	5
Introduction	8
I ÉTAT DE L'ART	9
1 PRÉSENTATION DU PROJET	10
1.1 Compréhension du sujet	11
II RÉALISATION	17
2 Analyse et conception	18
2.1 Analyse de la solution	19
2.2 Cadrage du projet	19
2.3 Analyse du système	27
2.4 Conception du système	39
3 Implémentation de la solution et résultats	42
3.1 Outils et technologies	43
3.2 Présentation de quelques IHM	44
Bibliographie	52
Table des matières	53

Table des figures

1.1	Simulateur de vol ONTOP DUO MEAC	13
1.2	Simulateur de vol Microsoft flight simulator	13
1.3	Simulateur chirurgicale Osso VR	14
1.4	Simulateur scientifique Praxilab	14
1.5	Simulateur scientifique EON RealityC	15
2.1	Diagramme de gantt du projet	25
2.2	Diagramme des cas d'utilisation	29
2.3	Diagrammes de séquences du cas d'utilisation s'authentifier	33
2.4	Diagrammes de séquences du cas d'utilisation création d'élément chimique	34
2.5	Diagrammes de séquences du cas d'utilisation effectuer une réaction	35
2.6	Diagrammes d'activités du cas d'utilisation créer une réaction	36
2.7	Diagrammes d'activités du cas d'utilisation suppression d'une réaction	36
2.8	Diagramme d'état transition du cas d'utilisation changement d'état des produits d'une réaction	37
2.9	Diagramme d'état transition du cas d'utilisation changement d'état d'authentification d'un utilisateur	38
2.10	Diagramme de classe du système	40
2.11	Diagramme de déploiement du système	41
3.1	IHM de la page d'accueil	44
3.2	IHM de la page d'inscription des enseignants	45
3.3	IHM de la page de connexion des enseignants	46
3.4	IHM de la page espace personnel des enseignants et administrateurs	47
3.5	IHM du laboratoire en vue de dessus	48
3.6	IHM du laboratoire en vue de face	48
3.7	IHM du laboratoire intérieur vue du fond	49
3.8	IHM du laboratoire intérieur vue de l'apprenant	49
3.9	IHM du laboratoire intérieur vue de l'enseignant	50

Liste des tableaux

1.1	Comparatif des solutions existantes	15
2.1	types de projet COCOMO	21
2.2	Estimation des coûts	22
2.3	Estimation des coûts matériels	22
2.4	Estimation des coûts matériels	24
2.5	Moyens matériels	26
2.6	Le management du projet	26
2.7	Les acteurs du système et leurs cas d'utilisation	28

Résumé

 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Mot clé — one, two, three, four

Abstract

 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Keys words — one, two, three, four

Introduction

Contexte

La chimie est un domaine de la science très expérimentale nécessitant des observations pour une compréhension du sujet étudié en vue d'y apporter des applications dans la vie courante. Une grande et bonne compréhension de ce domaine pourrait apporter de nombreuses idées de recherche qui permettront des avancées significatives dans de nombreux domaines (agriculture, industrie, mode, la mécanique, l'énergie...), avancées qui pourraient à leur tour faciliter le processus d'émergence en Afrique et plus précisément au Cameroun. Au vu de la portée de son champ d'action, l'enseignement d'une telle discipline devrait être très rigoureuse dans l'objectif d'une meilleure compréhension du sujet. Malheureusement, son enseignement dans notre système éducatif plus précisément dans l'enseignement secondaire est assez limité par de nombreux facteurs.

Nombreux facteurs parmi lesquels nous pouvons présenter les dangers que représente des expérimentations de la chimie pour des débutants qui en l'absence de la supervision de quelqu'un d'expérimenté pourraient s'exposer à des accidents graves voire mortels, nous pouvons aussi présenter l'aspect financier qui est un facteur très important, en effet la réalisation d'expérience chimique a un coût matériel assez important, on parle ici du local d'expérimentation, du matériel d'expérimentation fragile et d'élément chimique à se procurer et à rationner au fil des expériences, matériels et équipement qui pourraient venir à manquer en cas de mauvaise gestion ou des détérioration du au temps ou à un accidents.

Problématique

A la suite d'une observation et des problèmes énumérés plus haut, nous nous sommes posés la question suivante : « **Comment l'utilisation des technologies informatiques pourrait-elle contribuer à faciliter l'enseignement de la chimie dans notre système éducatif plus précisément dans l'enseignement secondaire ?** » Autrement dit, pourrait-on envisager une plateforme permettant la simulation d'un laboratoire de chimie en limitant les risques d'accident au cours des expérimentations et aussi en limitant les coûts de maintenance du matériel une fois l'environnement fonctionnel ?

Première partie

ÉTAT DE L'ART

Chapitre 1

PRÉSENTATION DU PROJET

Dans ce premier chapitre de la première partie de notre mémoire, nous allons présenter notre projet, du contexte à la problématique sans bien sûr oublier les méthodes. Il présente notre projet dans son ensemble, il présente la délimitation du sujet, les problèmes à résoudre, l'intérêt du sujet et une étude de l'existant.

1.1 Compréhension du sujet

1.1.1 Context

L'apprentissage est un ensemble de mécanismes menant à l'acquisition de savoir-faire, de savoirs ou de connaissances afin de s'en servir dans la vie courante ou de les faire évoluer pour les générations futures. Malgré les évolutions technologiques offrant de nouvelle façon d'acquérir des connaissances, le système éducatif africain plus précisément camerounais n'a pas beaucoup évoluer les moyens de dispenser les connaissances ne suivent pas toujours les tendances actuelles. Les personnes apprennent mieux en s'immergent dans ce qu'ils font qu'en le théorisant, cela est toujours possible dans le processus d'apprentissage mais pas dans tous les domaines de formation du fait des risque lié à l'acquisition des connaissances en pratique.

Parmi ces domaines où l'immersion réel des apprenant dans les conditions réels de pratique présente des risques réel pour l'apprenant nous pouvons parler de la chimie, qui est un domaine de la science très expérimentale nécessitant des observations pour une compréhension du sujet étudié en vue d'y apporter des applications dans la vie courante. Une grande et bonne compréhension de ce domaine pourrait apporter de nombreuses idées de recherche qui permettront des avancées significatives dans de nombreux domaines (agriculture, industrie, mode, la mécanique, l'énergie...), avancées qui pourraient à leur tour faciliter le processus d'émergence en Afrique et plus précisément au Cameroun. Malgré l'aspect très expérimentale de son apprentissage, il reste assez dangereux et couteux à enseigner en pratique, dangereux car le manque d'expérience des apprenant pourraient les pousser à commettre des erreurs qui pourrait causer des accidents très dangereux voire mortelle en fonction des éléments manipulés et couteux car la maintenance du matériel nécessaire aux expérimentations (local, verrerie, éléments et personnelles de maintenance) engendre des coûts assez élevé.

VREDU est une plateforme dont l'objectif est de limiter les coûts et les risques lors des expérimentations en concevant le réalisme afin de créer un sentiment d'immersion pour une meilleure compréhension. Pour ce faire monglo technology s'est intéressé à la réalité virtuelle qui est une expression désignant les dispositifs permettant de simuler numériquement un environnement par la machine (ordinateur), afin d'apporter ce réalisme et limiter les risques d'accident.

1.1.2 Délimitation du sujet et hypothèse du travail

Notre travail se limitera au cas de la chimie.

- Création des réactions chimique
- Expérimentation des réactions dans un environnement immersif

1.1.3 Étude de l'existant

L'étude de l'existant a pour but d'approfondir l'analyse des axes innovants d'un projet au cours d'élaboration, et avant sa mise en œuvre. Cette étude préalable sert à donner un aperçu sur la pertinence du projet, sa faisabilité ainsi que sa continuité.

1.1.3.1 Description de l'existant

Nous ne saurions débuter ce travail sans avoir une idée claire et précise sur l'existant quel qu'il soit. Dans la plupart des lycées, l'enseignement de la chimie suit un modèle traditionnel à savoir, cours théoriques en salle de classe au cours duquel l'apprenant découvre les principes théoriques nécessaire à la maîtrise de cette science. Ensuite un cours pratique en laboratoire au cours duquel les apprenants découvrent la réalité des réactions grâce aux expériences scientifiques.

1.1.3.2 Critique de l'existant

Au cours de notre étude de l'existant, nous avons pu ressortir de nombreux problèmes liés à la réalisation des réactions dans un environnement réel, parmi lesquelles :

- Les risques d'accident au cours d'expérimentation trop élevé dans un environnement réel accident qui peut s'avérer mortel suivant les éléments manipulés.
- Les coûts de maintenance des équipements qui avec le temps se détériore et nécessite d'être renouvelé ou entretenu régulièrement ce qui entraîne des couts matériels et humain assez important.

1.1.3.3 Quelques solutions existantes

Il est question ici de noter les points forts de ces dernières et leurs points faibles afin d'ajuster nos objectifs.

— ONTOP DUO MEAC

Ontop duo meac est une technologie de simulation de vol utilisé dans les écoles d'aviation utilisé par les formateurs pour mettre en pratique les aspects théoriques abordés durant les formations. En effet dans le domaine de l'aviation les simulateurs de vol comme celui-ci sont presque incontournables car en cas d'accident en condition réel dû au manque d'expérience des apprenants, les nombreuses vies seront menacées et des équipements très coûteux seront détruit.

Le dispositif est composé d'écran disposés à 180° autour de l'apprenant afin de simuler le point de vue d'un pilote et d'un cockpit fidèle à leur homologue réel.



FIGURE 1.1 – Simulateur de vol ONTOP DUO MEAC

— Microsoft flight simulator

Flight Simulator est un logiciel de simulation de vol pour Microsoft Windows, vendu et souvent vu comme un jeu vidéo. Tout comme le Ontop duo meac, il permet à l'apprenant de comprendre le domaine de l'aviation en pratiquant à moindre coût car il n'a besoin que d'une console de jeu (PlayStation, Xbox, ...) et de contrôleurs, ici des manettes des consoles ou des dispositifs spéciaux.

Cette technologie est beaucoup moins rependue dans les centres de formation, car elle est plus adaptée pour les apprenants désireux de s'entraîner chez eux et ne disposant pas des moyens pour un Ontop duo meac.



FIGURE 1.2 – Simulateur de vol Microsoft flight simulator

— Osso VR

Osso VR est une plateforme de formation et d'évaluation chirurgicales qui offre aux entreprises de dispositifs médicaux et aux professionnels de la santé des moyens radicalement meilleurs de partager, de pratiquer. Tout comme dans le domaine de l'aviation, le

domaine médical plus précisément chirurgicale utilise des outils de simulation de l'aspect pratique de l'apprentissage. Ceci du au risque lié à l'expérimentation sur des individue vivant et le manque de cadavre.

Oss VR utilise la réalité virtuelle pour les expérimentations, afin de simuler un monde en trois dimensions représentant un laboratoire ou est disposé un patient virtuel sur lequel seront effectué les expérimentations.



FIGURE 1.3 – Simulateur chirurgicale Oss VR

— **Praxilab**

Praxilab est un outil didacticiel permettant la simulation d'expérience scientifiques dans les domaines de la biologie, la physique et la chimie. Cet outil est développé pour les plateformes desktop et web et permet aux apprenant de suivre des instructions afin de réaliser des expériences et comprendre des phénomènes liés aux différents domaines.



FIGURE 1.4 – Simulateur scientifique Praxilab

— **EON Reality**

EON Reality est une solution de formation académique et industrielle en réalité augmentée et virtuelle. Elle permet l'expérimentation virtuel dans plusieurs domaines de l'enseignement à savoir la mécanique, la chimie, la biologie, l'histoire, le génie civil et plein d'autres domaines.

Cette solution est disponible sur de nombreux support à savoir ordinateur sur Windows, casques de réalité virtuelle oculus, sous Android et iOS.



FIGURE 1.5 – Simulateur scientifique EON RealityC

Tableau 1.1 – Comparatif des solutions existantes

Application	Avantages	Inconvénients
ONTOP DUO MEAC	Très immersif et réaliste, maintenu et populaire dans le milieu de l'aviation.	Trop chère pour une utilisation à domicile, pas adapté aux sciences chimiques.
Microsoft flight simulator	Assez peu chère à l'obtention donc adapté à une utilisation à domicile et maintenu	Pas très immersif et réaliste, pas adapté aux sciences chimiques
Osso VR	Immersif, assez réaliste et maintenu	Disponible seulement en démo, pas adapté aux sciences chimiques.
Praxilab	Assez réaliste, accessible, adapté au expérience chimique et maintenu	Pas très immersif, impossible de créer des réactions, pas de version française
EON Reality	immersif, très polyvalent, disponible sur de nombreuses plateformes et en plusieurs langues et maintenu	impossible de créer des réactions

1.1.3.4 Questions de recherche

- Comment pouvons nous rendre l'enseignement de la chimie moins coûteux ?
- Comment pouvons nous rendre l'enseignement de la chimie moins risqué ?

- Comment conserver l'aspect réaliste et immersif des expérimentations réelles ?
- Comment permettre aux enseignants de créer des réactions pour leur expérimentations ?

Deuxième partie

RÉALISATION

Chapitre 2

Analyse et conception

Comme tout problème qui a été clairement défini, il faut le réaliser mais nous ne pouvons parler d'implémentation sans toutefois faire une analyse et une conception. Pour ce faire, nous allons cadrer le projet en utilisant la méthode CPS, suivi d'une analyse fonctionnelle et non fonctionnelle et bien sûr se terminant par une conception des architectures physique et logiques.

2.1 Analyse de la solution

2.2 Cadrage du projet

2.2.1 Le projet

2.2.1.1 Le nom

Le projet à réaliser consiste à pouvoir dispenser les cours (médecine, mathématiques, chimie) du système éducatif et le travail portera sur le module d'apprentissage de la chimie, d'où le nom **vredu chemistry lab**.

2.2.1.2 Définition succincte

vredu chemistry lab sera développée pour la plateforme de réalité virtuelle et les navigateurs web. Elle se devra donc d'être compatible non seulement avec tous les casques de réalité virtuelle de la marque OCULUS mais aussi avec tous les appareils disposant d'un navigateur web. Il sera ainsi possible pour un enseignant de programmer une expérience chimique sur un navigateur web afin que l'apprenant puisse la suivre sur son casque de réalité virtuelle.

2.2.1.3 Caractéristiques essentielles

Notre application sera caractérisée par :

- Une Accessibilité sur tous les formats d'équipements numériques de la marque oculus et sur les appareils disposant d'un navigateur web,
- Prise en charge des éléments permettant d'effectuer une réaction chimique (éléments du tableau périodique, éprouvettes, bêchers, centrifugeuses...).

2.2.1.4 Motifs qui sous-tendent ce projet

De nos jours, l'univers numérique offre énormément d'opportunités en ce qui concerne l'acquisition de connaissance grâce à la grande quantité d'information échangée. La chimie est une science dont l'apprentissage se fait de façon expérimentation, expériences entourées de contraintes auxquelles une solution digitale pourrait être la solution à savoir :

- Annuler la contrainte du lieu des expériences.
- Annuler la contrainte liée à l'acquisition et à la maintenance du matériel d'expérimentation.
- Limitation des risques d'accidents. Durant les expérimentations.
- Diminution des couts de maintenance et d'acquisition du matériel de laboratoire.

2.2.2 Les objectifs

2.2.2.1 Objectifs techniques

- **Résultats attendus** : A la fin de ce projet, nous devons avoir deux applications, une pour le web permettant à un enseignant de chimie la création de réactions chimiques

auxquelles les apprenants participent par le billet de la seconde application qui elle tournera dans un environnement immersif virtuel.

- **Objectif principal :** Obtenir un laboratoire de chimie virtuelle permettant la simulation des réactions chimiques.
- **Objectifs secondaires :**
 - Représentation des réactifs et des produits en trois dimensions
 - Calcul des quantités de matière des réactifs dans une solution
 - Calcul de la concentration des réactifs dans une solution
 - Calcul de la masse molaire moléculaire des réactifs dans une solution
 - Calcul du ph d'une solution

2.2.2.2 Objectifs de délai

L'application doit être réalisée dans un délai de sept mois à compter de la date du 10 mai 2022.

2.2.2.3 Objectifs de coûts

2.2.2.3.1 Estimation de la main d'œuvre

1. Les différents modèles d'estimation des coûts et ressources d'un projet

Au cours de nos recherches, nous avons trouvé de nombreux modèles d'estimation des coûts et ressources d'un projet. Nous pouvons entre autres parlé de :

- a) **La méthode descendante** : reste extrêmement populaire dans la gestion de projets contemporains. L'expression « top-down » (descendante) signifie que les instructions sont données en amont. Les objectifs du projet sont fixés par la direction.
- b) **La méthode ascendante** : elle se caractérise par une participation proactive de l'équipe dans le processus d'exécution du projet. Les membres de l'équipe sont invités à participer à toutes les étapes du processus de gestion. L'ensemble de l'équipe est amené à décider de la marche à suivre.
- c) **La méthode COCOMO** : (acronyme de l'anglais Constructive Cost Model) est un modèle permettant de définir une estimation de l'effort à fournir dans un développement logiciel et la durée que ce dernier prendra en fonction des ressources allouées.

Sachant que la majeure partie du travail est consacrée à la production du logiciel, nous nous inspirons de la méthode COCOMO pour estimer les coûts de la ressource humaine à ce niveau, lesquels coûts seront inclus dans les coûts globaux de la solution envisagée.

2. Le modèles d'estimation des coûts COCOMO

Cocomo (Constructive Cost Model) est un modèle de régression basé sur le LOC, c'est-à-dire le nombre de lignes de code. Il s'agit d'un modèle procédural d'estimation des coûts pour les projets logiciels et souvent utilisé comme processus de prédiction fiable des divers paramètres associés à la réalisation d'un projet, tels que la taille, l'effort, le coût, le temps et la qualité. Il a été proposé par Barry Boehm en 1970 et repose sur l'étude de 63 projets, ce qui en fait l'un des modèles les mieux documentés. Différents modèles de Cocomo ont été proposés pour prédire l'estimation des coûts à différents

niveaux, en fonction de la précision et de l'exactitude requises. Tous ces modèles peuvent être appliqués à une variété de projets, dont les caractéristiques déterminent la valeur de constante à utiliser dans les calculs ultérieurs. Ces caractéristiques propres à différents types de systèmes sont mentionnées ci-dessous :

- a) **Organique** – Un projet logiciel est dit de type organique si la taille de l'équipe requise est suffisamment petite, si le problème est bien compris et a été résolu dans le passé et si les membres de l'équipe ont une expérience nominale du problème.
- b) **Semi-détaché** – Un projet logiciel est dit de type semi-détaché si les caractéristiques vitales telles que la taille de l'équipe, l'expérience, la connaissance des différents environnements de programmation se situent entre celles de l'organique et de l'Embedded. Les projets classés comme semi-détachés sont comparativement moins familiers et difficiles à développer par rapport aux projets organiques et nécessitent plus d'expérience et une meilleure orientation et créativité. Ex : Les compilateurs ou différents Systèmes Embarqués peuvent être considérés de type Semi-Détachés.
- c) **Intégré** – Un projet logiciel nécessitant le plus haut niveau de complexité, de créativité et d'expérience entre dans cette catégorie. Un tel logiciel nécessite une taille d'équipes plus importantes que les deux autres modèles et les développeurs doivent également être suffisamment expérimentés et créatives pour développer des modèles aussi complexes.

Tableau 2.1 – types de projet COCOMO

Type de projet	Effort en Homme Mois	Temps de Développement
ORGANIQUE	$2.4(KDSI)^{1.05}$	$2.5(HM)^{0.38}$
MEDIAN	$3.0(KDSI)^{1.12}$	$2.5(HM)^{0.35}$
IMBRIQUÉ	$3.6(KDSI)^{1.20}$	$2.5(HM)^{0.32}$

Le projet est estimé à 20 KDSI (nombre de milliers d'instructions source livrées) en mode organique (Il est défini par une innovation minimale, une organisation simple en petites équipes expérimentées).

Formule :

$$E^1 = 2.4 \cdot KLOCx^{1.05}$$

$$D^2 = 2.5 \cdot E^{0.38}$$

Application numérique :

$$E = 2.4 \cdot 10^{1.05} \approx 27 \text{ Personnes/Mois}$$

$$D = 2.5 \cdot 56^{0.38} \approx 8 \text{ Mois}$$

-
1. E = Effort en Personne-Mois
 2. D = Durée en Mois.

Tableau 2.2 – Estimation des coûts

Participant	Quantité	Durée en semaine	Cout/Semaine	Cout total
Chef de projet	1	4	200.000 XAF	800.000 XAF
Développeur	1	32	100.000 XAF	3.200.000 XAF
Testeur	2	1	50.000 XAF	50.000 XAF
Total				4.050.000 XAF

2.2.2.3.2 Estimation matérielle et logiciel

Ce tableau présente une estimation du matériel selon le besoin et la durée.

Tableau 2.3 – Estimation des coûts matériels

Ressource	Nombre de payement	Cout par payement	Total
Desktop monté avec les caractéristiques : 32Go de RAM, Une carte graphique Nvidia GeForce GTX 1070, 250Go de disque dur SSD, 1To de disque dur HDD, Processeur Intel core i7 3.60GHz, Boitier et carte graphique predator, Ecran 32 pouces, Clavier HP	7	23.472 XAF	164.304 XAF
1 serveur de développement : 100 Go SSD, 4 Go Ram, Ubuntu 20	7	80.000 XAF	560.000 XAF
1 serveur git : 2Go RAM, 30 Go HDD, Ubuntu 20	7	80.000 XAF	560.000 XAF
1 casque oculus	7	80.000 XAF	560.000 XAF
Connexion Internet haut débit	7	80.000 XAF	560.000 XAF
Rider	7	80.000 XAF	560.000 XAF
Unreal engine	7	80.000 XAF	560.000 XAF
Webstorm	7	80.000 XAF	560.000 XAF
Total			1.673.304 XAF

Le coût du matériel est ainsi estimé à : **1.673.304 XAF**

Ainsi le coût total du projet est de **5.723.304 XAF**

2.2.3 La technique

2.2.3.1 La base sur laquelle le projet s'appuie

Nous avons déjà eu à réaliser des projets en informatique et en particulier des applications Web, bien que les applications de réalité virtuelle soient pour nous une nouvelle expérience, nous pensons pouvoir y parvenir grâce à la communauté qui est nombreuse et également l'aide des professionnels en stage notamment notre encadreur. De plus, les supports de cours, les enseignants et l'internet (possibilité de documentation) sont des atouts majeurs renforçant cet engagement. Des didacticiels dans un environnement 3D existent déjà, ce qui nous fait encore croire encore plus à la réalisation de ce projet.

2.2.3.2 Les difficultés principales de ce projet

- Apporter du réalisme aux réactions chimiques
- Sécurité de l'application

2.2.3.3 Les solutions de repli en cas de problème

Pour le problème lié au réalisme à apporter aux expériences, nous avons pensé à confier la réalisation des assets 3D à des tiers qui nous rémunèrent.

En ce qui concerne la sécurité de l'application, vu que l'application sera hébergée en ligne nous nous informerons sur les différents risques liés à un tel hébergement et tenterons de les éviter lors de la phase de développement.

2.2.4 Le planning

2.2.4.1 Dates clés

- Date de début : 10 mai 2022
- Date de fin : 03 décembre 2022

2.2.4.2 Grandes phases du planning

Pour la gestion du temps, il existe des méthodes de planification prévisionnelle de projet tel que le diagramme de Gantt. Ce dit diagramme regroupe toutes les tâches, les durées et les ressources ordonnées de manière graduelle permettant à toute l'équipe de suivre son évolution. Il peut être modifié au fur et à mesure en fonction des délais respectés ou pas ainsi que des imprévus. Dans le cadre de notre projet, la planification de nos tâches nous a permis de ressortir le diagramme de Gantt suivant :

Tableau 2.4 – Estimation des coûts matériels

Phase	Taches	Durée en jour	Durée en heure	Prédécesseurs
Analyse	Cadrage du projet (A)	4	36	
	Etude l'existant (B)	5	45	A
	Elaboration du diagramme des cas d'utilisation (C)	3	27	B
	Elaboration des diagrammes de séquence (D)	3	27	B
Conception	Elaboration du diagramme de classe (E)	5	45	D,C
	Elaboration du diagramme de déploiement (F)	1	9	D,C
Implémentation	Back end	Module de gestion des utilisateurs (G)	15	135
		Module de gestion des éléments chimiques (H)	12	108
		Module de gestion des équipements de laboratoire (I)	15	135
		Tests (J)	2	18
	Front end	Module de gestion des utilisateurs (K)	15	135
		Module de gestion des éléments chimiques (L)	15	135
		Module de gestion des équipements de laboratoire (M)	10	90
		Tests (N)	2	18
	Interfaces 3D	Menus et interface d'accueil (O)	10	90
		Gestion des réactions chimiques (P)	25	225
		Tests (Q)	5	45
Transition	Tests (R)	5	45	Q
Total		152	1368	

Ce tableau nous permettra de réaliser notre diagramme Gantt.

2.2.4.3 Diagramme Gantt

Ce diagramme présente le planning général du projet, fait en utilisant le logiciel Gantt Project.

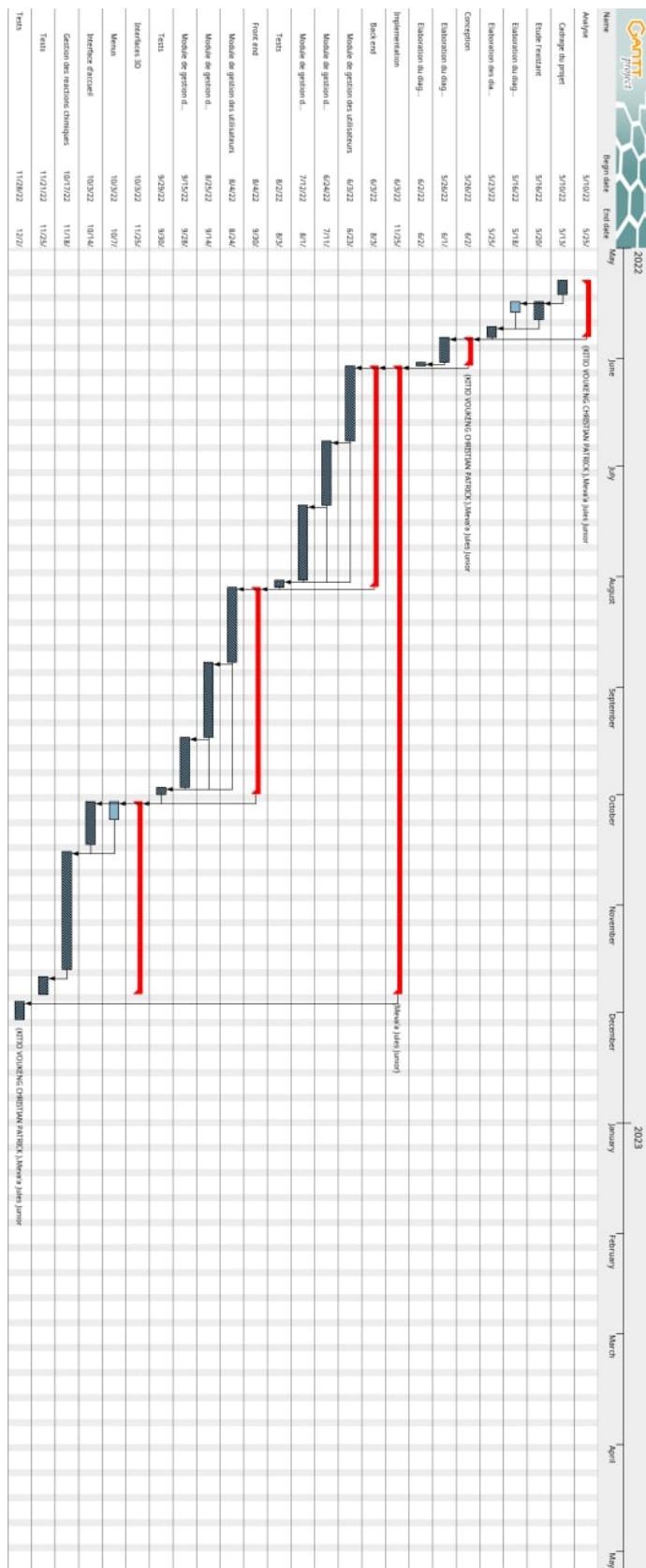


FIGURE 2.1 – Diagramme de gantt du projet

De ce diagramme, ressort la date de début du projet qui est le 10 mai 2022 et la date de fin le 03 Décembre 2022. La durée du projet est de 156 jours. Le chemin critique est noté en bleu sombre sur ce diagramme.

2.2.5 Les moyens

2.2.5.1 Moyens humains

Ici nous retrouvons l'équipe chargée de la réalisation du module **Mr. KITIO VOUKENG Christian PATRICK** directeur technique a monglo-technologie et **MEVA'A JULES JUNIOR** stagiaire en développement et en management des solutions digitales et datas a monglo-technologie.

2.2.5.2 Moyens matériels

Tableau 2.5 – Moyens matériels

Ordinateurs desktop	32Go de RAM, Une carte graphique Nvidia GeForce GTX 1070, 250Go de disque dur SSD, 1To de disque dur HDD, Processeur Intel core i7 3.60GHz, Boitier et carte graphique predator, Ecran 32 pouces, Clavier HP
1 Casque de réalité virtuelle Oculus Quest	
1 serveur git	
1 serveur git	

2.2.6 Le management du projet

Pour la réalisation de ce projet, nous disposons des ressources humaines suivantes :

Tableau 2.6 – Le management du projet

Noms	Fonctions
Mr. KITIO VOUKENG CHRISTIAN PATRICK	Responsable du projet, analyste et testeur
MEVA'A JULES JUNIOR	Analyste, développeur et testeur

2.2.7 La communication

2.2.7.1 Communication interne du projet

- Collaboration via GitLab
- Communication via telegram
- Réunion en présentiel ou en ligne (en fonction du contexte) pour l'évaluation de l'évolution du projet et les tests

2.2.7.2 Communication externe

- Avec les encadreurs académiques
- La communication avec l'encadreur se fera par des séances de travail en présentielle et parfois par moyens téléphoniques.
- Avec les potentiels client
- Information des corps administratif, professoral et étudiantin via les réseaux sociaux (twitter, groupes WhatsApp, Facebook, telegram) de l'existence de l'application.
- Publication des affiches et spots publicitaires
- Descente dans les établissements

2.3 Analyse du système

2.3.1 Analyse fonctionnelle

Il s'agit là des fonctionnalités que doivent posséder le système :

2.3.1.1 Identification des acteurs

Un acteur représente un rôle joué par une entité externe (utilisateur humain, dispositif matériel ou autre système) qui interagit directement avec le système étudié. Un acteur peut consulter et/ou modifier directement l'état du système, en émettant et/ou en recevant des messages susceptibles d'être porteurs de données. Dans le cas de notre application, nous avons pu identifier ces différents acteurs :

- L'administrateur
- L'enseignant
- L'apprenant

2.3.1.2 Identification des cas d'utilisation

Il est question ici de ressortir une manière d'utiliser le système et d'en décrire les exigences fonctionnelles. Nous avons retenu les cas d'utilisation suivants :

Tableau 2.7 – Les acteurs du système et leurs cas d'utilisation

Acteurs	Cas d'utilisations
L'apprenant	Effectuer une réaction chimique
L'enseignant	S'inscrire
	Se connecter
	Consulter son compte
	Modifier son compte
	Supprimer son compte
Administrateur	Créer, Lister, Modifier, activer, désactiver et supprimer des éléments chimiques
	Effectuer tous les cas d'utilisation de l'enseignant
	Lister, activer, désactiver, modifier et supprimer un compte utilisateur.
	Lister, activer, désactiver, modifier et supprimer toutes les réactions chimiques.
	Lister, activer, désactiver, modifier et supprimer tous les éléments chimiques
	Créer, lister, modifier, activer, désactiver et supprimer du matériel de laboratoire.

2.3.1.3 Diagramme des cas d'utilisation

Les diagrammes de cas d'utilisation sont des diagrammes utilisés pour une représentation du comportement fonctionnel d'un système logiciel. Ils permettent d'avoir une vue d'ensemble entre les fonctionnalités d'un système et les acteurs qui en bénéficient.

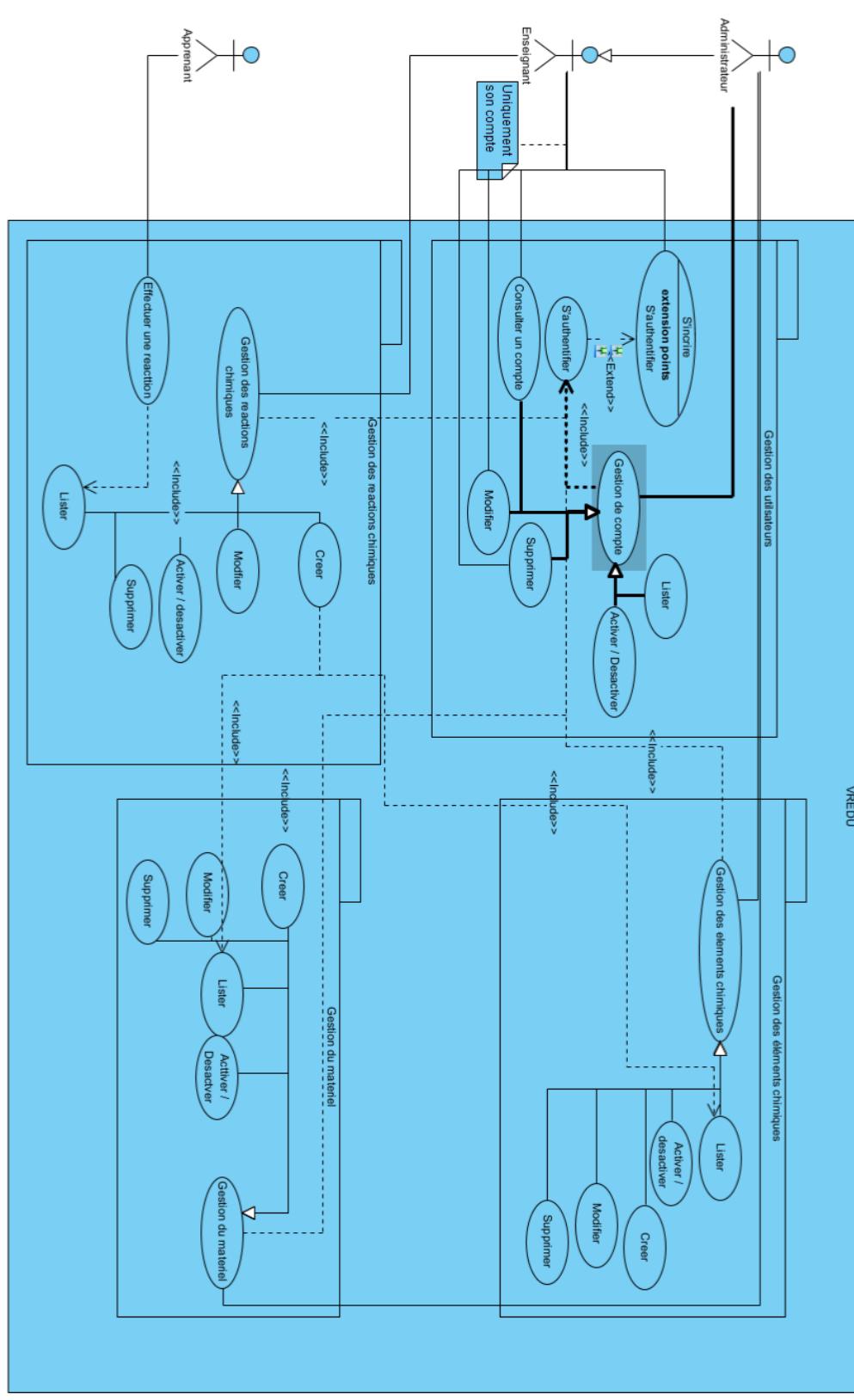


FIGURE 2.2 – Diagramme des cas d'utilisation

De ce diagramme ressortent les différents groupes fonctionnalités du module de chimie de

l'application VREDU à savoir : le module de gestion des utilisateurs qui permettra la gestion des compte utilisateur (administrateur et enseignant), le module de gestion des éléments chimique qui permettra les opérations de création, modification. Activation et désactivation des éléments chimiques, le module de gestion des réactions chimiques et le module de gestion du matériel de laboratoire.

2.3.1.4 Description textuelle de quelques cas d'utilisation

— S'authentifier

- Sommaire d'identification
- Titre : s'authentifier
- Acteurs : Administrateur et enseignant
- Objectif : Il permet à l'acteur de s'identifier et se connecter en saisissant son login et mot de passe.
- Description des scénarios
 - Précondition : L'acteur doit avoir ouvert l'application
 - Post condition :
 - Acteur connecté.
 - Ouverture de l'interface utilisateur.
- Scénario nominal
 1. L'acteur demande à ouvrir la page de connexion
 2. Le système affiche la page de connexion
 3. L'acteur saisit le nom d'utilisateur et son mot de passe
 4. Le système vérifie les données
 5. Le système connecte l'acteur et affiche l'interface utilisateur
- Scénario alternatif
 - A. Erreur de connexion : nom d'utilisateur ou mot de passe non valide
 - Cet enchaînement démarre au point 4
 - 5. Le système affiche un message d'erreur correspondant au problème d'identifiants incorrectes.
 - B. Erreur de connexion : le compte est désactivé
 - Cet enchaînement démarre au point 4
 - 5. Le système affiche un message d'erreur correspondant au problème de compte désactive

— Création d'élément chimique

- Sommaire d'identification
- Titre : Création d'élément chimique
- Acteurs : Administrateur et enseignant
- Objectif : Il permet à l'acteur de créer un élément chimique pour la plateforme.
- Description des scénarios
 - Précondition : Acteur connecté.
 - Post condition :
 - Elément chimique crée dans la base de données.
- Scénario nominal
 1. L'acteur demande du formulaire de création des éléments

2. Le système affiche le formulaire de création des éléments
 3. L'acteur soumet le formulaire de création
 4. Le système vérifie les données
 5. Le système enregistre l'élément chimique et réinitialise le formulaire
- Scénario alternatif
- A. Erreur information soumise incorrects
Cet enchaînement démarre au point 4
 - 5. Le système affiche un message d'erreur pour informations soumises incorrect.
- **Effectuer une réaction**
- Sommaire d'identification
 - Titre : Effectuer une réaction
 - Acteurs : Apprenant
 - Objectif : Il permet à l'acteur de réaliser une réaction chimique sur la plateforme.
 - Description des scénarios
 - Précondition : Application ouverte.
 - Post condition :
 - L'interface de réalisation des réactions ouverte.
 - Scénario nominal
 - 1. L'acteur demande le formulaire d'identification des réactions
 - 2. Le système affiche le formulaire d'identification des réactions
 - 3. L'acteur saisi l'identifiant d'une réaction et soumet le formulaire
 - 4. Le système recherche a réaction
 - 5. Le système envoie de l'interface de réalisation de la réaction
 - 6. L'acteur effectue un mélange et l'envoie
 - Scénario alternatif
 - A. Erreur réaction introuvable.
Cet enchaînement démarre au point 4
 - 5. Le système affiche un message d'erreur pour réaction introuvable.
 - B. Erreur réaction désactivée
 - 5. Le système affiche un message d'erreur pour réaction désactivée
- **Création d'une réaction**
- Sommaire d'identification
 - Titre : Création d'une réaction
 - Acteurs : Administrateur et enseignant
 - Objectif : Il permet à l'acteur de créer une réaction chimique pour la plateforme.
 - Description des scénarios
 - Précondition : Acteur connecté.
 - Post condition :
 - Réaction chimique créée dans la base de données.
 - Scénario nominal
 - 1. L'acteur demande à créer une réaction
 - 2. Le système retourne le formulaire de création

- 3. L'acteur envoie les informations sur la réaction
- 4. Le système demande une confirmation de création.
- 5. L'acteur confirme la création
- 6. Le système enregistre la réaction
- Scénario alternatif
 - A. L'acteur annule la création
 - Cet enchaînement démarre au point 4
 - 5. Le système annule la création.
 - Le scénario reprend au point 3
- **Suppression d'une réaction**
 - Sommaire d'identification
 - Titre : Suppression d'une réaction
 - Acteurs : Administrateur et enseignant
 - Objectif : Il permet à l'acteur de supprimer une réaction sur la plateforme.
 - Description des scénarios
 - Précondition : Acteur connecté.
 - Post condition :
 - La réaction est supprimée de la base de données de l'application.
 - Scénario nominal
 - 1. L'acteur demande de la liste des réactions
 - 2. Le système retourne la liste des réactions
 - 3. L'acteur sélectionne une réaction
 - 4. Le système demande une confirmation de suppression.
 - 5. L'acteur confirme la suppression
 - 6. Le système supprime la réaction
 - Scénario alternatif
 - A. L'acteur annule la suppression
 - Cet enchaînement démarre au point 4
 - 5. Le système annule la suppression.
 - Le scénario reprend au point 3

2.3.1.5 Diagrammes de séquences

Les diagrammes de séquences sont la représentation graphique des interactions entre les acteurs et le système selon un ordre chronologique.

- **S'authentifier**

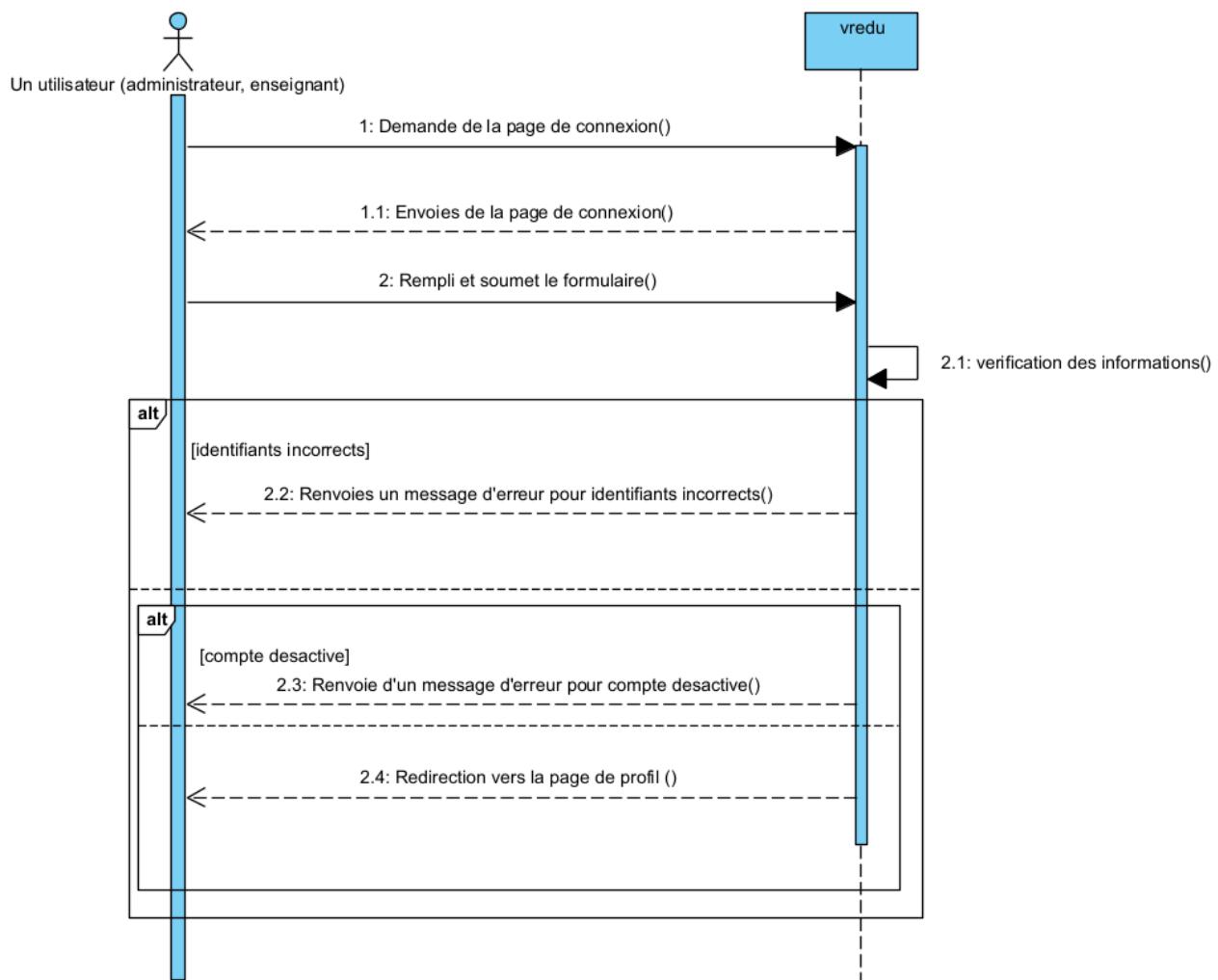


FIGURE 2.3 – Diagrammes de séquences du cas d'utilisation s'authentifier

Ce diagramme fait une description détaillée du cas d'utilisation d'authentification qui permet à un utilisateur d'être reconnue par le système afin de lui accorder certain droit sur le système en fonction de son identité.

— **Création d'élément chimique**

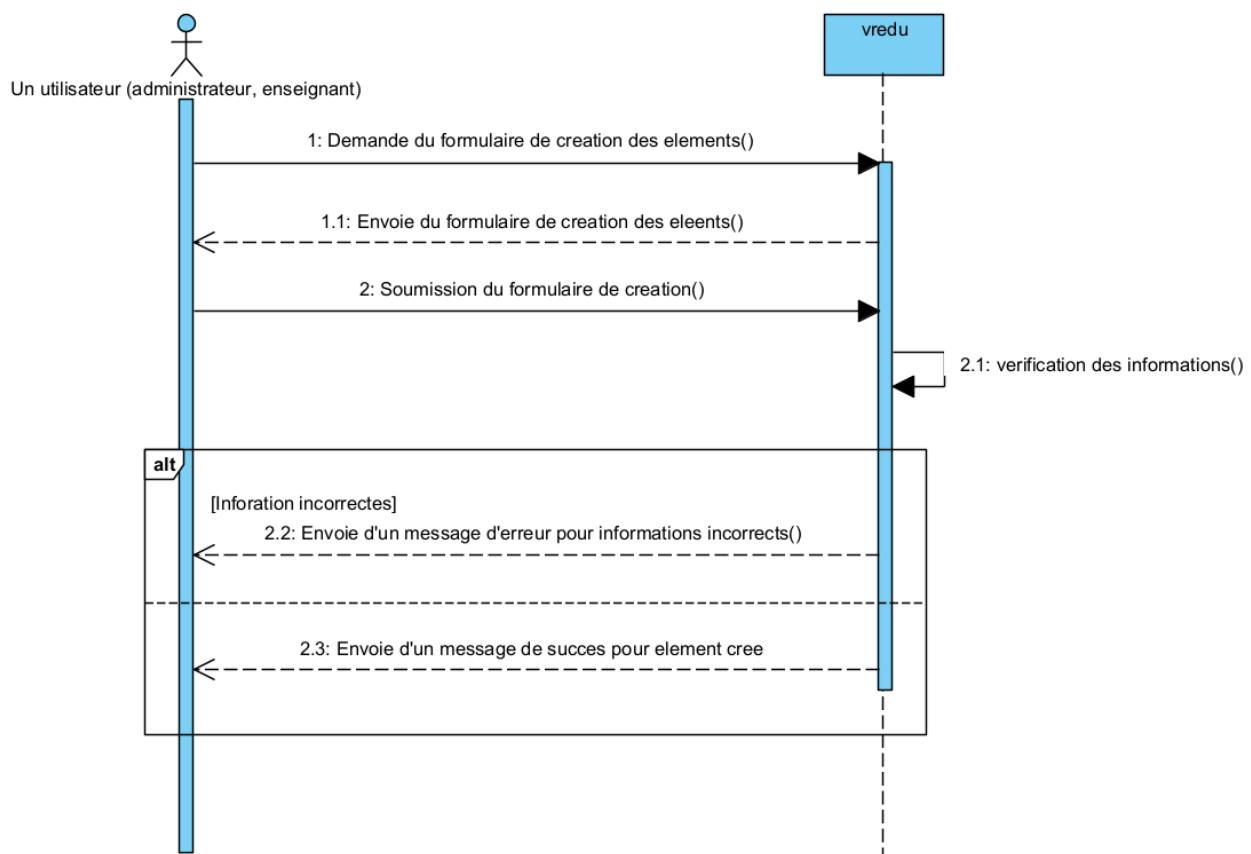


FIGURE 2.4 – Diagrammes de séquences du cas d'utilisation création d'élément chimique

Ce diagramme fait une description détaillée du cas d'utilisation création d'un élément chimique, ce cas permet à un utilisateur connecté de créer un élément chimique pour une réaction chimique.

— Effectuer une réaction

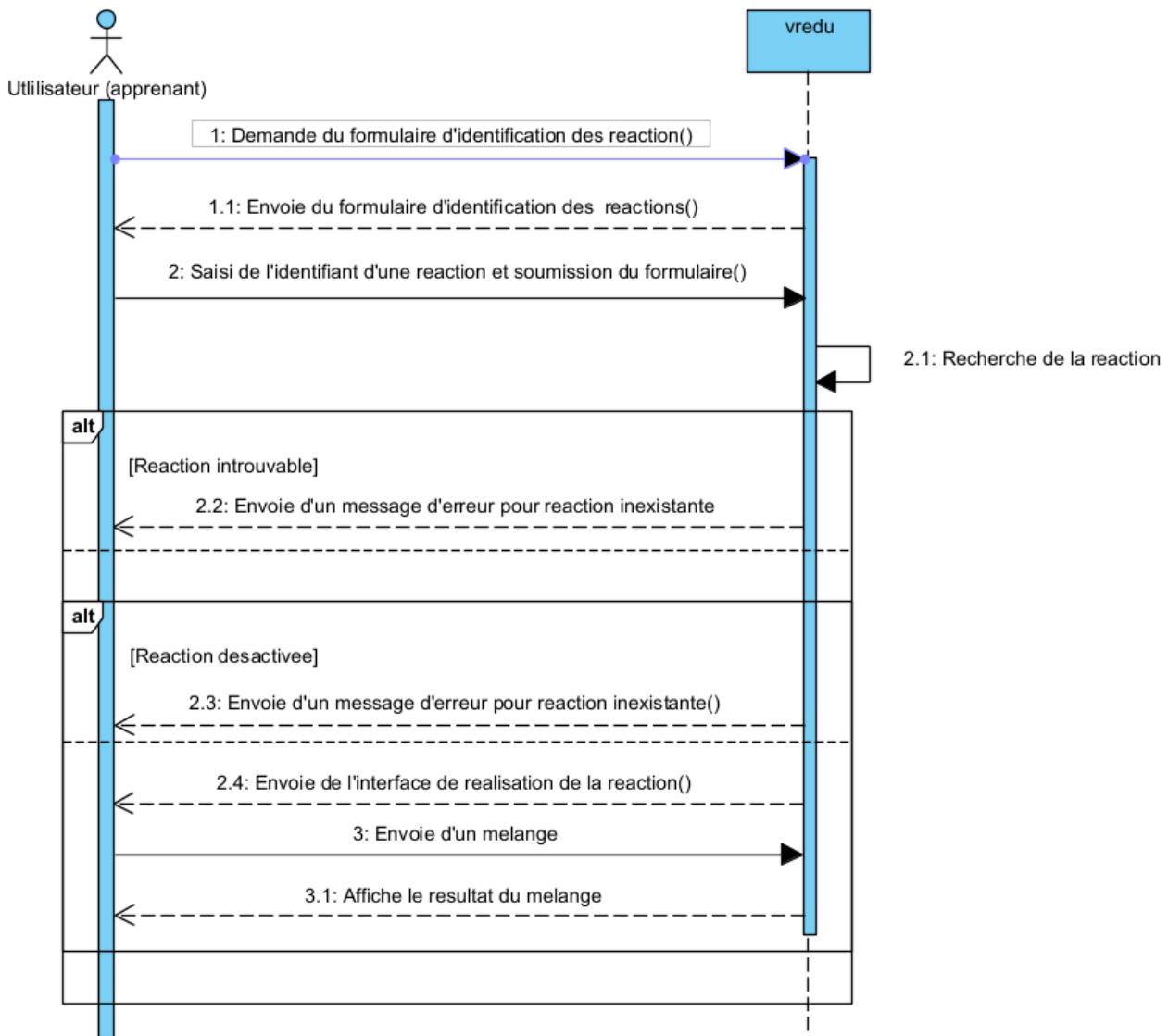


FIGURE 2.5 – Diagrammes de séquences du cas d'utilisation effectuer une réaction

Ce diagramme fait une description détaillée du cas effectuer une réaction qui présente le processus de réalisation d'une réaction chimique sur le système par un apprenant.

2.3.1.6 Diagrammes d'activités

Les diagrammes d'activités permettent de mettre l'accent sur les traitements. Ils sont donc particulièrement adaptés à la modélisation du cheminement de flots de contrôle et de flots de données. Ils permettent ainsi de représenter graphiquement le comportement d'une méthode ou le déroulement d'un cas d'utilisation.

— Créer une réaction

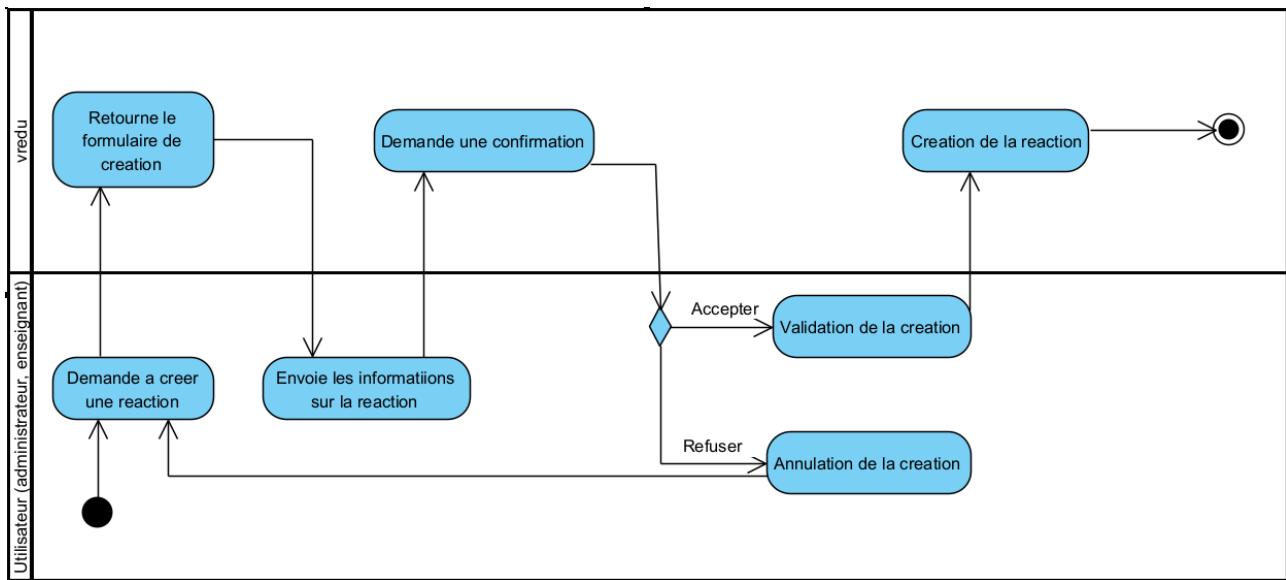


FIGURE 2.6 – Diagrammes d’activités du cas d’utilisation créer une réaction

Ce diagramme fait une description détaillée du cas créer une réaction qui présente le processus de création d'une réaction chimique sur le système par un administrateur ou un enseignant.

— Suppression d'une réaction

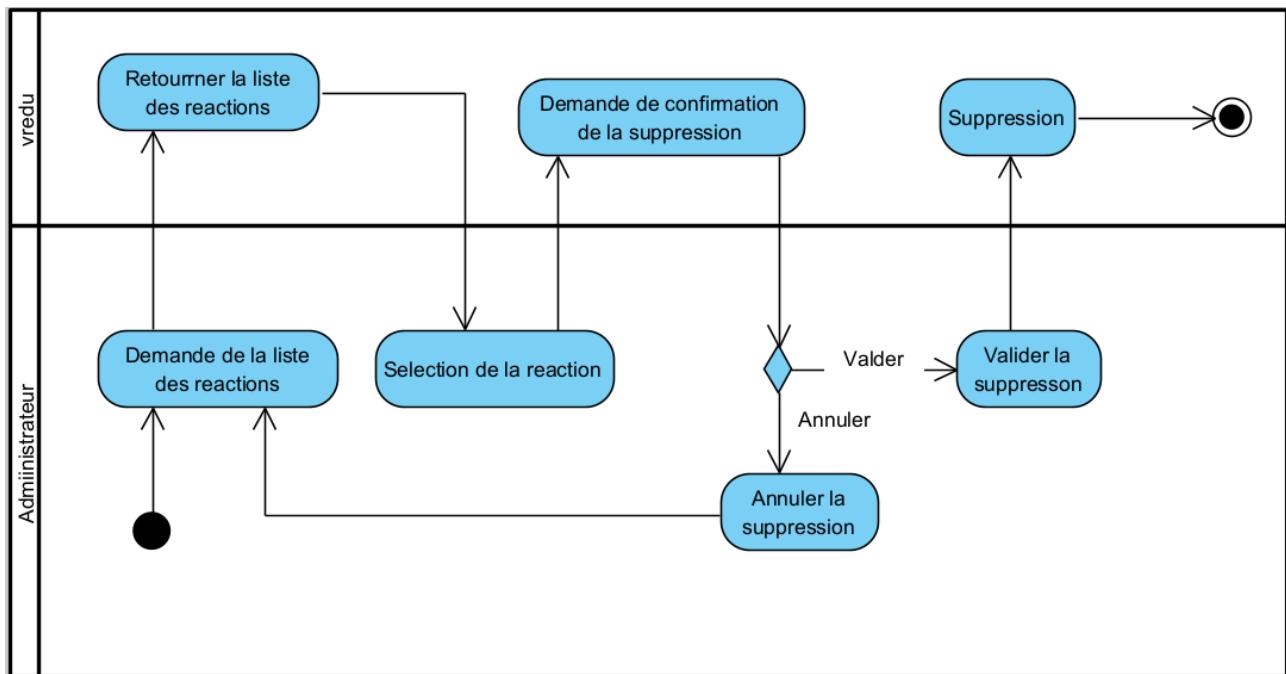


FIGURE 2.7 – Diagrammes d’activités du cas d’utilisation suppression d’une réaction

Ce diagramme fait une description détaillée du cas suppression d'une réaction qui présente le processus de suppression d'une réaction chimique sur le système par un administrateur ou un enseignant.

2.3.1.7 Diagramme d'état transition

Un diagramme d'états-transitions est un type de diagramme comportemental en langage de modélisation unifié (UML) qui représente les transitions entre divers objets.

— Changement d'état des produits d'une réaction

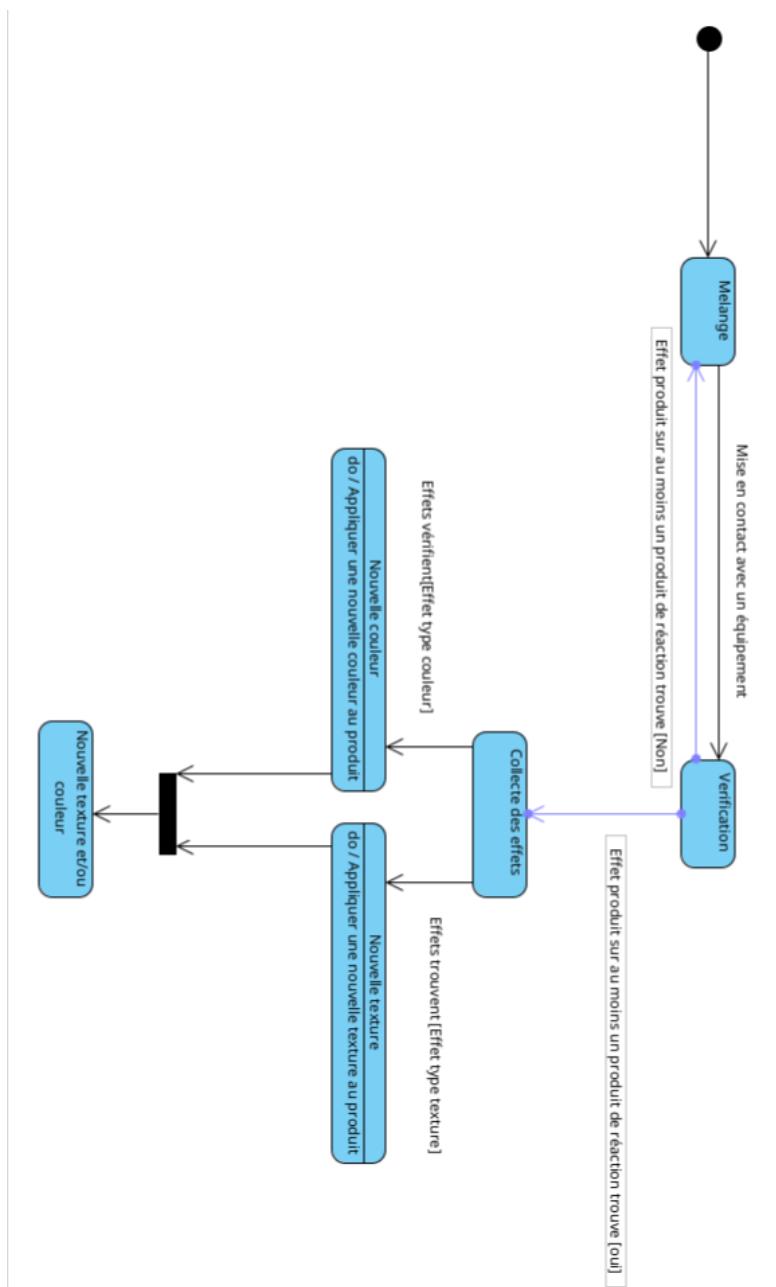


FIGURE 2.8 – Diagramme d'état transition du cas d'utilisation changement d'état des produits d'une réaction

Ce diagramme présente de façon détaillée le processus de changement d'état d'un produit de réaction lors d'une réaction chimique.

— Changement d'état d'authentification d'un utilisateur

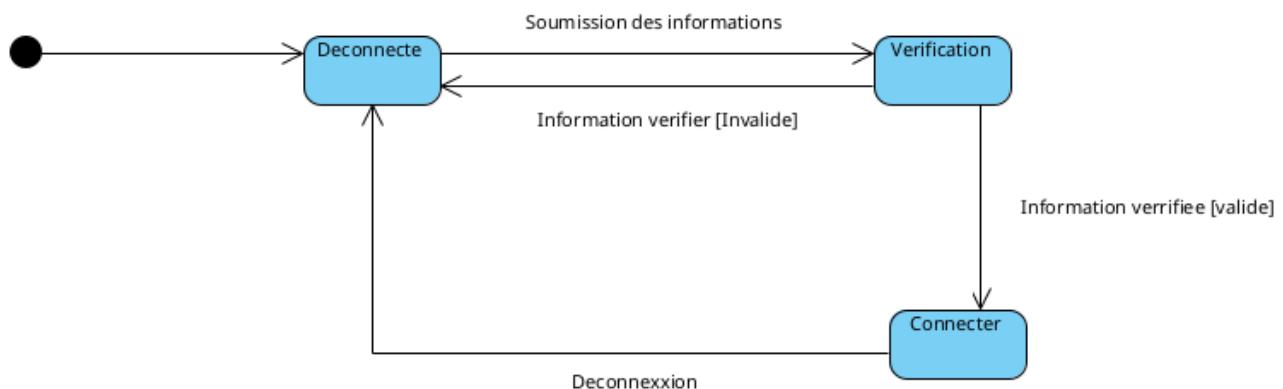


FIGURE 2.9 – Diagramme d'état transition du cas d'utilisation changement d'état d'authentification d'un utilisateur

Ce diagramme présente de façon détaillée le changement d'état d'authentification d'un utilisateur en fonction d'évènements effectués sur la plateforme.

2.3.2 Analyse non fonctionnelle

C'est l'ensemble des exigences qui ne concernent pas spécifiquement le comportement du système mais plutôt identifient des contraintes internes et externes du système. Ainsi les principaux besoins non fonctionnels de notre système sont :

- Le code doit être clair, bien structuré pour permettre des futures évolutions du système ;
- L'ergonomie : la plateforme doit offrir des interfaces conviviales et faciles à utiliser ;

2.3.3 Technique et Méthodes

2.3.3.1 Choix des techniques de développement

Plusieurs techniques peuvent être utilisées pour réaliser d'une plateforme web et 3D :

— Le code pur et dur :

C'est ainsi que les informaticiens créent leur première application. Il est nécessaire d'avoir de bonnes connaissances en programmation. En effet toute l'application est créée à partir de ligne de code complètement illisible pour un profane. Cette solution est longue, couteuse et rarement assez complète pour permettre une modification facile de l'application. Aujourd'hui, la plupart des développeurs ne crée plus leur application de A à Z, ils utilisent une des méthodes suivantes.

— Les CMS (Content management system) pour le web :

Ce sont des aides à la création d'applications. Ils ne font pas tout à votre place, mais vous aident en grande partie. Il est très recommandé d'avoir des connaissances en informatique pour réaliser une application à partir d'un CMS. Certains sont en effet très compliqués à mettre en place. De plus aucun hébergement n'est fourni avec le CMS. Il faudra donc mettre en place un serveur HTTP pour héberger son application. Pour finir, la personnalisation du design d'une application sur un CMS est assez fastidieuse. Il sera presque à tous les cas obligatoire de mettre la main dans le code source de l'application. D'autres techniques existent notamment les Outils en ligne.

— **Framework et librairies :**

Il existe également des Framework et librairies (bout de code écrit permettant de faciliter le travail du développeur), qui est l'une des méthodes les plus utilisée dans le monde du développement, nous avons donc opté pour cette méthode et nous allons choisir un Framework parmi ceux existant.

2.3.3.2 Choix du Framework

ASP.net pour le **backend**, **React** pour le **frontend** et **unreal engine** pour la **3D**. Comme **SGBD**, nous avons allons utiliser **PostgreSQL** (le SGBD utilisé par l'entreprise).

2.4 Conception du système

2.4.1 Diagramme de classe

Le diagramme de classes est un schéma utilisé pour présenter les classes et les interfaces des systèmes ainsi que leurs relations.

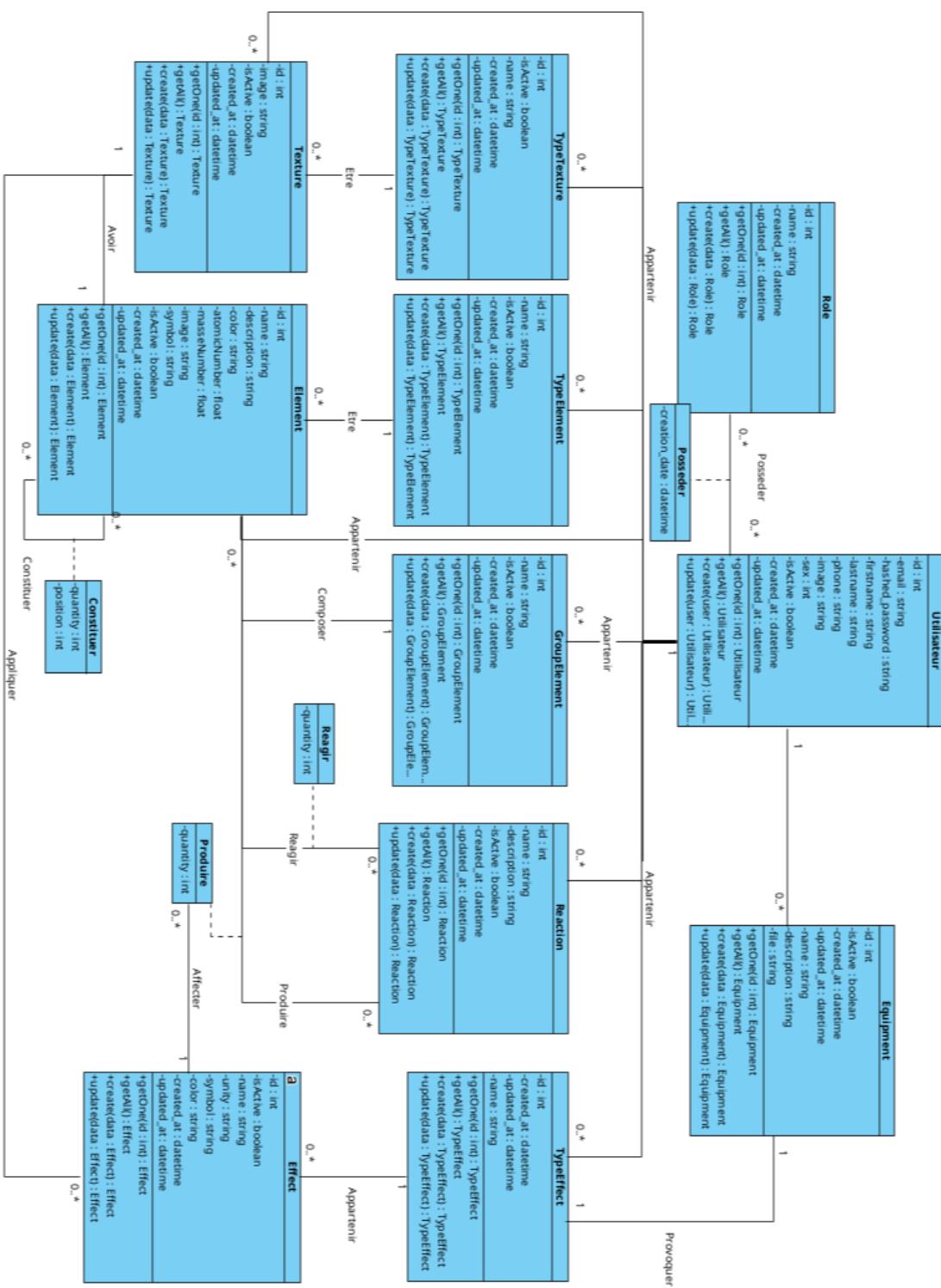


FIGURE 2.10 – Diagramme de classe du système

Ce diagramme présente les classes et leurs interactions dans le système.

2.4.2 Diagramme de déploiement

En UML, un diagramme de déploiement est une vue statique qui sert à représenter l'utilisation de l'infrastructure physique par le système et la manière dont les composants du système sont répartis ainsi que leurs relations entre eux. Les éléments utilisés par un diagramme de déploiement sont principalement les nœuds, les composants, les associations et les artefacts. Les caractéristiques des ressources matérielles physiques et des supports de communication peuvent être précisées par stéréotype.

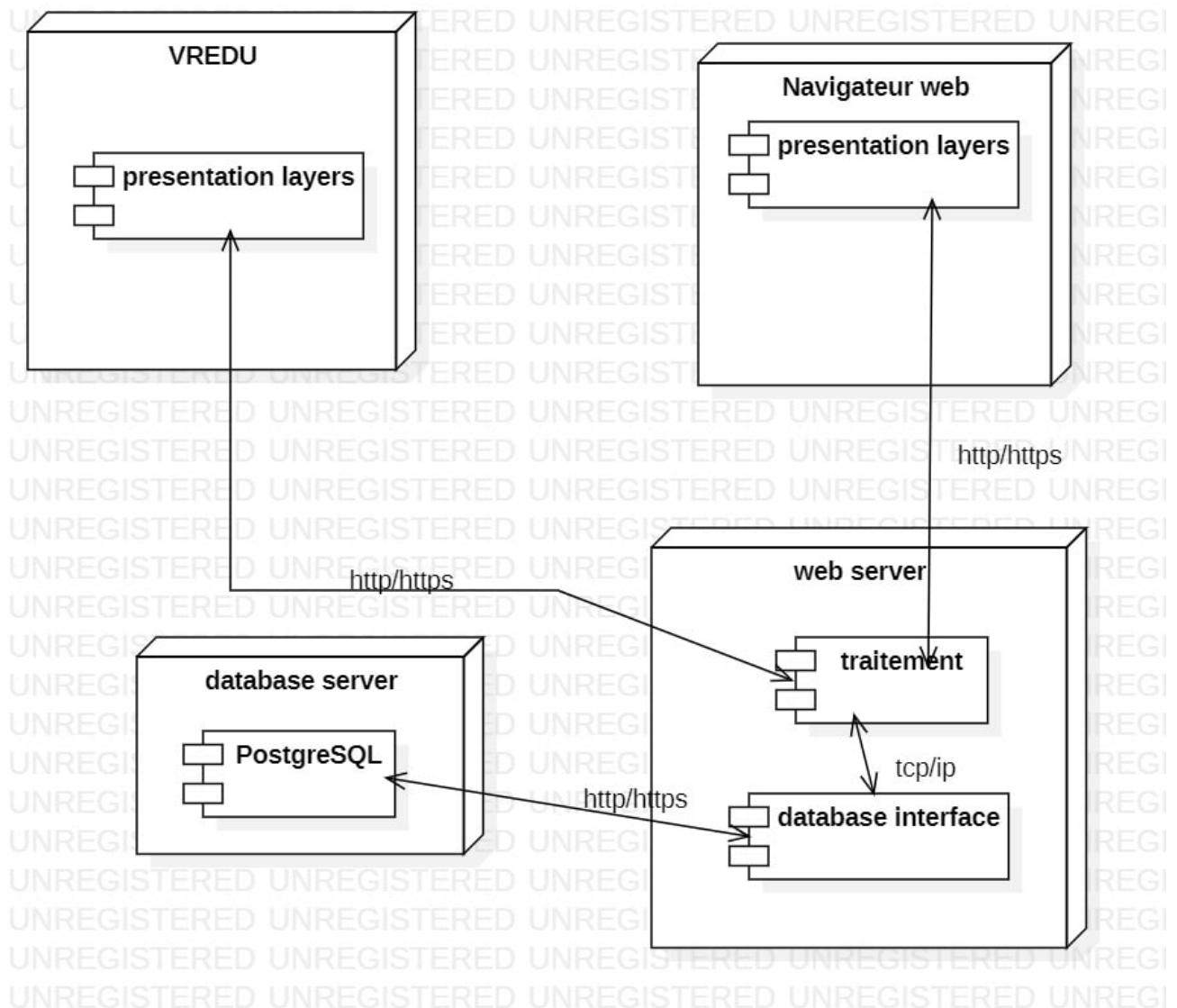


FIGURE 2.11 – Diagramme de déploiement du système

Chapitre 3

Implémentation de la solution et résultats

Dans ce chapitre, nous ferons un tour d'horizon sur l'ensemble des technologies utilisées afin de mettre en œuvre la solution et montrerons comment nous comptons déployer notre solution. Enfin nous présenterons quelques résultats obtenus par implémentation.

3.1 Outils et technologies

De la conception à la réalisation de notre application, nous avons eu à utiliser les outils et technologies suivants :

- **Unreal Engine 5** : qui est un moteur de rendu 3D utilisé dans la création de jeux et la simulation d'environnement 3D utilisant le langage de programmation c++.
- **React & React Dom** : qui est un Framework javascript très populaire permettant la création d'interfaces utilisateur web simplement et rapidement, il offre une grande documentation et possède une communauté très active.
- **ASP.NET core web api** : est un Framework C# permettant la création d'api REST développé par Microsoft.
- **PostgreSQL** : C'est un système de gestion de base de données relationnelle et objet. C'est un outil libre disponible selon les termes d'une licence de type BSD. Ce système est concurrent d'autres systèmes de gestion de base de données, qu'ils soient libres, ou propriétaires ;
- **Git & GitHub** : Git est un logiciel de gestion de versions décentralisé. C'est un logiciel libre créé par Linus Torvalds, auteur du noyau Linux, et distribué selon les termes de la licence publique générale GNU version 2. GitHub est un logiciel libre de forge basé sur git proposant les fonctionnalités de wiki, un système de suivi des bugs, l'intégration continue et la livraison continue ;
- **Rider** : C'est un environnement de développement .NET multiplateforme de chez jet-brains basé sur la plateforme IntelliJ et ReSharper.
- **Webstorm** : C'est un IDE pour les langages Web, développé par l'entreprise JetBrains et basé sur la plateforme IntelliJ IDEA ;
- **Docker** : C'est un IDE pour les langages Web, développé par l'entreprise JetBrains et basé sur la plateforme IntelliJ IDEA ;
- **Jira** : est un système de suivi de bugs, de gestion des incidents et de gestion de projets développé par Atlassian.
- **Visual paradigm** : C'est un outil UML CASE prenant en charge UML 2, SysML et la notation de modélisation de processus métier (BPMN) d'Object Management Group (OMG). Outre la modélisation, il offre des fonctionnalités de génération de rapports et d'ingénierie de code, y compris la génération de code.
- **Gantt Project** : est un logiciel libre de gestion de projet écrit en Java.

3.2 Présentation de quelques IHM



Qui sommes nous ?

Application permettant la création de réactions chimiques pour pratique dans les écoles d'enseignement secondaire permettant non seulement la création des réactions avec ses réactifs et ses produits tout en y appliquant des effets sous de nombreuses conditions que se soit de **TEMPS**, **TEMPERATURE**... Cela dans des **EQUIPEMENTS** de laboratoire virtuel.

Deux applications ?



Professeur des lycées ou collèges

Interface web permettant la création des éléments chimiques tels que Dioxyde de carbone, Eau... de réaction chimiques ou vous ferez interagir ces éléments pour un cours pratique délocalisé et en sécurité. [Inscrivez-vous ici.](#)



Lyceens et collégien

Effectuez les réactions chimiques programmées par votre enseignant sur un casque de réalité virtuelle ou que vous soyez et à tout moment sans risque d'accidents lors des expérimentations. À télécharger sur l'[Oculus Quest Store](#).



50 éléments chimiques modélisés en 3D sur 118

30 textures différentes à appliquer aux molécules ou aux produits de réactions

Un nombre ∞ de combinaisons entre éléments chimiques

Contacts

- Email : mongo-technologie@gmail.com
- Tel : 690961056 / 620080830

© vredu tous droit réservé, 2022

Développé par m-tech

FIGURE 3.1 – IHM de la page d'accueil

The screenshot shows the VR EDU Chemistry lab website. On the left, there is a sidebar with the text "Creer vos travaux pratique de chimie" and a graphic of a character standing next to a control panel with various knobs and buttons. The main area is titled "Inscription" and contains fields for "Nom", "Prenom", "Email", "Nom d'utilisateur", "Mot de passe", and "Confirmation de mot de passe". A blue "Inscription" button is located at the bottom right of the form.

Inscription

Entrez vos informations personnelles ici.

Nom

Prenom

Email

Nom d'utilisateur

Mot de passe

Confirmation de mot de passe

Inscription

FIGURE 3.2 – IHM de la page d'inscription des enseignants

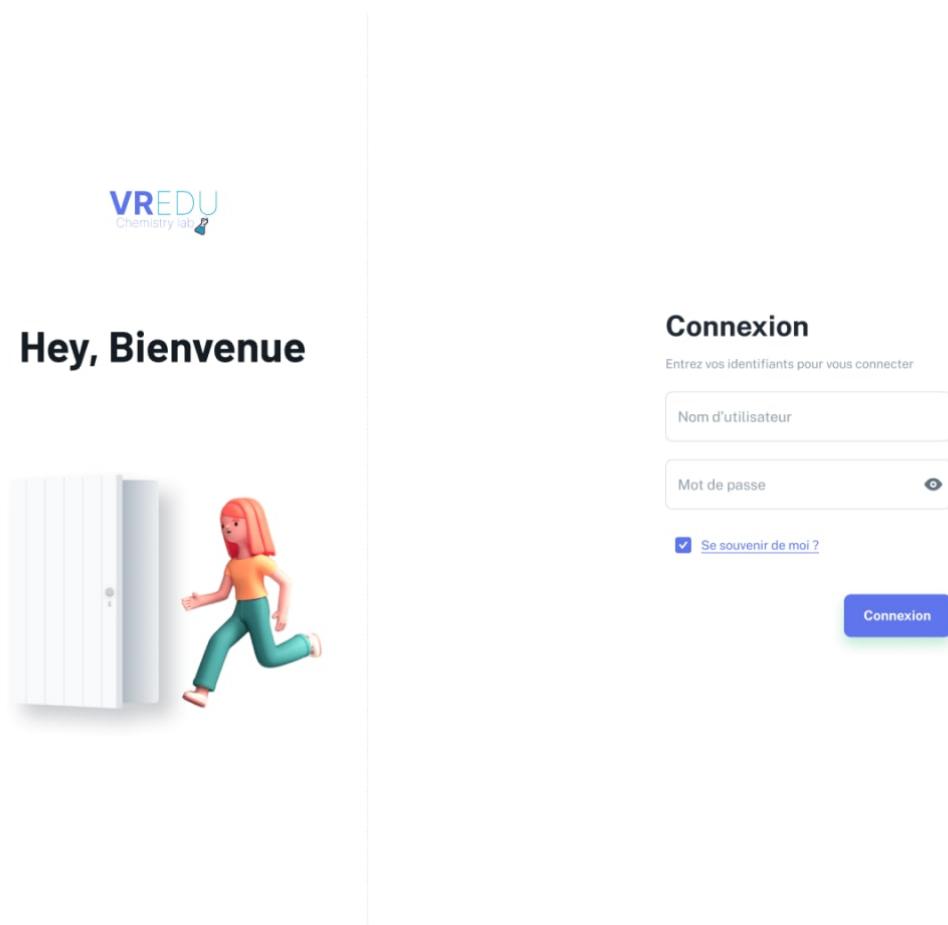


FIGURE 3.3 – IHM de la page de connexion des enseignants



Carlota Monteiro
Admin

GENERAL

Mon espace

Reactions

Elements

UTILISATEUR

Compte

Deconnexion

ADMINISTRATION

Utilisateurs

Atomes

- Types

- Groupes

- Element

Textures

- Types de texture
- Mes textures

Effets

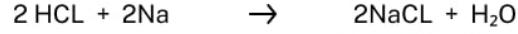
Equipements

Tableau périodique

2 H Hydrogène (eau)	3 Li Lithium (eau)	4 Be Béryllium (eau)		5 B Boron (eau)	6 C Carbone (eau)	7 N Nitrogen (eau)	8 O Oxygène (eau)	9 F Fluorine (eau)	10 Ne Néon (eau)
11 Na Sodium (eau)	12 Mg Magnésium (eau)	13 Al Aluminium (eau)	14 Si Silicium (eau)	15 P Phosphore (eau)	16 S Sulfure (eau)	17 Cl Chlorure (eau)	18 Ar Argon (eau)		
19 K Potassium (eau)	20 Ca Calcium (eau)	21 Sc Scandium (eau)	22 Ti Titanium (eau)	23 V Vanadium (eau)	24 Cr Chromium (eau)	25 Mn Manganèse (eau)	26 Fe Fer (eau)	27 Co Cobalt (eau)	28 Ni Nickel (eau)
29 Y Yttrium (eau)	30 Zr Zirconium (eau)	31 Nb Nb (eau)	32 Mo Molibdène (eau)	33 TC Tantalum (eau)	34 Ru Ruthénium (eau)	35 Rh Rhodium (eau)	36 Pd Palladium (eau)	37 Ag Argent (eau)	38 Cd Cadmium (eau)
39 La Lanthanides (eau)	40 Hf Hafnium (eau)	41 Ta Ta (eau)	42 W Tungstène (eau)	43 Re Rhenium (eau)	44 Os Osmium (eau)	45 Ir Iridium (eau)	46 Pt Pt (eau)	47 Au Or (eau)	48 Hg Hg (eau)
49 Fr Fr (eau)	50 Ra Ra (eau)	51 Ac Actinides (eau)	52 Rf Rutherfordium (eau)	53 Db Dubnium (eau)	54 Sg Singapourium (eau)	55 Bh Bohorium (eau)	56 Hs Hassium (eau)	57 Mt Meitnerium (eau)	58 Ds Darmstadtium (eau)
59 Ce Céryum (eau)	60 Pr Praseodyme (eau)	61 Nd Nd (eau)	62 Pm Prométhium (eau)	63 Eu Europium (eau)	64 Gd Gadolinium (eau)	65 Tb Terbium (eau)	66 Dy Dysprosium (eau)	67 Ho Holmium (eau)	68 Er Erbium (eau)
69 Th Thorium (eau)	70 Pa Protactinium (eau)	71 U Uranium (eau)	72 Np Néptunium (eau)	73 Pu Plutonium (eau)	74 Am Americium (eau)	75 Cm Curium (eau)	76 Bk Berkelium (eau)	77 Cf Californium (eau)	78 Es Einsteinium (eau)
79 Fm Fermium (eau)	80 Md Mendelevium (eau)	81 No Nobelium (eau)	82 Lr Lawrencium (eau)						

Mes réactions [Ajouter une réaction](#)

Fabrication d'une molécule de NaCl



- Types



Titre de la réaction

- Groupes
- Element



Titre de la réaction

- Texture



Titre de la réaction

- Types de texture



- Mes textures

Titre de la réaction

Effets



Mes éléments [Ajouter un élément](#)

- HCl
- NaCl
- ...

FIGURE 3.4 – IHM de la page espace personnel des enseignants et administrateurs



FIGURE 3.5 – IHM du laboratoire en vue de dessus



FIGURE 3.6 – IHM du laboratoire en vue de face



FIGURE 3.7 – IHM du laboratoire intérieur vue du fond



FIGURE 3.8 – IHM du laboratoire intérieur vue de l'apprenant



FIGURE 3.9 – IHM du laboratoire intérieur vue de l'enseignant

Conclusion

 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Bibliographie

- [1] Jinhua Li, Chengtie Wu, Paul K Chu, and Michael Gelinsky. 3d printing of hydrogels : Rational design strategies and emerging biomedical applications. *Materials Science and Engineering : R : Reports*, 140 :100543, 2020.
- [2] Haoyuan Quan, Ting Zhang, Hang Xu, Shen Luo, Jun Nie, and Xiaoqun Zhu. Photo-curing 3d printing technique and its challenges. *Bioactive materials*, 5(1) :110–115, 2020.
- [3] Ben Redwood, Filemon Schöffer, and Brian Garret. *The 3D printing handbook : technologies, design and applications*. 3D Hubs, 2017.
- [4] Zeynep Tatli and Alipasa Ayas. Effect of a virtual chemistry laboratory on students' achievement. *Journal of Educational Technology & Society*, 16(1) :159–170, 2013.

Table des matières

Remerciements	2
Sommaire	3
Table des figures	4
Liste des tableaux	5
Introduction	8
I ÉTAT DE L'ART	9
1 PRÉSENTATION DU PROJET	10
1.1 Compréhension du sujet	11
1.1.1 Context	11
1.1.2 Délimitation du sujet et hypothèse du travail	11
1.1.3 Étude de l'existant	11
1.1.3.1 Description de l'existant	12
1.1.3.2 Critique de l'existant	12
1.1.3.3 Quelques solutions existantes	12
1.1.3.4 Questions de recherche	15
II RÉALISATION	17
2 Analyse et conception	18
2.1 Analyse de la solution	19
2.2 Cadrage du projet	19
2.2.1 Le projet	19
2.2.1.1 Le nom	19
2.2.1.2 Définition succincte	19
2.2.1.3 Caractéristiques essentielles	19
2.2.1.4 Motifs qui sous-tendent ce projet	19
2.2.2 Les objectifs	19
2.2.2.1 Objectifs techniques	19
2.2.2.2 Objectifs de délai	20

2.2.2.3	Objectifs de coûts	20
2.2.3	La technique	23
2.2.3.1	La base sur laquelle le projet s'appuie	23
2.2.3.2	Les difficultés principales de ce projet	23
2.2.3.3	Les solutions de repli en cas de problème	23
2.2.4	Le planning	23
2.2.4.1	Dates clés	23
2.2.4.2	Grandes phases du planning	23
2.2.4.3	Diagramme Gantt	24
2.2.5	Les moyens	26
2.2.5.1	Moyens humains	26
2.2.5.2	Moyens matériels	26
2.2.6	Le management du projet	26
2.2.7	La communication	26
2.2.7.1	Communication interne du projet	26
2.2.7.2	Communication externe	27
2.3	Analyse du système	27
2.3.1	Analyse fonctionnelle	27
2.3.1.1	Identification des acteurs	27
2.3.1.2	Identification des cas d'utilisation	27
2.3.1.3	Diagramme des cas d'utilisation	28
2.3.1.4	Description textuelle de quelques cas d'utilisation	30
2.3.1.5	Diagrammes de séquences	32
2.3.1.6	Diagrammes d'activités	35
2.3.1.7	Diagramme d'état transition	37
2.3.2	Analyse non fonctionnelle	38
2.3.3	Technique et Méthodes	38
2.3.3.1	Choix des techniques de développement	38
2.3.3.2	Choix du Framework	39
2.4	Conception du système	39
2.4.1	Diagramme de classe	39
2.4.2	Diagramme de déploiement	41
3	Implémentation de la solution et résultats	42
3.1	Outils et technologies	43
3.2	Présentation de quelques IHM	44
Bibliographie		52
Table des matières		53