



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
<http://www.ifri-uac.net> Courriel : contact@ifri.uac.bj

MÉMOIRE

pour l'obtention du

Diplôme de Licence en Informatique

Option : Internet et Multimédia

Présenté par :

Aïchatou OROU BADE

Réalisation d'une application en réalité augmentée pour l'enseignement: application à la géologie au secondaire

Sous la supervision :

Dr Ing. Vinasetan Ratheil HOUNDJI

Année Académique : 2019 - 2020

Sommaire

Dédicace	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Abstract	v
Liste des figures	vi
Liste des acronymes	vii
Glossaire	1
Introduction	2
1 Revue de littérature	4
2 Conception et choix techniques	15
3 Présentation de l'application et discussion	22
Conclusion	26
Table des matières	27
Annexe	32

Dédicace

Je dédie ce travail :

- A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.
- A ma seconde famille, celle de tous les boursiers de la Fondation MasterCard à l'Université d'Abomey-Calavi, elle m'a toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.

Remerciements

Nos remerciements à :

- Dieu le père tout puissant, le très miséricordieux, le tout miséricordieux, pour nous avoir donné la santé, la force, l'inspiration et la persévérance tout au long de ce travail ;
- L'administration d'IFRI, son directeur Prof. Eugène EZIN, le directeur adjoint Prof. Gaston EDAH et tous les enseignants qui ont contribué à ma formation ;
- Monsieur Ratheil HOUNDJI, mon maître de mémoire pour sa disponibilité, son accompagnement et son soutien dans la réalisation de ce mémoire ;
- Programme de Bourse de la Fondation MasterCard de l'Université d'Abomey-Calavi pour son soutien ;
- Monsieur Malick Afis KOUSSE et Monsieur Parisius Dorian HOUESSO pour leur assistance ;
- Monsieur Imran KOUNDE pour ses conseils ;
- Madame Nelly KELOME, Monsieur Rodrigue ADECHINA, Monsieur Pierre Jérôme ZOHOU, Monsieur AYADOKOU Guy ;
- Tous mes amis et camarades.

Résumé

Le secteur éducatif est un secteur assez sensible. Selon un récent rapport de Harvard Graduate School of Education, l'engagement des élèves diminue chaque année car les instituts se concentrent sur des modes d'enseignement standardisés. Dans ce travail, nous avons réalisé un outil accessible et permettant de compléter et de renforcer l'apprentissage des élèves aux mesures et observations sans avoir à se déplacer, en mettant à leur disposition une application, nommée ArGéo, fournissant des expériences immersives. Nous avons implémenté un module lié à la géologie au secondaire. Le module a été réalisé grâce à l'utilisation du langage de programmation C#, le moteur de jeu unity 3D et le SDK de réalité augmentée Vuforia. A la fin de la phase de développement, différents tests ont été effectués et montrent que le module mis en place est fonctionnel.

Mots clés : ArGéo, réalité augmentée, géologie, enseignement, secondaire

Abstract

The education sector is a fairly sensitive sector. According to a recent Harvard Graduate School of Education report, student engagement is declining every year because the institutes mainly focus on standardized teaching methods. In this work, we have realized an accessible tool which makes it possible to complete and reinforce the students' learning of measurements and observations, by providing them with an application, named ArGéo, providing immersives experiences. We propose the implementation of a module about geology in secondary school. The module was developed with the use of the C# programming language, the unity 3D game engine and the Vuforia augmented reality SDK. At the end of the development phase, various tests were carried out and show that the module implemented is functional.

Key words: ArGéo, augmented reality, geology, teaching, secondary

Liste des figures

1.1	Nikki, Classe numérique <i>Source : site du gouvernement</i> [9]	6
1.2	Planète terre, <i>Source : pixabay.com</i>	7
1.3	Carte des principales plaques tectoniques terrestres [11]	9
1.4	Schéma du cycle géologique [12]	9
1.5	Structure interne de la terre [13]	10
1.6	Capture d'écran de l'application Earth AR	12
1.7	Menu de l'application Star Chart	13
1.8	Quiver education mobile interface	13
1.9	Logo Google expeditions	14
2.1	Diagramme de cas d'utilisation	17
2.2	Diagramme de séquence : Scanner un marqueur	18
2.3	Modélisation avec blender	19
2.4	Développement de l'expérience RA dans Unity	19
2.5	Réalisation d'un marqueur dans photoshop	21
3.1	Logo de l'application	22
3.2	Icone de l'application	23
3.3	Marqueur d'accueil expliquant comment l'application s'utilise	23
3.4	Marqueur sélectionné : roches métamorphiques	24
3.5	Marqueur Scanné	24

Liste des acronymes

CC :

Creative Cloud *Glossaire:* [CC](#)

CPU :

Central Processing Unit *Glossaire:* [CPU](#)

DHL :

Dalsey, Hillblom and Lynn *Glossaire:* [DHL](#)

GPU :

Graphics Processing Unit *Glossaire:* [GPU](#)

IDE :

Integrated Development Environment *Glossaire:* [IDE](#)

RA :

Réalité Augmentée *Glossaire:* [RA](#)

SDK :

Software Development Kit *Glossaire:* [SDK](#)

UML :

Unified Modeling Language *Glossaire:* [UML](#)

UV :

U et V représentent les deux axes du plan 2D de la texture appliquée dans le logiciel Blender
Glossaire: [UV](#)

Glossaire

- CC :** Creative Cloud est une collection de plus de 20 applications et services de bureau et mobiles pour la photographie, la conception, la vidéo, le Web, l'expérience utilisateur, etc [vii](#)
- CPU :** En français Unité Central de Traitement, c'est un composant présent dans de nombreux dispositifs électroniques qui exécute les instructions machine des programmes informatiques. [vii](#)
- GPU :** Le GPU (en français unité de traitement graphique) désigne le processeur qui équipe la carte graphique. [vii](#)
- IDE :** Un environnement de développement intégré est un ensemble d'outils qui permet d'augmenter la productivité des programmeurs qui développent des logiciels. [vii](#)
- RA :** La réalité augmentée est la technologie d'immersion utilisée pour réaliser ce travail [vii](#)
- SDK :** Un SDK, en français kit de développement, désigne un ensemble d'outils utilisés par les développeurs pour le développement d'un logiciel destiné à une plateforme déterminée (Linux, Windows, Android, etc.). [vii](#)
- UML :** L'UML est un langage de modélisation [vii](#)
- UV :** Le procédé de UV mapping consiste à appliquer une image plane (texture 2D) sur la surface d'un modèle en volume (3D). [vii](#)

Introduction Générale

L'enseignement est un domaine qui connaît de plus en plus d'innovation technologique. C'est de plus en plus courant de voir de nouvelles solutions technologiques être utilisées pour renforcer l'enseignement et l'apprentissage en milieu scolaire. Nous pouvons citer parmi ces solutions les plateformes de cours en ligne, qui ont beaucoup servi durant cette crise du covid-19. Plusieurs écoles et universités au Bénin ont commencé à intégrer les solutions technologiques dans leurs établissements, ce qui donc permettra aux élèves et étudiants de vivre une nouvelle manière d'étudier. La Réalité Augmentée, parmi tant d'autres innovations technologiques, peut jouer sa partition dans l'amélioration des méthodes d'apprentissage. C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent travail. Il s'agit d'une approche pédagogique complémentaire en géologie au collège via un outil intégrant la Réalité Augmentée. Le thème de notre mémoire «Réalisation d'une application en réalité augmentée pour l'enseignement : application à la géologie au secondaire» vient proposer aux élèves des classes de 4^e et 1^{ère} du collège, d'observer, hors site, des objets et phénomènes géologiques naturels afin de mieux comprendre l'environnement géologique.

Problématique

Certains élèves trouvent que le système éducatif est ennuyeux. Ils passent plus de temps sur les réseaux sociaux à regarder des vidéos et des images sur ce qu'ils aiment. D'autre part, des chercheurs ont prouvé que le cerveau traite plus rapidement des informations visuelles que le texte. C'est cet avantage qu'a la réalité augmentée. Elle permet d'utiliser cette capacité du cerveau pour permettre aux élèves de progresser plus rapidement dans l'apprentissage. Nous proposons un outil en réalité augmentée qui fera visualiser aux élèves les environnements et objets, particulièrement en géologie.

Objectifs

Ce projet a pour but de proposer une approche pédagogique complémentaire au collège via un outil utilisant la Réalité Augmentée. Ceci participera à l'autonomie de l'apprenant dans l'apprentissage et le rend plus actif. Le prototype a été réalisé sur des notions de géologie. L'application servira donc à amener les élèves de 4^{ème} et 1^{ère} au cœur de leur apprentissage en rendant plus concrètes certaines notions abstraites de la géologie. Nous espérons que cet outil va :

- favoriser l'apprentissage basé sur l'expérience ;

-
- aider les élèves à apprendre dans un environnement amusant;
 - rendre plus accessible l'enseignement en particulier les Travaux Pratiques et visites sur le terrain;
 - permettre aux élèves d'apprendre à leur rythme.

Organisation du document

Ce mémoire est constitué de trois principaux chapitres. Le premier chapitre est une revue de littérature qui présente les principales notions du mémoire : l'enseignement, la géologie et le concept de la Réalité Augmentée. Dans le second chapitre, nous avons présenté le matériel utilisé pour réaliser le travail. Enfin le troisième chapitre présente les résultats obtenus.

Revue de littérature

Introduction

Pour réaliser le présent travail, il s'est avéré important d'effectuer une collecte d'informations, afin de prendre connaissance des travaux effectués et des solutions existantes s'intégrant dans le même sens. Ainsi ce chapitre fait une analyse de l'existant en ce qui concerne la réalité augmentée en enseignement en géologie au collège. Dans ce chapitre, il s'agira de présenter les concepts de l'éducation, l'enseignement, la géologie, de réalité augmentée; puis faire une synthèse sur l'existant en terme de réalité augmentée en enseignement de la géologie.

1.1 L'enseignement au Bénin

1.1.1 L'éducation

L'éducation [1] est l'action de développer un ensemble de connaissances et de valeurs morales, physiques, intellectuelles, scientifiques, considérées comme essentielles pour atteindre le niveau de culture souhaitée. Elle permet la transmission d'une génération à l'autre de la culture nécessaire au développement de la personnalité et à l'intégration sociale de l'individu. L'éducation de l'enfant et de l'adolescent repose sur la famille, l'école, la société, mais aussi sur des lectures personnelles et sur l'usage des médias comme la télévision ou Internet. Chaque pays dans le monde dispose de son propre système éducatif, avec un rôle traditionnellement dévolu aux parents d'un enfant (ou à leur substitut) d'amener cet enfant aux mœurs de l'âge adulte, et une intervention souvent croissante des États. L'éducation est considérée comme un élément important du développement des personnes, d'où le développement d'un droit à l'éducation. Un système éducatif performant est donc un avantage majeur. Inversement, être privé d'éducation sera considéré comme un lourd handicap. L'éducation est l'un des investissements les plus importants qu'un pays puisse faire dans son peuple et son avenir.

1.1.2 L'enseignement

1.1.2.1 Définition

Enseigner[2], c'est transmettre à la génération future un corpus de connaissances et de valeurs de la vie sociale. Il faut distinguer enseignement et éducation. L'éducation est le contenu de ce qu'on apporte aux apprenants. Par contre, l'enseignement consiste à transmettre le contenu aux apprenants. Ceci peut être via la craie et la méthode de conversation ou grâce à l'utilisation d'un outil pédagogique ou une démo en direct ou encore via la narration d'une expérience. L'enseignement secondaire[3] désigne l'ensemble des cours enseignés au collège et au lycée. Il arrive après l'enseignement primaire qui correspond à l'apprentissage de la lecture et du calcul et avant l'enseignement supérieur qui commence après le baccalauréat.

1.1.2.2 Système scolaire

La République du Bénin fonctionne sur un système 6-4-3-3-5[1] :

- L'école primaire : 6 ans
- Collège : 4 ans
- Lycée : 3 ans
- Licence : 3 ans
- Master : 5 ans

L'école primaire est obligatoire et gratuite (depuis 2006) pour tous les enfants. Après deux à trois ans en maternelle, il faut six ans pour achever le primaire et obtenir le Certificat d'Études Primaires (CEP). Il faut sept ans pour terminer le secondaire. À la fin des quatre premières années de l'école secondaire, les élèves doivent passer le BEPC (Brevet d'Études du Premier Cycle). Après trois années, les étudiants passent le Baccalauréat (BAC). Le Bénin met en œuvre les recommandations du Forum de l'Éducation de 2017¹. (Son système d'enseignement n'était pas gratuit²).

1.1.2.3 Langues d'enseignement

Le français est la langue officielle du Bénin et est généralement la langue d'enseignement. Depuis le gouvernement du président Thomas Boni Yayi, les langues nationales dont le Fon sont enseignées dès le primaire[2].

1.1.2.4 Les Ministères de l'enseignement au Bénin

En République du Bénin, il existe 03 ministères en charge de l'enseignement.

1. Ministère de l'Enseignement Maternel et Primaire (MEMP)[5]

C'est le département ministériel qui est chargé de la conception, de l'élaboration, de la mise en œuvre de la politique du gouvernement en matière d'éducation, notamment à travers la formation, à travers l'instruction, à travers l'éducation de la génération montante.

¹"Benin | Unesco" [archive] | United Nations Education, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) This article incorporates text from this source, which is in the public domain.

²"Benin" [archive] Findings on the Worst Forms of Child Labor (2001) Bureau international du travail, Département du Travail des États-Unis (2002, This article incorporates text from this source, which is in the public domain.)

2. Ministère des Enseignements Secondaire, Technique et de la Formation Professionnelle (MESTFP)[6]

Le Ministère des Enseignements Secondaire, Technique et de la Formation Professionnelle a pour mission la conception, la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation de la politique générale de l'Etat en matière d'enseignement secondaire, de formation technique et professionnelle, conformément aux lois et règlements en vigueur en République du Bénin.

3. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRS)[7]

Le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRS) a pour mission, la conception, la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation de la politique de l'Etat en matière d'enseignement supérieur, de recherche scientifique et d'innovation, conformément aux conventions internationales, lois et règlements en vigueur en République du Bénin.

1.1.3 Les classes numériques [8]



FIGURE 1.1 – Nikki, Classe numérique Source : site du gouvernement[9]

Le Bénin ambitionne de devenir une «plateforme» des services numériques en Afrique de l'Ouest. Le Bénin a lancé, le 5 novembre 2019, un projet baptisé «classes numériques», visant à intégrer le digital dans l'enseignement primaire et secondaire et à développer des compétences numériques auprès des apprenants. D'après le journal *MatinLibre* sur leur site [10], ce projet impactera plus de 25 000 apprenants des collèges bénéficiaires dont plus de 13 000 filles, et près de 2 000 enseignants.

1.2 La géologie

1.2.1 Définition

La géologie[4] est la science dont le principal objet d'étude est la Terre, et plus particulièrement la lithosphère. Discipline majeure des sciences de la Terre, elle se base en premier lieu sur l'observation, puis établit des hypothèses permettant d'expliquer l'agencement des roches et des structures les affectant afin d'en reconstituer l'histoire et les processus en jeu. Le terme « géologie » désigne également l'ensemble des caractéristiques géologiques d'une région, et s'étend à l'étude des astres.

1.2.2 Disciplines de la géologie et disciplines associées

1.2.2.1 Disciplines de la géologie[4]

1. Études des roches et de leur histoire



FIGURE 1.2 – Planète terre, *Source : pixabay.com*

Pétrographie et pétrologie

La *pétrographie* est la science ayant pour objet la description des roches, l'analyse de leurs caractères structuraux, minéralogiques et chimiques, et les relations de ces roches avec leur environnement géologique.

Minéralogie

La *minéralogie* est une science multidisciplinaire qui a pour objet les minéraux.

Stratigraphie

La *stratigraphie*, parfois nommée géologie historique, est une branche pluridisciplinaire étudiant l'agencement des différentes couches géologiques afin d'en tirer des informations temporelles.

Paléontologie

La *paléontologie* est une discipline conjointe à la géologie et à la biologie, dont le champ d'étude se concentre sur les êtres vivants disparus, à partir de l'analyse de fossiles.

2. Études de la dynamique terrestre

Géodynamique

La *géodynamique* étudie, décrit et explique l'évolution du système terrestre.

Tectonique

La *tectonique* est l'étude des structures géologiques d'échelle kilométrique et plus, telles les chaînes de montagnes ou les bassins sédimentaires, et des mécanismes qui en sont responsables. Cette discipline est directement rattachée à la tectonique des plaques.

Sédimentologie

La *sédimentologie* (ou pétrologie sédimentaire) est une branche de la géologie qui étudie les processus de formation des roches sédimentaires.

3. Études des structures géologiques

Géomorphologie

La *géomorphologie* est l'étude scientifique des reliefs et des processus qui les façonnent, sur les planètes telluriques³.

Géologie structurale

La *géologie structurale* est l'étude des déformations subies à différentes échelles par les roches ainsi que la recherche des forces, ou contraintes qui en sont la cause.

Volcanologie

La *volcanologie* est la science qui étudie le volcanisme.

Glaciologie

La *glaciologie* est une science de la Terre qui étudie la nature physique et chimique des systèmes glaciaires et périglaciaires (près des glaciers).

1.2.2.2 Disciplines associées

- **Géophysique.** C'est une discipline importante des sciences de la Terre. Elle concerne l'étude des caractéristiques physiques de la Terre, ou d'autres planètes.
- **Géochimie.** Elle applique les outils et concepts de la chimie à l'étude de la Terre et des sédiments.
- **Spéléologie.** C'est l'activité qui consiste à rechercher, repérer, explorer, étudier, cartographier ou visiter les cavités souterraines, naturelles, anthropiques ou artificielles, puis à partager ses connaissances.
- **Études de l'atmosphère et de l'hydrosphère.** Il s'agit de la Climatologie et Océanographie.
- **Géologie planétaire :** c'est une branche de la planétologie qui emprunte les outils et les raisonnements des géosciences pour les appliquer aux autres corps solides du Système solaire afin de connaître et de comprendre leur structure, leur composition et leur histoire géologique.

1.2.2.3 Principes et théories en Géologie au Collège[4]

- **Tectonique des plaques**
La tectonique des plaques est un modèle scientifique expliquant la dynamique globale de la lithosphère terrestre.

³Une planète tellurique, en opposition aux planètes gazeuses, est une planète composée essentiellement de roches et de métal qui possède en général trois enveloppes concentriques.

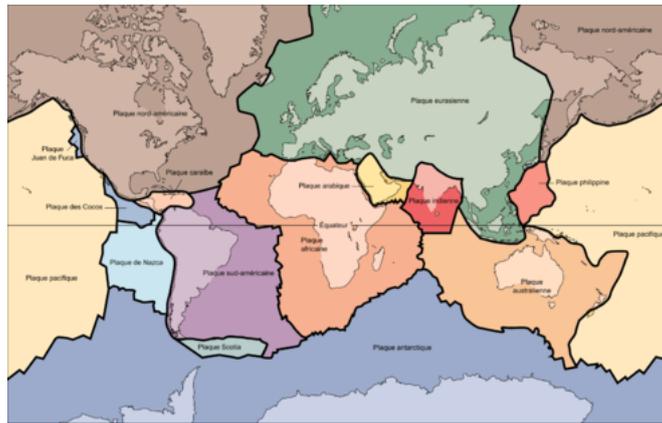


FIGURE 1.3 – Carte des principales plaques tectoniques terrestres [11]

• **Cycle des roches**

Les **roches** sont le résultat d’un cycle de transformations assez compliqué, nommé **cycle géologique**, **cycle géochimique** ou **cycle des roches**. En effet, c’est à ce cycle que nous devons la composition de la croûte terrestre et du manteau supérieur. Les composantes principales de ce cycle sont indiquées sur le schéma illustré dans le diagramme ci-dessous.

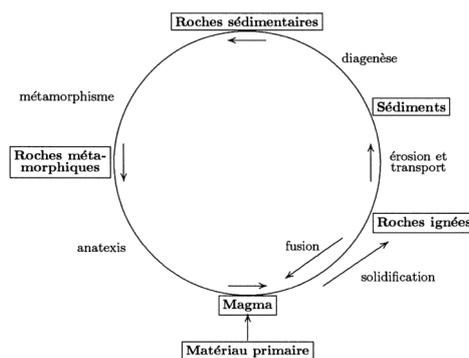


FIGURE 1.4 – Schéma du cycle géologique [12]

Le cycle des roches est une boucle fermée qui se répète sans cesse et qui permet de décrire et de représenter à la fois les environnements de formation des **roches ignées** ou **magmatiques**, **sédimentaires** et **métamorphiques** ainsi que leurs transformations graduelles en d’autres types de roches soient ignées, sédimentaires ou métamorphiques.

• **Structure interne de la Terre**

La **structure interne de la terre** désigne la répartition en enveloppes successives de la terre : principalement la **croûte terrestre**, le **manteau** et le **noyau**, selon le modèle géologique actuel, qui s’efforce de décrire leurs propriétés et leurs comportements au cours des temps géologiques. Ces couches sont délimitées par des discontinuités, repérables grâce à la sismologie. Celle-ci a permis de déterminer l’état de la matière à des profondeurs inaccessibles.

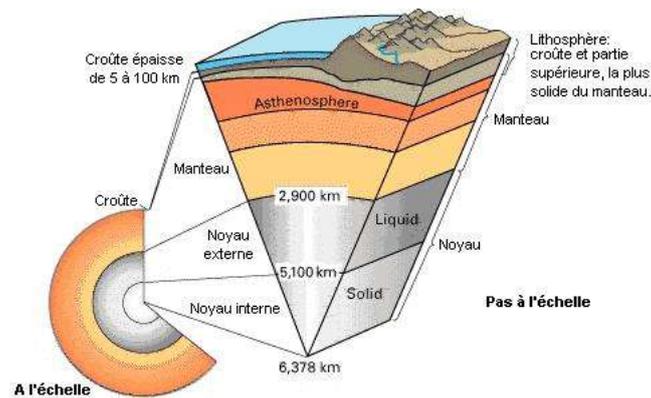


FIGURE 1.5 – Structure interne de la terre [13]

1.3 Concept de la Réalité Augmentée (RA)

1.3.1 Généralité

La réalité augmentée[4] est la superposition de la réalité et d'éléments (sons, images 2D, 3D, vidéos, etc.) calculés par un système informatique en temps réel. Elle désigne souvent les différentes méthodes qui permettent d'incruster de façon réaliste des objets virtuels dans une séquence d'images. Le principe est de combiner le virtuel et le réel et donner l'illusion d'une intégration parfaite à l'utilisateur. Pour que la réalité augmentée puisse fonctionner, elle nécessite trois éléments : une caméra de capture (le plus souvent un appareil photo), un système d'exploitation et un écran pour diffuser les informations. De plus, le système peut utiliser un système de géolocalisation pour afficher des données supplémentaires en fonction de la position de l'utilisateur.

L'affichage des éléments en RA peut se faire grâce à un dispositif spécialement conçu pour l'occasion (par exemple un casque comme le HoloLens de Microsoft[14], les Google Glass[15] ou un affichage tête haute sur les pare-brise de certaines voitures) ou bien à l'aide d'une application pour smartphone. Les caméras situées sur les lunettes ou le casque vont d'abord capturer l'environnement où se trouve l'utilisateur. Ensuite, le logiciel contenu dans les lunettes va analyser cet environnement et afficher l'information adéquate sur l'écran des lunettes. Toute l'opération se fait très rapidement, et en temps réel.

Par ailleurs, l'affichage peut se faire sur smartphone via une application mobile. Le procédé est le même, à la différence que l'œil ne voit pas directement l'environnement amélioré. L'œil de l'utilisateur voit la scène directement sur l'écran du smartphone ou de la tablette. L'image réelle et les informations virtuelles sont superposées de manière simultanée sur l'écran. Le but final de la réalité augmentée est de stimuler nos 5 sens, pas seulement la vue ou l'ouïe. La Réalité Augmentée n'est pas à confondre avec la réalité virtuelle qui elle permet une immersion dans un monde totalement virtuel.

1.3.2 Application de la Réalité Augmentée (RA)

La réalité augmentée est en pleine expansion et les projets et innovations se multiplient dans plusieurs domaines. Par exemple, en :

- **Architecture** : Les secteurs de la vente ou encore de l'architecture utilisent principalement ces

applications pour permettre aux clients d'avoir une projection de leur produit. On peut citer comme exemple l'application IKEA qui permet de placer des meubles virtuels dans son environnement pour se rendre compte du rendu final avant de passer la commande.

- **Médecine** : La réalité augmentée permet de faire apparaître les organes en superposition sur le corps humain et de créer des simulations interactives d'interventions chirurgicales.
- **Industrie (réparation et maintenance)** : L'un des plus grands cas d'utilisation industrielle de la RA concerne la réparation et la maintenance d'équipements complexes. Le personnel de réparation et d'entretien utilise des casques et des lunettes RA pendant leur travail pour avoir des informations et directives utiles, des suggestions de solutions potentielle.
- **Transport** : L'entreposage et l'optimisation des itinéraires. La compagnie maritime DHL a déjà implémenté des lunettes RA intelligentes dans certains de ses entrepôts, où les lentilles affichent aux travailleurs l'itinéraire le plus court dans un entrepôt pour localiser et choisir un article à expédier.
- **Tourisme** : Grâce au smartphone et à la géolocalisation, la RA permet de superposer des informations aux images captées par la caméra de l'appareil en fonction de la position.
- **Éducation** : En éducation, elle permet de dévoiler des informations imperceptibles à l'œil nu, ce qui suscite la curiosité des élèves et donc les encourage à enquêter sur tous les aspects possibles d'un sujet.
- **Divertissement** : La réalité augmentée est aussi utilisée dans certains jeux vidéo notamment sur la PlayStation Vita de Sony et la 3DS de Nintendo, ainsi que sur smartphone comme le jeu Pokémon Go sorti en juillet 2016.
- **Le militaire** : Dans le domaine militaire, la RA permet de superposer des informations nécessaires au pilotage, à la navigation ou à la réalisation d'une mission sur l'environnement extérieur. Le pilote peut ainsi surveiller en même temps son environnement et les informations fournies par ses instruments de bord.
- **Mode** : Les clients ont la possibilité d'essayer leur produits avant de l'acheter.

1.3.3 Outils de la RA

L'élément principal utilisé en réalité augmentée est la **caméra**. La caméra va se charger de scanner l'environnement et ses informations et grâce aux informations scannées, seront générés des modèles 3D, vidéos ou son sur l'écran du smartphone. La RA est utilisée par différents appareils et plateformes et chacun avec ses propres exigences et propres SDK (kit de développement logiciel). Le SDK de réalité augmentée est le moteur technologique de base qui alimente le développement et la création des applications RA. Le rôle du SDK est d'effectuer la fusion du contenu et des informations numériques avec le monde réel. Il s'agit :

- **Vuforia**[16] : Vuforia est un SDK de réalité augmentée qui prend en charge Android, IOS, Windows phone et Unity. Son avantage est son service de reconnaissance cloud qui permet d'utiliser des bases de données locales ou cloud pour traiter la reconnaissance d'image. Il peut être utilisé gratuitement (Version non complète) mais le déploiement nécessite un abonnement mensuel et annuel.

- **Wikitude**[17] : Wikitude est spécialement conçu pour le développement d'applications RA utilisant la géolocalisation. Ses supports sont les appareils iOS, Android et Smart Glasses. Il a une licence propriétaire.
- **ArCore** [18] : ARcore est un SDK conçu par Google, pour appareils Android et IOS. Ses fonctionnalités principales : suivi de mouvement, détection de surface, estimation de la lumière. Il est gratuit entièrement.
- **ARKit**[19] : ARKit est un SDK pour le développement de logiciels RA développés pour IOS exclusivement, il n'est donc pas possible d'utiliser ARKit sur les téléphones Android. Il s'appuie sur des données de capteur de caméra et des données supplémentaires pour détecter et analyser l'environnement des utilisateurs pour la visualisation RA. Son utilisation est gratuite
- **ARToolKit**[20] : ARToolKit est un SDK open source et gratuit disponible pour le développement RA pour les appareils sur différentes plates-formes : Android, iOS, Windows, Linux.

1.4 État de l'art

1.4.1 Solutions existantes

Au Bénin, la technologie est quasiment inexistante encore, en particulier dans le domaine de l'enseignement. Cependant, il existe dans le monde certaines applications dans l'enseignement à savoir :

- **Earth AR** [21]



FIGURE 1.6 – Capture d'écran de l'application Earth AR

Une application disponible uniquement sur iPhone et iPad, qui permet d'explorer la planète terre.

- **Star chart** [22]

Star chart est une carte virtuelle de la composition du ciel. Elle est disponible pour toutes plateformes.

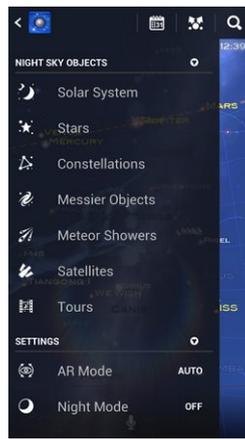


FIGURE 1.7 – Menu de l'application Star Chart

- **Quiver education [23]**

Anciennement appelée coIAR , **Quiver education** est une application de coloriage en réalité augmentée pour la biologie, la géométrie et le système solaire. Elle est conçue pour les plateformes Android et IOS.



FIGURE 1.8 – Quiver education mobile interface

- **Google Expedition [24]**

Google Expeditions permet à un enseignant de guider les élèves à travers des scènes à 360 ° et des objets 3D. L'application permet aux élèves d'explorer l'histoire, la science, les arts et le monde naturel. Elle est disponible pour IOS et Android.



Google Expeditions

FIGURE 1.9 – Logo Google expeditions

1.4.2 Particularité par rapport à celles existantes

Chacune des applications citées, sont des applications de réalité augmentée qui permettent aux étudiants d'explorer l'environnement scientifique. Cependant plusieurs de ces applications sont difficilement utilisable directement ici. Quand on prend Earth AR, c'est une application payante et exclusivement pour iphone et ipad, avec seul langage l'anglais. Ce qui n'est pas donc accessible à tous. D'autre part l'application Star Chart est exclusivement faite pour l'astronomie et coûte un prix pour chaque module qu'on veut y intégrer. L'application Quiver Education est également payante et n'explore pas les principaux modules de la géologie au collège. Ce qui est pareil pour toutes les applications précédentes. Quant à Google expédition, elle est disponible gratuitement mais ne marche pas sur tous les smartphones. Certains smartphones ne supportent pas l'application. Aussi l'application est-elle essentiellement constituée de thèmes et sujets ayant rapport avec les Etats-Unis d'Amérique. Ce qui ne permet pas d'avoir toutes les thématiques principales de géologie au collège. Pour être utilisée, cette application a besoin également d'un casque de réalité virtuelle et/ou augmentée. Ce qui la rend moins accessible par tous les élèves.

Conclusion

La réalité augmentée appliquée à l'enseignement est encore à ses débuts, car très peu de travaux s'y consacrent, particulièrement au Bénin. Ce qui représente un défi à relever. Pour ce travail nous rendrons disponible une application mobile gratuite pour smartphone afin de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'enseignement.

Conception et choix techniques

Introduction

Avant le développement de toute application il est important de passer par une étape d'analyse, au cours de laquelle on définit les besoins du client. Dans ce chapitre, nous présentons les différentes phases de modélisation de la solution proposée ainsi que les différents outils et technologies utilisés pour sa réalisation.

2.1 Analyse et conception

2.1.1 Analyse des besoins

Cette phase consiste à comprendre le contexte de l'application. Il s'agit de déterminer les fonctionnalités et les critères de performances que notre application doit remplir.

Besoins fonctionnels

Il s'agit des fonctionnalités de l'application. L'application doit permettre aux élèves de :

- Scanner des marqueurs ;
- Afficher l'objet 3D ou la vidéo issue du scannage du marqueur en fonction de ce dernier ;
- Explorer l'objet en faisant des mouvements de rotation ;
- Déplacer l'objet sur l'écran et d'augmenter sa taille ;
- Lire la vidéo et mettre une pause, au cas où le marqueur doit projeter une vidéo.

Besoins non fonctionnels

Il s'agit des besoins qui caractérisent l'application. Notre application doit répondre aux critères suivants :

- Rapidité de traitement de l'image scannée : Il est impératif que l'affichage des objets 3D et de la vidéo ne prenne pas du temps ;
- La performance : l'application doit être performant afin de procurer une expérience immersive aux utilisateurs ;
- La convivialité : l'application doit être facile d'utilisation.
- Les interfaces doivent être attirantes.

2.1.2 Conception

Il s'agit de la modélisation. La modélisation est la conception d'applications logicielles avant le codage. Elle est une partie essentielle des grands projets logiciels et est également utile pour les projets de taille moyenne et même de petite taille. Elle se fait grâce à un langage qu'on appelle UML [25] (Unified Modeling Language). C'est un langage de modélisation couramment utilisé en développement logiciel et en conception orientée objet.. Pour notre travail nous avons opté pour deux (02) diagrammes : le diagramme de cas d'utilisation et un diagramme de séquence présentant un cas d'utilisation.

- **Diagramme de Cas d'utilisation**

Le diagramme de cas d'utilisation présente ce que peut faire l'utilisateur lors de l'utilisation de l'application. (Voir figure 2.1)

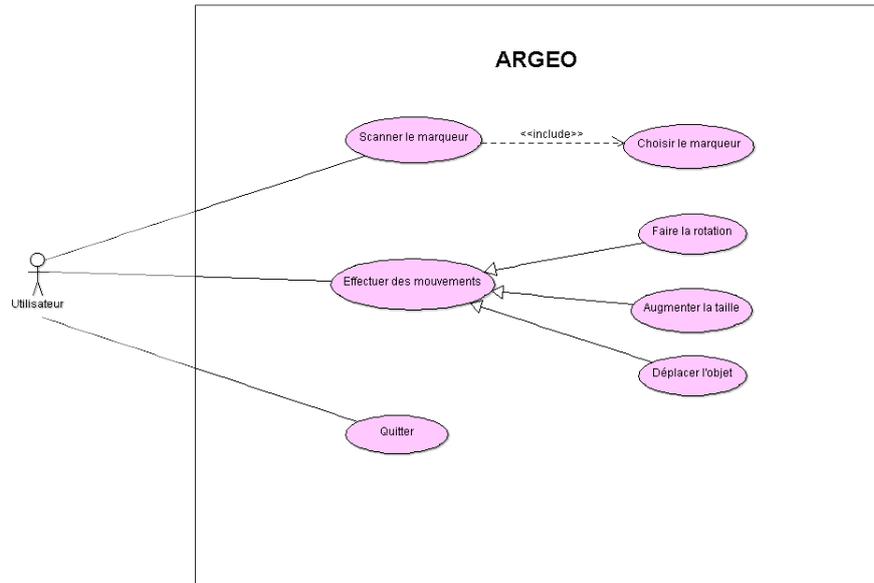


FIGURE 2.1 – Diagramme de cas d'utilisation

L'utilisateur a la possibilité de scanner un marqueur afin d'afficher la projection issue du scan-nage. Pour scanner un marqueur il faudrait avant tout choisir un marqueur parmi les mar-queurs proposés. Après scannage, il peut effectuer des mouvements de rotation, déplacement et augmenter la taille de l'objet 3D projeté sur l'écran du smartphone. Il explore ainsi le contenu virtuel des marqueurs. Et enfin il peut quitter l'application.

- **Diagramme de séquence** Le diagramme de séquence montre les interactions entre le l'appa-lication et les acteurs en suivant un ordre chronologique. La figure 2.2 représente le diagramme de séquence du cas d'utilisation "Scanner un marqueur".

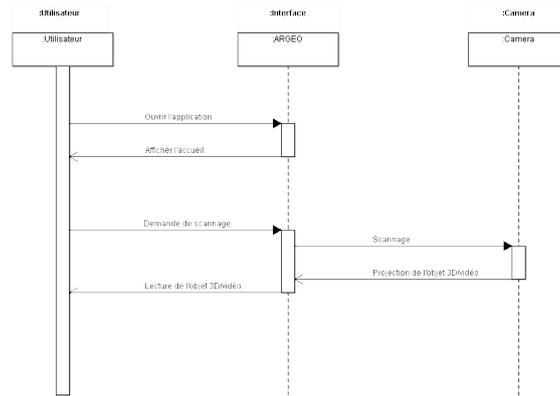


FIGURE 2.2 – Diagramme de séquence : Scanner un marqueur

2.2 Choix techniques

2.2.1 Choix du logiciel de modélisation 3D

- **Blender**

Blender [26] est un logiciel de création 3D gratuit et open source développé actuellement par la Fondation Blender. Il propose des fonctions avancées de modélisation (dont la sculpture 3D, le texturage et dépliage UV), d'animation 3D (rigging), et de rendu (sur GPU comme sur CPU). Il gère aussi le montage vidéo, la composition, la création nodale de matériaux, ainsi que diverses simulations physiques telles que les particules, les corps rigides, les corps souples et les fluides. Sa toute première version a été produite à l'origine par le studio d'animation néerlandais NeoGeo BV, fondé en 1988 par Ton Roosendaal et Frank van Beek. Il est disponible pour Microsoft Windows, macOS, Solaris, FreeBSD, OpenBSD, GNU/Linux et IRIX. Dans ce projet, il a été choisi pour la modélisation des différentes roches et des plaques lithosphériques, ainsi que leur texturage. Nous avons utilisé la version 2.8. La figure 2.3 présente l'espace de travail de Blender au cours de la modélisation d'une roche.

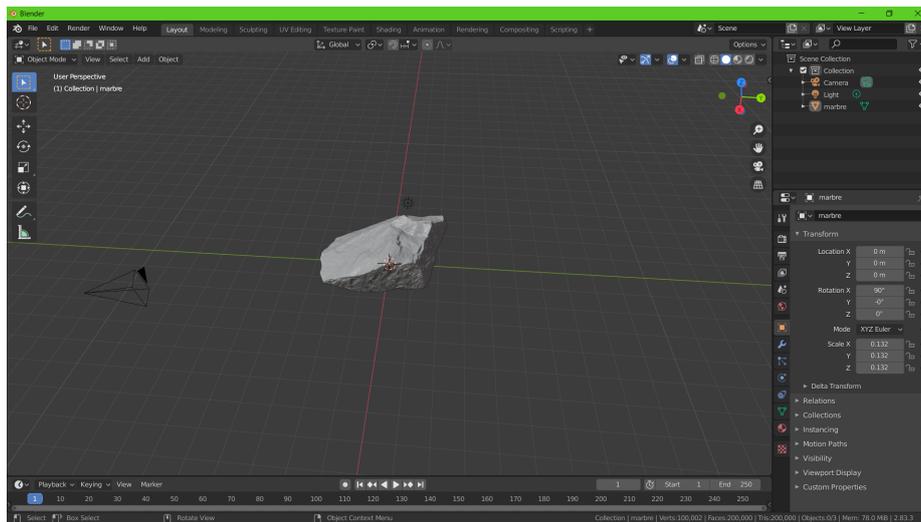


FIGURE 2.3 – Modélisation avec blender

2.2.2 Choix du moteur de développement et de l'IDE

- **Unity**

Unity [27] est un moteur de jeu multiplateforme développé par Unity Technologies. Il a été écrit en C++ et C# et initialement développé pour la plateforme MAC, ensuite Windows et depuis 2015 pour Linux. Il permet de développer des jeux vidéos 2D et 3D, des simulations en réalité virtuelle, réalité augmentée, et réalité mixte. Il permet d'obtenir des applications pour plusieurs plateformes. On peut citer parmi tant d'autres : Windows, Mac OS X, iOS, Android, TV OS, PlayStation, Xbox, Windows Phone, Windows 10 Mobile, Oculus Rift, Nintendo. Le logiciel a la particularité d'utiliser un éditeur de script compatible C#. Actuellement, sa dernière version est Unity 2019.3.13 du 6 mai 2020. Pour réaliser ce projet nous avons utilisé la version 2018.4.19f1. La figure 2.4 présente l'interface du moteur unity lors de son utilisation pour la réalisation du projet.



FIGURE 2.4 – Développement de l'expérience RA dans Unity

- **Microsoft Visual Studio Community**

Microsoft Visual Studio[28] est une suite de logiciels de développement pour Windows et macOS conçue par Microsoft. La dernière version s'appelle Visual Studio 2019. Il est utilisé pour la mise en place des différentes méthodes et processus intervenant dans les jeux. Il a été écrit en C++ et C#. Sa version 2019 est utilisée dans la réalisation de ce projet.

2.2.3 Choix du langage de programmation

- C#

Le C# [29] est le seul langage utilisé dans Unity, ce qui explique notre choix. C'est un langage de programmation orientée objet, fortement typé, dérivé de C et de C++, ressemblant au langage Java. Il est influencé par le C++ et Java, et il influence Swift, Vala, Kotlin, TypeScript. Dans ce projet nous avons utilisé sa version 7.0 avec l'environnement de développement intégré Visual Studio Community 2019.

2.2.4 Choix du SDK

- Vuforia

Vuforia [16] est une plateforme de développement d'applications de réalité augmentée et de réalité mixte multiplateforme. Vuforia exploite la technologie de vision par ordinateur pour identifier et suivre les cibles d'image et les objets 3D en temps réel. Il prend en charge à la fois le développement natif pour iOS et Android et le développement d'applications et de prototypes AR dans Unity qui peuvent facilement être portés sur les deux plateformes et sur la plateforme Windows universelle. Pour réaliser ce projet nous avons utilisé la version 9.3 sorti en Juillet 2020.

2.2.5 Choix du logiciel de conceptions graphiques (Vidéo, logo, textures, marqueurs)

- Adobe Photoshop

Adobe photoshop [30] est un éditeur de graphiques (édition d'images et retouche de photos) développé et publié par Adobe Inc. pour Windows et macOS. Il a été créé à l'origine en 1988 par Thomas et John Knoll. C'est un logiciel payant de façon mensuelle ou annuelle selon le choix de l'utilisateur. Dans ce projet il a été utilisé pour réaliser le logo de l'application, la modification de certaines textures et la réalisations des marqueurs¹ utilisés. Nous avons utilisé la version CC 2018 dans ce projet. La figure 2.3 présente la réalisation de nos marqueurs dans le logiciel photoshop.

¹Voir le glossaire

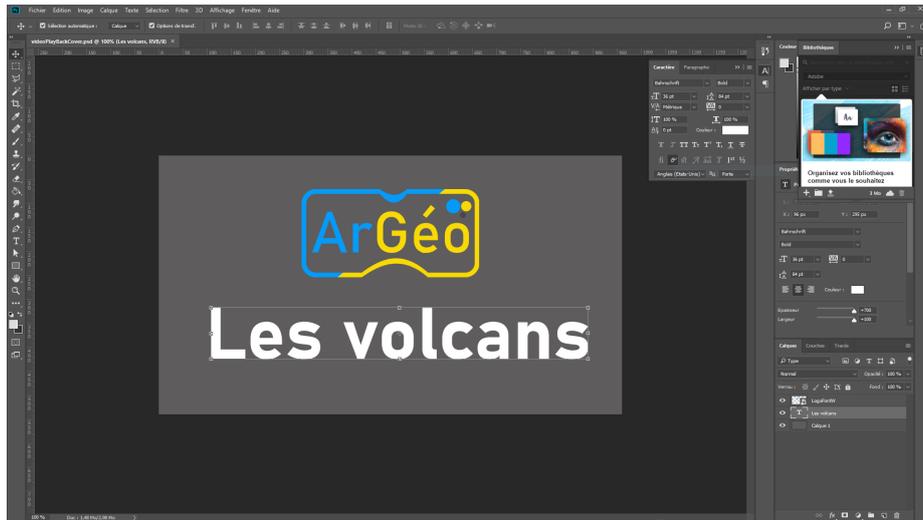


FIGURE 2.5 – Réalisation d'un marqueur dans photoshop

- **Adobe Premiere pro**

Adobe Premiere Pro [31] est un logiciel de montage vidéo. Il a été utilisé pour modifier une vidéo de cours sur la géologie. Nous avons utilisé sa version CC 2018.

Conclusion

Ce chapitre nous a présenté la solution à travers sa conception et tous les outils que nous avons utilisé pour la réalisation. Nous avons également vu la procédure de développement de l'application. Notre prochain chapitre présente quelques interfaces de l'application.

Présentation de l'application et discussion

Introduction

Au cours de la réalisation de notre travail, nous avons effectué des tests pour nous assurer que l'application répond aux critères et aux fonctionnalités prévus. Nous allons présenter dans ce chapitre quelques interfaces de notre application, et une discussion à propos des insuffisances du travail.

3.1 Présentation de l'application

Nous présentons quelques interfaces de notre application.

3.1.1 Logo et icône de l'application

Nous avons nommé notre application ArGéo, avec "Ar" pour "Augmented reality" (réalité augmentée en anglais) et "Géo" qui est un diminutif de "Géologie". La figure 3.1 présente le logo de l'application faite avec Photoshop et a figure 3.2 présente l'icône de l'application.



FIGURE 3.1 – Logo de l'application



FIGURE 3.2 – Icône de l'application

3.1.2 Choisir un marqueur



FIGURE 3.3 – Marqueur d'accueil expliquant comment l'application s'utilise

Cette image est le marqueur d'accueil. On scanne l'image avec la caméra qu'offre l'application et on observe une superposition d'un globe terrestre suivi du message d'accueil sur l'écran du smartphone.

Sélectionner un marqueur



FIGURE 3.4 – Marqueur sélectionné : roches métamorphiques

Le marqueur peut être imprimé comme il peut être numérique. Nous avons plusieurs marqueurs et chacun est spécialement conçu pour projeter une information spécifique. Nous choisissons ici le marqueur qui projetera les roches **métamorphiques**.

Scanner le marqueur



FIGURE 3.5 – Marqueur Scanné

Ici nous avons scanné le marqueur des roches métamorphiques. Après le scannage on observe une superposition des différentes roches métamorphiques avec une pancarte en dessus de chaque roche qui donne le nom associé à la roche.

3.2 Discussion

Après nos tests, l'application permet effectivement aux utilisateurs de visualiser hors site les environnements et objets géologiques afin de mieux comprendre les notions enseignées de façon théorique. Ils sont capables de choisir un marqueur en suivant une thématique et de le scanner pour lire son contenu superposé à l'environnement réel via une caméra. Probablement, notre solution est conviviale et accessible à tous, comparativement aux solutions existantes présentées plus haut. Néanmoins, il y a des points à améliorer :

- il n'y a pas encore assez d'interactions ;
- l'utilisation de plusieurs marqueurs peut être encombrant pour certains utilisateurs ;
- le design de l'application peut être amélioré.

Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre quelques interfaces de notre application. Cependant des insuffisances ont été soulevées et grâce à celles-ci nous envisageons plusieurs perspectives.

Conclusion Générale

Dans le but de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'enseignement au collège en aidant à l'autonomie de l'apprenant, nous avons réalisé une application en réalité augmentée pour l'enseignement de la géologie au collège. Le prototype réalisé permet aux élèves d'explorer en réalité augmentée, les 3 principales thématiques de la géologie au collège qui sont : la tectonique des plaques, les roches et la structure interne de la terre. Pour y parvenir, nous avons utilisé plusieurs outils à savoir : le SDK Vuforia qui nous a permis d'intégrer la réalité augmentée dans l'application via unity, le moteur de développement de jeux, blender nous a permis d'obtenir les modèles 3D, C# le seul langage de développement pris en compte par unity et Microsoft Visual Studio l'IDE.

Plusieurs perspectives sont envisagées. Nous avons l'intention de compléter notre application en y ajoutant de nouvelles fonctionnalités pour plus d'immersions et d'interaction, en améliorant son design et en intégrant d'autres thématiques de la géologie tout en l'élargissant aux autres domaines d'étude tels que la chimie, la mécanique, la physique, la biologie, l'astrologie et l'histoire.

Table des matières

Dédicace	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Abstract	v
Liste des figures	vi
Liste des acronymes	vii
Glossaire	1
Introduction	2
1 Revue de littérature	4
Introduction	4
1.1 L'enseignement au Bénin	4
1.1.1 L'éducation	4
1.1.2 L'enseignement	5
1.1.2.1 Définition	5
1.1.2.2 Système scolaire	5
1.1.2.3 Langues d'enseignement	5
1.1.2.4 Les Ministères de l'enseignement au Bénin	5
1.1.3 Les classes numériques [8]	6
1.2 La géologie	6
1.2.1 Définition	6
1.2.2 Disciplines de la géologie et disciplines associées	6
1.2.2.1 Disciplines de la géologie[4]	6
1.2.2.2 Disciplines associées	8
1.2.2.3 Principes et théories en Géologie au Collège[4]	8
1.3 Concept de la Réalité Augmentée (RA)	10
1.3.1 Généralité	10
1.3.2 Application de la Réalité Augmentée (RA)	10
1.3.3 Outils de la RA	11
1.4 État de l'art	12
1.4.1 Solutions existantes	12
1.4.2 Particularité par rapport à celles existantes	14

Conclusion	14
2 Conception et choix techniques	15
Introduction	15
2.1 Analyse et conception	15
2.1.1 Analyse des besoins	15
2.1.2 Conception	16
2.2 Choix techniques	18
2.2.1 Choix du logiciel de modélisation 3D	18
2.2.2 Choix du moteur de développement et de l'IDE	19
2.2.3 Choix du langage de programmation	20
2.2.4 Choix du SDK	20
2.2.5 Choix du logiciel de conceptions graphiques (Vidéo, logo, textures, marqueurs)	20
Conclusion	21
3 Présentation de l'application et discussion	22
Introduction	22
3.1 Présentation de l'application	22
3.1.1 Logo et icone de l'application	22
3.1.2 Choisir un marqueur	23
3.2 Discussion	25
Conclusion	25
Conclusion	26
Table des matières	27
Annexe	32

Bibliographie et Webographie

Livres

- [1] The educational system of Benin Republic [archive]. Embassy of the United States, Cotonou, Benin. This article incorporates text from this source, which is in the public domain
- [2] Système éducatif béninois : *Les langues nationales seront enseignées à l'école à la rentrée prochaine*, Georges Akpo, La Nouvelle Tribune, 8 octobre 2012.
- [3] The Impact of an Augmented Reality Application on Learning Motivation of Students, Francisca Rosique, Publié en 2019
- [4] Learning Blender : A Hands-On Guide to Creating 3D Animated Characters, Olivier Villar, 2014
- [5] Blender Pour les nuls, Jason Van Gumster, 2009
- [6] The Complete Guide to Blender Graphics : Computer Modeling Animation, Fifth Edition, John M. Blain, 2012
- [7] Mémo visuel de géologie : l'essentiel en fiches Maurice Renard, Yves Lagabrielle, 2013

Sites web

- [1] L'éducation : <http://www.toupie.org/Dictionnaire/Education.htm>, consulté le 10 Juillet 2020.
- [2] Éducation : <https://fr.wikipedia.org/wiki/education>, consulté le 11 Juillet 2020.
- [3] Définition de l'Enseignement Secondaire : https://fr.wikipedia.org/wiki/Enseignement_secondaire, consulté le 11 Juillet 2020.
- [4] Wikipédia : <https://www.wikipedia.com> consulté le 10 Juillet 2020.
- [5] MEMP : <https://www.gouv.bj>, consulté le 27 Août 2020.
- [6] MESTFP : <https://enseignementsecondaire.gouv.bj/> consulté le 27 Août 2020.
- [7] MESRS : <https://enseignementsuperieur.gouv.bj/> consulté le 27 Août 2020.

-
- [8] Classes numériques : <https://www.gouv.bj/actualite/408/numerique-et-enseignement-la-ministre-aurelie-adam-soule-zoumarou-lance-depuis-nikki-les-classes-numeriques-dans-douze-ecoles-primaires/> consulté le 10 Août 2020.
- [9] Site du Gouvernement : <https://www.gouv.bj> consulté le 19 Août 2020
- [10] Site de Matin Libre : <https://matinlibre.com/2019/11/06/enseignement-primaire-et-secondaire-le-benin-se-dote-de-salles-de-classes-numeriques/> consulté le 11 Août 2020
- [11] Image de carte des principales plaques tectoniques terrestres : https://fr.wikipedia.org/wiki/Tectonique_des_plaques, consulté le 19 Août 2020
- [12] Schéma du cycle géologique : https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_géologique, consulté le 19 Août 2020
- [13] Schéma de la structure interne de la terre : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/structure-terre-noyau-terrestre-13836/>, consulté le 19 Août 2020
- [14] Hololens de Microsoft : <https://www.microsoft.com/fr-fr/hololens> consulté le 23 Février 2021
- [15] Google Glass : <https://www.google.com/glass/start/> consulté le 23 Février 2021
- [16] Vuforia : <https://www.vuforia.com>, consulté le 19 Août 2019.
- [17] Wikitude : <https://www.wikitude.com>, consulté le 25 Octobre 2019.
- [18] ARCore : <https://developers.google.com/ar>, consulté le 25 Octobre 2019.
- [19] ARKit : <https://developer.apple.com/augmented-reality/>, consulté le 25 Octobre 2019.
- [20] ARToolkit : <https://www.artoolkit.com>, consulté le 26 Octobre 2019.
- [21] Earth AR : <https://edshelf.com/tool/>, consulté le 28 Août 2020
- [22] Star chart : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.escapistgames.starchart>, consulté le 28 Août 2020
- [23] Quiver education : <https://quivervision.com/products/apps/quiver-education>, consulté le 28 Août 2020
- [24] Google Expedition : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.vr.expeditions>, consulté le 28 Août 2020
- [25] UML : <https://www.uml.org/> consulté le 30 Août 2020
- [26] Blender : <https://www.blender.org/> consulté le 12 Septembre 2019
- [27] Unity : <https://unity.com/fr> consulté le 15 Novembre 2019

-
- [28] Microsoft Visual Studio Community : <https://visualstudio.microsoft.com/fr/vs/community/> consulté le 30 Août 2020
- [29] C sharp : <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/> consulté le 30 Août 2020
- [30] Adobe photoshop CC : <https://www.adobe.com/fr/products/photoshop.html> consulté le 30 Juillet 2020
- [31] Adobe première pro CC : <https://www.adobe.com/fr/products/premiere.html> consulté le 30 Août 2020

Annexe

Étapes clés du développement

Les différentes étapes du développement de l'expérience RA de notre application :

1. Installation du moteur unity ;
2. Importation de Vuforia dans unity et son activation ;
3. Création d'une licence de développement à partir du site de vuforia[16] ;
4. Création de la base de données sur le site de vuforia ;
5. Insertion des images des marqueurs dans la base de données créée ;
6. Exportation de la base de données pour unity ;
7. Dans unity, ajout d'une ARCamera, la caméra de la réalité augmentée, elle est dans le package de vuforia ;
8. Ajout de la clé de licence créée ;
9. Importation de la base de donnée dans unity ;
10. Création des ImageTarget pour chaque marqueur de la base de données, et faire correspondre à chaque image ;
11. Ajouter du contenu numérique (Objet 3D ou Vidéo) pour augmenter la cible (marqueur) ;
12. Téléchargement de Lean touch depuis unity asset store et importation dans le projet ;
13. Ajout des fonctions de rotation, de déplacement et d'échelle fournies par le plugin lean touch ;
14. Conception de l'interface utilisateur et ajout de script d'interaction s'il y'a lieu ;
15. Déploiement pour la plateforme android.
