



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Kheider – BISKRA
Faculté des Sciences Exactes
Département d'informatique

N° d'ordre : Startup_IVA01/M2/2025

Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de master académique en

Informatique

Parcours : Image et Vie Artificielle (IVA)

Réalisation d'une application en réalité augmentée pour la formation professionnelle

Présenté Par :

ROUAGAT Nacer

&

CHETTI Samiha

Soutenu le : 04 juin 2025, devant le jury composé de :

ZERARI Abdelmoumene

MCA

Président

BOUGUETITICHE Amina

MCB

Rapporteur

BABAHENINI Sarra

MCB

Examineur

Remerciements

*Tout d'abord, nous tenons à remercier **ALLAH** qui nous a donné la force, la volonté et le courage pour terminer ce modeste travail.*

*Ensuite, nos premiers remerciements vont tous à **Mme BOUGUETITICHE Amina**, pour son encadrement, sa disponibilité et ses conseils tout au long de l'élaboration de ce travail. Nous adressons également nos sincères remerciements à*

***Mme BENBRAIKA Houda** et (Enseignante à l'INSFP Biskra)
Mme AIDAOUI Samiha, (Enseignante à l'INSFP Biskra)
Mme BENTRAH Ahlem (Enseignante à l'Université de Biskra)
et **Mr KHARFALLAH Nacereddine** ((CRSTRA-Centre Biskra)
Chacun a ses encouragements et son aide.*

Nous remercions également les membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre travail.

Merci pour tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*Aussi, nous n'oublions pas de remercier **Nos parent et Nos frères** pour leurs sacrifices, soutien et compréhension durant toutes nos années d'études.*

Dédicaces

Nous dédions ce succès avant tout, à nous-même pour chaque instant de patience, chaque pas de persévérance, et chaque défi surmonté avec détermination.

À celui que Dieu a honoré de sa grandeur et de sa dignité

À nos père bien-aimé, dont nous portons le nom avec fierté, l'homme qui a travaillé sans relâche pour nous offrir le meilleur, et qui fut un modèle de dévouement et de force. À nos anges sur cette terre, à la signification même de l'amour et de la tendresse. . .

À nos chère mère, lumière de nos jours, refuge de nos âmes dont la douceur et les prières nous ont toujours guidé.

À nos frères et sœurs, nos piliers, nos sources de force, ces flammes constantes qui ont éclairé notre chemin par leur soutien indéfectible.

Et à nos chers amis

à tous ceux qui nous ont soutenus, conseillés, ou encouragés même par le plus petit geste.

À tous ceux qui ont, d'une manière ou d'une autre contribué à la réussite de ce travail...

Résumé

Face à la transformation numérique et technologique accélérée, la réalité augmentée s'est imposée comme un moyen moderne pour renforcer l'enseignement et la formation, notamment dans le domaine de la formation professionnelle qui allie savoir théorique et pratique. Après avoir prouvé son efficacité dans les secteurs techniques et industriels. Le défi consiste à concevoir une application d'enseignement professionnel en réalité augmentée intégrant de manière fluide et innovante des éléments interactifs tels que des modèles 3D, des vidéos, des sons et des animations. Cette approche vise à soutenir l'apprentissage des stagiaires en facilitant la compréhension de concepts complexes et en enrichissant les pratiques pédagogiques des formateurs. Ce projet, le premier du genre en Algérie, vise à développer une application d'enseignement professionnel en réalité augmentée. Cette approche a pour objectif de faciliter la compréhension des termes techniques de simplifier l'assimilation des concepts complexes et de renforcer la formation pratique en laboratoire, tout en augmentant l'interaction et la motivation des stagiaires. Elle offre ainsi une expérience d'apprentissage immersive, interactive et réaliste, en phase avec leurs attentes à l'ère numérique. Les premières expérimentations ont démontré l'efficacité de cette technologie, encourageant ainsi l'extension du projet à plusieurs spécialités professionnelles. Cela inclut le développement d'une plateforme numérique associée, garantissant un accès facile et continu au contenu interactif, à tout moment et en tout lieu.

Mot clés : Réalité augmentée, formation professionnelle, application d'enseignement

Abstract

In the face of rapid digital and technological transformation, augmented reality has emerged as a modern tool to enhance education and training particularly in vocational education, which combines theoretical knowledge with practical skills. After proving its effectiveness in technical and industrial sectors, the next challenge is to design an augmented reality based vocational training application that seamlessly integrates interactive elements such as 3D models, videos, sounds, and animations. This approach aims to support trainees' learning by facilitating the understanding of complex concepts and enriching instructors' pedagogical practices. This project the first of its kind in Algeria seeks to develop an augmented reality vocational education application. Its goal is to ease the comprehension of technical terms, simplify the assimilation of complex concepts, and strengthen practical training in laboratories, while also boosting trainees' engagement and motivation. The result is an immersive, interactive, and realistic learning experience that aligns with learners' expectations in the digital age. Initial experiments have demonstrated the effectiveness of this technology, paving the way for expanding the project to various vocational specialties. This also includes the development of an associated digital platform, ensuring easy and continuous access to interactive content anytime and anywhere.

Keywords: Augmented reality, vocational training, educational application

الملخص

في ظل التحول الرقمي والتكنولوجي المتسارع، فرض الواقع المعزز نفسه كوسيلة حديثة لتعزيز التعليم والتكوين، لاسيما في مجال التكوين المهني الذي يجمع بين المعارف النظرية والتطبيقات العملية. وبعد أن أثبتت هذه التقنية فعاليتها في القطاعات التقنية والصناعية، يتمثل التحدي اليوم في تصميم تطبيق تكوين مهني يعتمد على الواقع المعزز، يدمج بطريقة سلسة ومبتكرة عناصر تفاعلية مثل النماذج ثلاثية الأبعاد، ومقاطع الفيديو، والمؤثرات الصوتية، والرسوم المتحركة.

تهدف هذه المقاربة إلى دعم تعلم المتربصين من خلال تسهيل فهم المفاهيم المعقدة، وإثراء الممارسات البيداغوجية لدى المكوّنين. ويُعدّ هذا المشروع الأول من نوعه في الجزائر، حيث يسعى إلى تطوير تطبيق تكوين مهني قائم على الواقع المعزز، بهدف تسهيل فهم المصطلحات التقنية، وتبسيط استيعاب المفاهيم المعقدة، وتعزيز الجانب التطبيقي في التكوين داخل المخابر، مع زيادة تفاعل وتحفيز المتربصين.

يوفر هذا الحل تجربة تعلم غامرة وتفاعلية وواقعية، تتماشى مع تطلعات المتعلمين في العصر الرقمي. وقد أظهرت التجارب الأولية فعالية هذه التقنية، مما شجّع على توسيع المشروع ليشمل عدة تخصصات مهنية، مع تطوير منصة رقمية مرافقة، تضمن الوصول السهل والدائم إلى المحتوى التفاعلي، في أي وقت ومن أي مكان.

الكلمات المفتاحية: الواقع المعزز، التكوين المهني، تطبيق تعليمي.

Table des matières

<i>Remerciements</i>	i
<i>Dédicaces</i>	ii
Résumé	iii
Abstract	iv
Introduction Générale	1
1 Notions fondamentales sur la réalité augmentée	4
1.1 Introduction	4
1.2 Définition	4
1.3 Histoire de la réalité augmentée	5
1.4 Domaines et applications de la réalité augmentée	10
1.4.1 Science médicale.....	10
1.4.2 Education	11
1.4.3 Domaine de jeu vidéo	12
1.4.4 Domaine de conception.....	13
1.4.5 Domaine de tourisme	14
1.4.6 Domaine de commerce.....	15
1.5 Les composants matériels de la réalité augmentée.....	15
1.6 Principaux types de la réalité augmentée.....	16
1.7 Les avantages et les inconvénients de la réalité augmentée	18
1.7.1 Les avantages.....	18
1.7.2 Les inconvénients.....	18
1.8 Conclusion.....	18
2 Réalité augmentée au service de la formation professionnelle	21
2.1 Introduction.....	21

2.2	Définition de la formation professionnelle	21
2.3	Définition de l'enseignement dans le contexte de la formation professionnelle	22
2.4	Méthodes de l'enseignement	22
2.5	Outils d'enseignement	23
2.5.1	Le Tableau noir	23
2.5.2	Rétroprojecteur	24
2.5.3	Ordinateur	25
2.5.4	Réalité virtuelle (RV) et la réalité augmentée (RA)	25
2.5.5	Intelligence artificielle	26
2.5.6	Livres augmentée	26
2.6	Début de l'utilisation de la réalité augmentée dans l'enseignement	26
2.7	Intégration de la réalité augmentée dans la formation professionnelle	27
2.8	Analyse comparative des applications éducatives en RA	27
2.9	Particularité par rapport à celles existantes	30
2.10	Conclusion	30
3	Conception	32
3.1	Introduction	32
3.2	Contexte du projet	32
3.3	Analyse des besoins	33
3.3.1	Définition des besoins	33
3.4	Etape de réalisation de l'application RA pour la formation professionnelle	34
3.5	Conception générale de l'application	35
3.6	Conception de détaillé de l'application	36
3.6.1	Diagramme des cas d'utilisation	36
3.6.2	Diagramme de séquence	38
3.6.3	Diagramme de classes	40
3.7	Conclusion	41
4	Implémentation	43
4.1	Introduction	43
4.2	Objectifs de l'application	43
4.3	Architecture proposée de l'application	43
4.4	Choix techniques	44
4.4.1	Choix du logiciel de modélisation 3D	44
4.4.2	Choix du moteur de développement et de l'IDE	45
4.4.3	Choix du langage de programmation C#	46

4.4.4	Choix du logiciel de conception graphique (vidéo, logo, textures, marqueurs).....	47
4.5	Présentation de l'application	47
4.5.1	Téléchargement de l'application	47
4.5.2	Icone de l'application	48
4.5.3	Page d'accueil de l'application.....	48
4.5.4	Page de connexion	49
4.5.5	Page de choix de la spécialité	49
4.5.6	Lancement de l'application RA pour la spécialité IAA	50
4.5.7	Le dictionnaire inclus dans l'application.....	51
4.5.8	Exemples de travaux pratiques de la spécialité IAA et leçons (arabe) de la spécialité CIP	52
4.6	Tests, Résultats et discussions	53
4.6.1	Tests.....	53
4.6.2	Résultats.....	54
4.6.3	Discussions	57
4.7	Conclusion.....	58

Conclusion Générale **59**

Bibliographie **61**

Annexe **64**

Table des figures

1.1	Continuum entre le monde réel et virtuel.	5
1.2	Histoire de la réalité augmentée	6
1.3	La première version d’EyeTap portée par son créateur Steve Mann.	6
1.4	Idée de Tom Caudell.	7
1.5	Touring Machine - Premier système mobile de réalité augmentée.	7
1.6	Guide des restaurants mobiles RA - Colombie 2001	8
1.7	Guidage Intérieur RA sur PDA - Vienne 2003.	8
1.8	Le jeu mobile Pokémon Go utilisé dans un environnement réel.	9
1.9	Le Casque Magic Leap One	9
1.10	Casque Apple "Apple Vision Pro".....	10
1.11	La réalité augmentée en Médecine.....	11
1.12	L’éducation dans la réalité augmentée.....	12
1.13	le jeu Tetris3D.....	13
1.14	Le système Build-IT (a) projection des objets virtuels sur la table du travail (b) interaction à deux Mains.	14
1.15	Les dispositifs mobiles (smartphone et tablette).....	16
1.16	Les dispositifs portés (casque et lunettes).....	16
2.1	Les tableaux noirs et tableaux blancs.....	24
2.2	Rétroprojecteur.	24
2.3	Ordinateur.....	25
2.4	Réalité virtuelle et Réalité augmentée.	25
3.1	Architecture général de l’application.	35
3.2	Diagramme de cas d’utilisation	37
3.3	Diagramme de séquence (Authentification).	38
3.4	Diagramme de séquence (Menu)	39
3.5	Diagramme de classes	40

4.1	Architecture proposée de l'application.....	44
4.2	Modélisation avec Blender (incubateur).	45
4.3	Développement de l'expérience RA dans Unity	46
4.4	Le code QR.....	48
4.5	Icône de l'application.....	48
4.6	La page d'accueil de l'application	49
4.7	La page d'accueil et la page de connexion.	49
4.8	La page de choix de la spécialité.....	50
4.9	Le menu principal de la spécialité IAA.....	50
4.10	Le dictionnaire de la spécialité IAA.....	51
4.11	Exemples de travaux pratiques de la spécialité IAA.....	52
4.12	Exemples de leçons (arabe) de la spécialité CIP.....	52
4.13	Présentation de l'application aux stagiaires.....	54
4.14	Question 1 et 2.....	55
4.15	Question 3 et 4.....	55
4.16	Question 5.....	55
4.17	Question 6 et 7.....	56
4.18	Question 8 et 9.....	56
4.19	Question 10.....	56
4.20	Question 11 et 12.....	56
4.21	Question 13.....	57
4.22	Question 14.....	57
4.23	Question 15.....	57

Liste des tableaux

2.1	Analyse comparative des applications éducatives en RA.	28
3.1	Résume les cas d'utilisations de l'application.....	37

Introduction Générale

Avec le développement rapide des technologies, la réalité augmentée s'est imposée comme une innovation majeure dans divers domaines de la vie quotidienne. Elle offre des expériences interactives et immersives transformant ainsi les méthodes d'apprentissage traditionnelles.

Dans le secteur de l'éducation, notamment en Algérie, la réalité augmentée commence à susciter un intérêt croissant. Elle permet de développer des méthodes d'enseignement plus efficaces, en offrant des simulations réalistes et des visualisations 3D qui facilitent la compréhension de concepts complexes.

L'intégration de la réalité augmentée dans la formation professionnelle ouvre de nouveaux horizons d'interaction. Elle transforme l'expérience traditionnelle d'enseignement et de formation en une expérience dynamique et engageante, adaptée aux besoins des apprenants à l'ère numérique.

La réalité augmentée offre aux instituts de formation professionnelle des outils innovants pour enrichir l'acquisition de connaissances et de compétences, en captivant les stagiaires grâce à des expériences immersives et interactives. Elle transforme les environnements d'apprentissage en y intégrant des éléments virtuels dynamiques tels que des simulations, des visualisations 3D ou des démonstrations en temps réel. Cette approche révolutionne les méthodes pédagogiques, notamment dans les domaines du contrôle de la qualité et de la chimie industrielle.

Cependant, elle soulève la question de l'utilisation optimale de la réalité augmentée pour concevoir des modules de formation adaptés aux besoins spécifiques des stagiaires dans des environnements professionnels tels que les laboratoires ou les ateliers. Plusieurs enjeux en découlent :

- Comment intégrer efficacement les technologies de réalité augmentée dans les environnements de formation professionnelle, en tenant compte des spécificités de chaque spécialité (industrie, chimie, médecine, etc.) ?

- De quelle manière les interfaces interactives de réalité augmentée peuvent-elles motiver les stagiaires et renforcer leur engagement dans les activités éducatives ?

Ces questions constituent le cœur de la problématique de recherche et de développement de notre application pédagogique proposée. Pour atteindre cet objectif nous avons organisé notre mémoire en quatre chapitres comme suit :

Dans le premier chapitre, nous présenterons les concepts fondamentaux de la réalité augmentée, explorerons ses domaines d'application, détaillerons les technologies sous-jacentes et analyserons ses avantages et inconvénients.

Dans le deuxième chapitre, nous explorerons le concept d'enseignement, en particulier dans le domaine de la formation professionnelle, et l'intégration de la réalité augmentée dans ce contexte. Nous examinerons les applications actuelles de la RA dans la formation professionnelle, notamment dans des secteurs tels que l'industrie, la santé et la sécurité, en mettant en lumière les solutions innovantes mises en œuvre pour améliorer l'efficacité et l'engagement des apprenants.

Le troisième chapitre sera consacré à la conception de l'application pédagogique en réalité augmentée proposée. Nous détaillerons le choix des fonctionnalités, en mettant l'accent sur les aspects techniques et pédagogiques. L'application est conçue pour favoriser l'interaction entre les formateurs et les stagiaires, en permettant une exploration immersive du contenu éducatif. Nous soulignerons comment cette approche facilite la compréhension des concepts complexes et améliore l'engagement des apprenants.

Le dernier chapitre sera consacré à la réalisation de l'application, conçue pour répondre aux objectifs définis précédemment. Nous détaillerons les différentes étapes de son développement en analysant les choix techniques effectués. Nous présenterons également les outils de développement sélectionnés, en mettant en lumière leur pertinence et leur efficacité dans le cadre de ce projet. Enfin, ce mémoire se conclura par une synthèse des travaux réalisés, une évaluation des résultats obtenus et une réflexion sur les perspectives d'évolution de l'application.

Chapitre 1

*Notions fondamentales sur
la réalité augmentée*

Notions fondamentales sur la réalité augmentée

1.1 Introduction

La réalité augmentée n'est plus un concept futuriste réservé à la science-fiction. Aujourd'hui, la réalité augmentée (RA) est une technologie puissante qui a le potentiel de révolutionner de nombreux secteurs en fusionnant le monde numérique et le monde physique. Cette technologie crée une superposition entre la réalité et des informations virtuelles, offrant une expérience plus immersive.

Dans ce chapitre, nous présenterons une définition de la réalité augmentée clarifierons l'histoire de son émergence et mettrons en évidence les différences entre elle et la réalité virtuelle et la réalité mixte. Nous explorerons également certains domaines d'application, les équipements associés et leur fonctionnement.

1.2 Définition

La réalité augmentée est une technologie qui améliore le monde physique en superposant des éléments numériques à des environnements réels, offrant ainsi une expérience interactive enrichie. Contrairement à la réalité virtuelle (RV), qui plonge les utilisateurs dans un environnement totalement virtuel, la RA établit un lien avec le monde réel en ajoutant des couches d'informations numériques à ce que les utilisateurs voient, entendent et ressentent dans leur environnement physique [1].

Les technologies de RA, à la différence de celles de la réalité virtuelle, ne visent pas une substitution du monde réel par une analogie virtuelle. L'environnement est réel, mais étendu et enrichi par des informations et des images du système, et le fossé entre les objets réels et virtuels est comblé de façon transparente. Pour comprendre cette différence, Milgram et al ont cherché à établir une relation entre la RV et la RA. Ils ont décrit un continuum entre le monde réel et le monde virtuel, appelé réalité mixte, où la réalité augmentée évolue, proche du monde réel tandis que la virtualité augmentée évolue, proche du monde virtuel [2].



Figure 1.1 – Continuum entre le monde réel et virtuel

1.3 Histoire de la réalité augmentée

La première apparition de la réalité augmentée (RA) remonte aux années 1950, lorsque Morton Heilig, directeur de la photographie, considérait le cinéma comme une activité qui a la capacité d'attirer le spectateur dans l'activité à l'écran en prenant en compte tous les sens de manière efficace. En 1962, Heilig a construit un prototype de sa vision, qu'il décrit en 1955 dans « Le cinéma du futur » intitulé Sensorama Fig 1.2a, qui a précédé l'informatique numérique. Ensuite, Ivan Sutherland a inventé la tête présentoir monté en 1966 Fig 1.2b. En 1968, Sutherland fut le premier à créer un système de réalité augmentée utilisant un visiocasque optique transparent. En 1975, Myron Krueger crée le Videoplace 1.2 une salle qui permet aux utilisateurs d'interagir avec des objets virtuels pour la première fois [3].

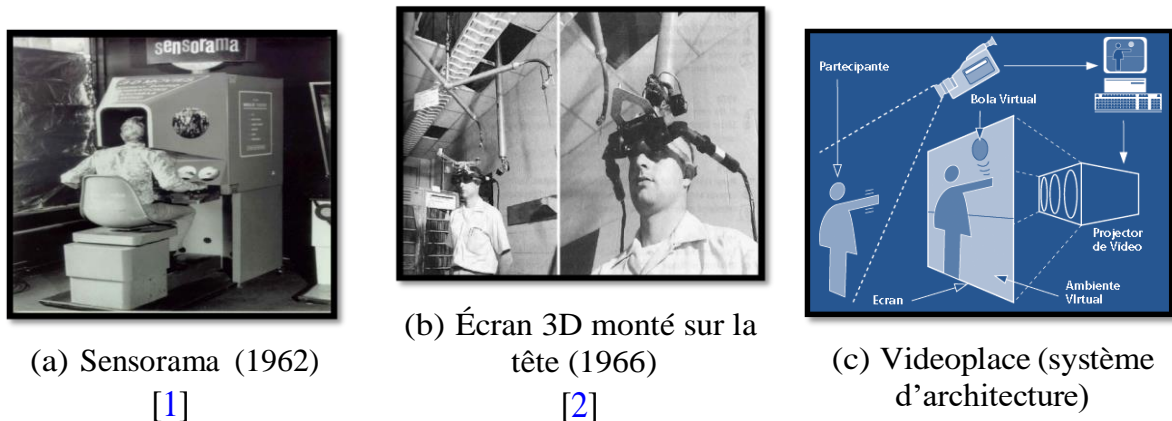


Figure 1.2 – Histoire de la réalité augmentée

Dans les années 1980, Steve Mann est considéré comme le premier à avoir mis au point un dispositif opérationnel de réalité augmentée : l'EyeTap, un casque permettant de superposer des informations virtuelles devant les yeux de l'utilisateur. Il a continué à perfectionner cet appareil, qui, aujourd'hui est aussi léger qu'une simple paire de lunettes, comme le montre Fig 1.3 [4].



Figure 1.3 – La première version d'EyeTap portée par son créateur Steve Mann

En 1992, Tom Caudell et David Mizell, proposent le terme de réalité augmentée et le définissent comme étant la superposition de matériel informatisé sur le monde réel [5].

- Mise en place d'un visiocasque tête haute transparent.
- Superposer un diagramme produit par ordinateur sur un objet du monde réel.
- Réductions de coûts/améliorations de l'efficacité dans la fabrication aéronautique.

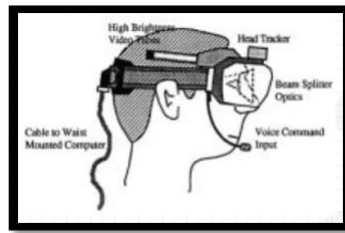


Figure 1.4 – Idée de Tom Caudell
[5]

La Touring Machine, développée à Columbia à partir de 1996, a été le premier système mobile de réalité augmentée (MARS) à réaliser de la RA graphique. Il combinait un visiocasque, un écran de tablette portable et un sac à dos avec ordinateur, GPS et connexion Internet Fig 1.3 [4].



Figure 1.5 – Touring Machine - Premier système mobile de réalité augmentée
[4]

La démonstration d'un guide des restaurants mobile AR en 2001 faisait partie du travail continu de Columbia sur la gestion automatisée des vues en ajoutant intelligemment des graphiques augmentés superposés à une scène du monde réel. Dans le prototype d'information du campus, les utilisateurs peuvent demander des informations sur un bâtiment historique, et dans le prototype d'aide à la connaissance de la situation, le système affiche un modèle 3D d'une pièce intérieure pour aider l'utilisateur à s'orienter dans l'espace [4].



Figure 1.6 – Guide des restaurants mobiles RA - Colombie 2001
[4]

Daniel Wagner et Dieter Schmalstieg ont développé un système de guidage RA intérieur fonctionnant de manière autonome sur un PDA (Assistant numérique personnel) non modifié. L'application Signpost a guidé l'utilisateur dans un bâtiment inconnu en affichant diverses astuces de navigation, notamment une visualisation filaire de la structure du bâtiment superposée à l'image vidéo, l'étiquetage des éléments pertinents, une flèche de direction et la mise en évidence de la prochaine sortie à emprunter [4].



Figure 1.7 – Guidage Intérieur RA sur PDA - Vienne 2003
[4]

Au cours des années qui suivent, les progrès de la RA ont servi des secteurs comme la défense militaire et l'industrie et c'est à partir de 2007, que le monde de la publicité s'accapare de cette technologie en constante évolution.

En 2012, Google lance Google Glass, le premier dispositif RA à la disposition du public. La RA est devenue par la suite à la portée de tous les utilisateurs avec l'évolution de l'informatique mobile qui a permis le développement de plusieurs applications de réalité augmentée notamment

des jeux mobiles comme Pokemon Go et les réseaux sociaux qui proposent des fonctionnalités de RA comme les filtres. En outre, l'usage de la réalité augmentée est devenu possible à l'intérieur et à l'extérieur et vise d'ailleurs un public plus large que par le passé, puisque les utilisateurs possèdent leurs propres dispositifs mobiles et savent comment les utiliser [2].



Figure 1.8 – Le jeu mobile Pokémon Go utilisé dans un environnement réel
[6]

En 2018, Magic Leap a sorti son casque de première génération : Magic Leap One. Le casque était une réalisation révolutionnaire mêlant l'hybride numérique et physique avec une physique sophistiquée, un éclairage en fonction de la situation et un ombrage des objets virtuels [6].



Figure 1.9 – Le Casque Magic Leap One
[6]

En 2023, Apple a lancé son premier casque de réalité mixte haut de gamme le "Apple Vision Pro" Fig 1.8 . Ce casque innovant permet une transition fluide entre la réalité augmentée et la réalité virtuelle, et est doté de trois

écrans : deux dalles micro OLED 4K et une plaque de verre courbée pour assurer la protection des écrans. Son design, inspiré d'un masque de ski, se distingue par une esthétique soignée, grâce à l'utilisation de matériaux premium tels que le verre, l'aluminium et la fibre de carbone. Le casque est alimenté par une batterie externe et offre aux utilisateurs la possibilité de personnaliser leur niveau d'immersion à l'aide d'une molette. Ses applications potentielles couvrent des domaines variés, incluant la communication, le travail et le divertissement, avec un partenariat stratégique annoncé avec Disney [2].



Figure 1.10 – Casque Apple "Apple Vision Pro"
[4]

1.4 Domaines et applications de la réalité augmentée

De nos jours, la réalité augmentée est utilisée dans plusieurs domaines grâce à l'évolution qu'elle a connue et son optimisation de l'interface homme-machine. Il est possible de trouver des solutions en RA dans les domaines médical, militaire, artistique, architectural, éducatif, publicitaire, industriel etc. . .

Retrouvez ci-dessous certaines des domaines et ces applications en réalité augmentée les plus intéressantes :

1.4.1 Science médicale

Alors que nous savons tous que la science est un domaine extrêmement vaste et que les plus grands scientifiques continuent de faire de nouvelles découvertes régulièrement, la réalité augmentée tend aujourd'hui à leur faciliter la tâche de manière significative.

En plus de cela, la réalité augmentée a permis de faire une avancée médicale majeure puisque les images très précises aident au traitement des patients et

cela a fait ses preuves, mais aussi à toujours mieux connaître le corps humain et son fonctionnement.

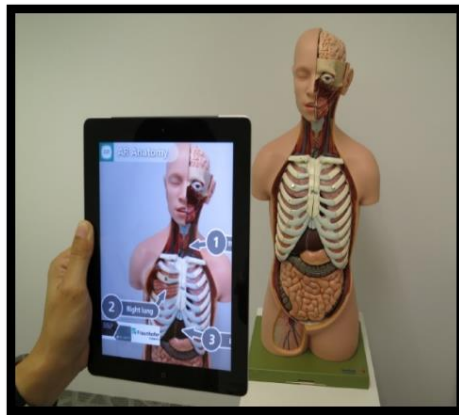


Figure 1.11 – La réalité augmentée en Médecine
[7]

Avec cette technologie, interagir avec des objets virtuels 3D est aussi naturel et intuitif que gérer des objets physiques. Pour y parvenir, il cherche à combiner les principes de la perception visuelle humaine, de la vision par ordinateur, de l'interaction homme-machine et de l'infographie [7].

1.4.2 Education

La réalité augmentée dans l'éducation affectera bientôt le processus d'apprentissage conventionnel. La RA a le potentiel d'introduire de nouvelles méthodes. Les capacités de la technologie de réalité augmentée peuvent rendre les cours plus attrayants et les informations plus compréhensibles.

Aujourd'hui, 80% des jeunes possèdent des smartphones. La plupart d'entre eux sont des utilisateurs actifs qui utilisent ces gadgets pour accéder aux plateformes sociales, jouer à des jeux et être en contact avec des amis, alors qu'une autre partie beaucoup moins importante des jeunes adultes utilise le téléphone pour étudier, faire leurs devoirs, creuser des informations sur un sujet, etc [8].



Figure 1.12 – L'éducation dans la réalité augmentée
[8]

1.4.3 Domaine de jeu vidéo

ARQuake [9] est l'une des premières expérimentations de réalité augmentée pour le jeu vidéo. Le jeu se déroule en extérieur et les éléments virtuels sont intégrés dans l'environnement physique en combinant différents capteurs (GPS, compas numérique et suivi visuel de marqueurs placés dans l'environnement). La disponibilité de caméras bon marché (Webcam) et la puissance de calcul grandissante des consoles de jeux et des ordinateurs permettent l'essor de jeux utilisant l'interaction vidéo et la superposition d'objets virtuels. Le terrain invisible [10] est un autre jeu développé dans les laboratoires de l'université de Vienne, Le but du jeu est de tenir le plus longtemps possible et marquer le plus de point en disposant correctement les pièces de manière à compléter des étages. Lorsqu'un étage est complet, il disparaît et libère de la place sur le plateau. Lorsque le joueur ne parvient pas à remplir correctement ces étages, le nombre de pièces sur le plateau augmente. Si ce nombre est trop important (12 étages non complétés) le joueur perd la partie Fig 1.12. [6].

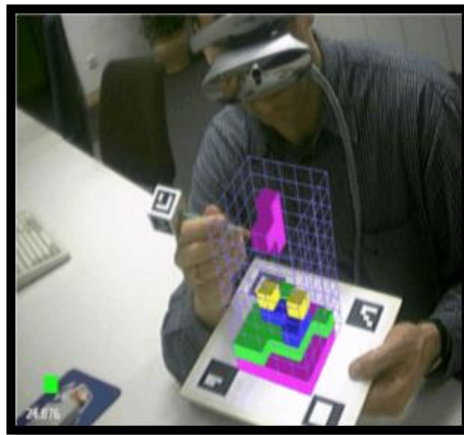


Figure 1.13 – le jeu Tetris3D
[6]

Voici trois exemples d'applications des jeux utilisant la réalité augmentée :

- **Pokémon Go (iOS, Android)** : A été créé par Niantic en 2016, est une application de réalité augmentée qui invite les joueurs à chasser capturer et entraîner Pokémon, et à se battre virtuellement avec eux en utilisant GPS et éléments de l'réalité.
- **Knightfall AR (iOS, Android)** : Développé par A&E Networks et Milkroom Entertainment & Spectral Games, transporte les joueurs dans le monde des chevaliers de l'Ordre du Temple, offrant une expérience de stratégie médiévale. Le jeu utilise les technologies Google ARCore et Apple ARKit.
- **Harry Potter : Wizards Unite (iOS, Android)** : Lancé en juin 2019 est un jeu de télé-réalité destiné aux fans de l'univers magique de JK Rowling. Les joueurs doivent utiliser des formules magiques pour sauver des objets, des personnes et des créatures magiques de leur monde réel, la localisation basée sur le GPS influençant la position de l'avatar [6].

1.4.4 Domaine de conception

Plusieurs travaux ont montré que la réalité augmentée peut être utilisée en tant que technique de conception très efficace et intuitive. Dans ce contexte, nous pouvons citer les travaux suivants : Le système Build-IT (Tangible Interaction for Collaborative Design) [11] qui est un système permettant à un groupe de coopérer afin de concevoir l'aménagement d'objets du monde réel tel que les écoles, les usines. . . Les utilisateurs peuvent interagir autour d'une table à l'aide de briques physiques leur permettant de sélectionner et

de manipuler des entités virtuelles qui sont projetées sur une table Fig 1.14 (a). Plusieurs briques peuvent être utilisées simultanément ; ce qui permet de travailler à plusieurs en même temps mais aussi d'avoir des interactions à deux mains permettent des actions complexes Fig 1.14 (b).



Figure 1.14 – Le système Build-IT (a) projection des objets virtuels sur la table du travail (b) interaction à deux Mains [3]

1.4.5 Domaine de tourisme

Le secteur touristique profite aussi ces dernières années de plus en plus des applications réalité augmentée qui facilitent l'exploration de villes et de pays étrangers, notamment pour compenser le manque de connaissances linguistiques et des lieux [12].

Voici deux applications bien utiles pour les prochaines vacances [12] :

- **Google traduction (iOS, Android) :** Célèbre pour ses services de traduction sur le moteur de recherche, elle est également disponible sous forme d'applications iOS et Android depuis 2010. Au fil des années, ses fonctionnalités se sont étendues, permettant la traduction de texte saisi ou parlé dans plus de 100 langues. L'application propose aussi une traduction instantanée en réalité augmentée dans plus de 35 langues, permettant de scanner un texte étranger avec la caméra du téléphone et de le remplacer par une traduction en temps réel.
- **Virtlo (iOS) :** La société arménienne de logiciels e-Works LLC a développé Virtlo, une application en réalité augmentée qui permet d'explorer rapidement les environnements réels. Les utilisateurs peuvent visualiser sur leur écran de smartphone les attractions restaurants et hôtels à proximité, avec des étiquettes virtuelles indiquant la distance à parcourir. Virtlo facilite également la recherche des stations de transport en commun. Cette application gratuite disponible uniquement pour iOS, utilise des données Open Source actualisées quotidiennement par des millions de participants.

1.4.6 Domaine de commerce

La réalité augmentée devient un outil de vente incontournable et permet de rendre la marque plus attractive et haut de gamme. Elle offre une grande qualité promotionnelle et constitue une vraie aide à la décision d'achat.

Voici trois applications innovantes utilisant la réalité augmentée pour enrichir l'expérience de shopping : [13]

- **IKEA Place (iOS, Android) :** Lancée en 2017, cette application gratuite permet aux utilisateurs de visualiser et comparer des meubles IKEA, tels que canapés, chaises ou tables, directement dans leur espace réel. Cela facilite une estimation précise de la taille et de l'intégration des produits dans leur environnement.
- **Augment (iOS) :** Téléchargée 2,5 millions de fois, cette application aide les détaillants en ligne à développer leurs propres solutions de réalité augmentée. Elle transforme des produits 2D en modèles 3D interactifs. Cependant, elle est payante, avec des abonnements BUSINESS mensuels débutant à 9 euros.
- **DHL Packset App (iOS) :** Cette application virtuelle introduite par DHL permet aux utilisateurs de tester différentes tailles d'emballages sur des surfaces adaptées, facilitant ainsi le choix du Packset idéal sans besoin de mesurer ou de deviner.

1.5 Les composants matériels de la réalité augmentée

Les équipements nécessaires à la réalité augmentée englobent les éléments physiques indispensables au fonctionnement d'une application de ce type. Cette technologie s'appuie principalement sur des appareils mobiles, comme les smartphones et les tablettes, ainsi que sur des lunettes dédiées à la réalité augmentée. Ces dispositifs permettent d'intégrer des informations virtuelles dans l'environnement réel. Les outils les plus couramment utilisés pour la réalité augmentée, illustrés dans la figure 1.15, restent les smartphones et les tablettes [14].



Figure 1.15 – Les dispositifs mobiles (smartphone et tablette)
[6]

Les applications de réalité augmentée exploitent la caméra de l'appareil pour superposer des informations numériques à l'environnement réel. Cela permet à l'utilisateur de combiner deux sources d'information en une seule vue. Grâce à l'écran tactile, il peut interagir directement avec les éléments virtuels, comme agrandir un objet ou modifier sa couleur. La figure 1.16 illustre la popularité croissante des dispositifs portables, tels que les casques et lunettes de réalité augmentée ou mixte.



Figure 1.16 – Les dispositifs portés (casque et lunettes)
[6]

Les casques de réalité virtuelle et les lunettes de réalité augmentée/mixte permettent d'intégrer des objets 3D dans l'environnement réel, offrant ainsi une superposition d'informations réelles et virtuelles [14].

1.6 Principaux types de la réalité augmentée

On distingue six types de réalité augmentée, chacun influençant la façon dont les images et les informations sont présentées à l'utilisateur : [15]

- «**Marker based AR**» ou RA basé sur la reconnaissance : c'est le type de RA le plus utilisé. Il nécessite un appareil photo et un « déclencheur » ou (« marker »), le plus souvent une image, un code QR ou un signe afin de produire un résultat. L'appareil doit détecter le marqueur, en l'identifiant et l'analysant. Après avoir reconnu le « déclencheur », le logiciel fournit à l'utilisateur les informations correctes.

- «**Markerless AR**» n'a besoin d'aucune forme de marqueur. La RA Markerless utilise des capteurs dans les appareils pour détecter avec précision l'environnement du monde réel, comme l'emplacement des murs et des points d'intersection, permettant aux utilisateurs de placer des objets virtuels dans un contexte réel sans avoir besoin de lire une image. C'est le seul type de RA qui reconnaît quelque chose et qui ne nécessite aucune forme d'augmentation. Cette forme de RA utilise la technologie SLAM (Simultaneous localization and mapping) qui est actuellement la forme la plus développée dans la réalité augmentée. Cette technologie permet de localiser l'utilisateur et d'identifier l'environnement dans lequel il se trouve. L'un des avantages de cette technologie est qu'elle dépend de l'utilisation de smartphones qui disposent de fonctions de localisation, or aujourd'hui la grande majorité de la population possède un smartphone.
- «**RA basée sur la localisation**» est une forme de « Markerless RA ». Ce type de réalité augmentée est lié à un lieu spécifique et utilise les fonctions de détection et de localisation présentes sur les smartphones pour fonctionner. Ce type de RA est utilisé pour produire des cartes donner des indications, mais aussi pour trouver des magasins à proximité et toute application basée sur la localisation. Pokémon Go est un exemple récent dont la RA est basée sur la localisation.
- «**RA basée sur la superposition**» a la capacité de reconnaître une image et de remplacer partiellement ou complètement la vue par une image augmentée (technologies de la réalité). L'élément principal de cette technologie est la reconnaissance de l'objet. IKEA a développé une application avec cette forme de RA permettant aux utilisateurs de placer les meubles dans leur environnement.
- «**RA par projection**» projette des lumières artificielles sur des surfaces présentes dans l'environnement de l'utilisateur. Cette forme de technologie permet une interaction humaine grâce à des capteurs ou à des altérations des projections, qui sont sensibles au toucher humain.
- «**Outlining AR**» permet de reconnaître des signaux indétectables à l'œil nu afin d'aider l'utilisateur dans certaine situation. Elle présente quelques points de similitude avec la RA par projection, et utilise la reconnaissance d'objet afin de comprendre l'environnement de l'utilisateur). Cette technologie peut être utilisée pendant la conduite par mauvais temps.

1.7 Les avantages et les inconvénients de la réalité augmentée

La réalité augmentée présente des avantages et des inconvénients, qui sont les suivants :

1.7.1 Les avantages

- **Expérience immersive** : Interaction captivante entre réel et virtuel.
- **Applications diverses** : Formation, éducation, commerce et marketing, etc.
- **Gain de productivité** : Instructions en temps réel, réduction des erreurs.
- **Prise de décision améliorée** : Données contextuelles en direct.
- **Engagement utilisateur** : Expériences interactives et attractives.

1.7.2 Les inconvénients

- **Coût élevé** : Développement et matériel coûteux.
- **Limites technologiques** : Appareils exigeants en puissance et compatibilité.
- **Problèmes de santé** : Fatigue oculaire, sédentarité.
- **Vie privée et sécurité** : Collecte de données et cyber-risques.
- **Dépendance technologique** : Perte d'habilités traditionnelles.
- **Distraction** : Risque accru d'accidents.

1.8 Conclusion

La réalité augmentée est une nouvelle technologie prometteuse qui nous permet de remodeler la façon dont nous interagissons avec l'information et l'environnement environnant, grâce à l'Intégration intelligente des mondes réel et virtuel. Ce chapitre a décrit les concepts de base pour comprendre cette technique en termes de composants, de développement et d'utilisations.

Ce cadre théorique représente une contribution fondamentale à l'exploration du potentiel réel de la réalité augmentée, en particulier dans le domaine de la formation professionnelle.

Sur la base de cette règle, dans le deuxième chapitre, nous discuterons de l'utilisation de la réalité augmentée dans les systèmes de formation, en mettant l'accent sur sa contribution à l'amélioration de la qualité de l'apprentissage, au développement des compétences pratiques et à l'amélioration de l'interaction au sein des environnements de formation.

Chapitre 2

*Réalité augmentée au service de la
formation professionnelle*

Réalité augmentée au service de la formation professionnelle

2.1 Introduction

Les méthodes traditionnelles de formation professionnelle que nous connaissons sont en train de changer radicalement. L'introduction d'innovations technologiques dans les centres de formation a révolutionné les pratiques pédagogiques et transformé l'approche de l'enseignement technique pédagogique afin de suivre le rythme des progrès technologiques dans le cadre de l'éducation et de la formation.

La réalité augmentée fait partie des pratiques pédagogiques numériques à la disposition des instructeurs et des apprenants. Ses applications dans le cadre des centres de formation professionnelle permettent d'introduire de nouvelles méthodes d'enseignement et d'apprentissage, favorisant ainsi une formation plus interactive et immersive et l'adaptant aux besoins du monde professionnel.

2.2 Définition de la formation professionnelle

Il s'agit d'une formation théorique et pratique dans divers domaines professionnels, destinée à toute personne souhaitant acquérir une compétence professionnelle afin de faciliter son insertion dans le monde du travail. Elle s'adresse également aux travailleurs désirant améliorer leurs connaissances et renforcer leur niveau de qualification, en adéquation avec l'évolution constante du marché de l'emploi [16].

2.3 Définition de l'enseignement dans le contexte de la formation professionnelle

L'enseignement est l'acte de transférer des connaissances, des compétences ou des savoir-faire à l'apprenant, qu'il soit élève, étudiant ou stagiaire, selon des méthodes pédagogiques organisées. Dans le cadre de la formation professionnelle, l'enseignement revêt une dimension pratique et appliquée visant à préparer les stagiaires à des situations réelles dans le monde du travail.

Ce processus est basé sur l'interaction de trois éléments de base :

- Formateur et détenteur de connaissances et d'expériences professionnelles,
- Stagiaire, un acteur de sa propre formation.
- Un contenu de formation qui combine connaissances théoriques et compétences pratiques.

L'enseignement dans la formation professionnelle est passé d'un modèle centré sur le formateur à une approche moderne favorisant la participation active des stagiaires. Il s'appuie sur des méthodes innovantes comme la pédagogie par projet, l'apprentissage expérientiel et l'usage de technologies telles que la réalité augmentée, afin de répondre aux besoins concrets du monde professionnel.

2.4 Méthodes de l'enseignement

La pédagogie, ou l'art d'enseigner, constitue l'un des piliers fondamentaux de la formation professionnelle. Il comprend un ensemble de principes, de Normes et de procédures adoptés par les formateurs dans le but de transférer efficacement les connaissances et les compétences aux apprenants. L'objectif principal est de permettre aux apprenants de comprendre et d'assimiler en profondeur les contenus professionnels, qu'ils soient liés à une spécialité technique spécifique ou à une formation plus globale. Les méthodes d'enseignement dans le domaine de la formation professionnelle peuvent être classées en trois groupes par rapport aux autres domaines de l'éducation.

- **Enseignement direct** L'enseignement direct en formation professionnelle représente une méthodologie dans laquelle le rôle de la composante est principalement centré. En d'autres termes, la composante est chargée de présenter explicitement et directement les connaissances et les compétences.

- **Enseignement interactif** L'enseignement interactif dans la formation professionnelle vise à impliquer efficacement les stagiaires dans le processus d'apprentissage, en favorisant une interaction constante entre eux et la composante, ainsi qu'entre eux, à l'aide de présentations appliquées dans des laboratoires ou des ateliers. Cela rend les apprenants actifs en permanence dans leur domaine éducatif, de sorte que leur rôle ne se limite pas à la réception passive d'informations, mais s'étend à la recherche, à l'expérimentation et à la discussion.
- **Apprentissage expérientiel** L'enseignement interactif dans la formation professionnelle est basé sur la théorie de l'apprentissage expérientiel de "Kolb" (1984), qui établit l'importance de l'apprentissage par la pratique et l'expérience. La composante est requise pour utiliser une variété de méthodes pédagogiques, c'est à dire faire de véritables expériences dans n'importe quel domaine pour répondre aux différents besoins des étudiants, intégrer le côté théorique et pratique et développer leurs capacités d'auto apprentissage. Cette approche favorise une compréhension approfondie, aide les stagiaires à pratiquer et à apprendre [17].

2.5 Outils d'enseignement

Les outils pédagogiques en formation professionnelle sont un moyen utilisé par un enseignant ou un formateur pour faciliter l'acquisition d'apprentissages ou de compétences. Il rend la formation plus efficace et favorise les échanges entre stagiaires [18].

2.5.1 Le Tableau noir

Le tableau noir a été l'une des technologies éducatives les plus révolutionnaires de son époque, inventé en 1801 par James Pillans, directeur à l'Old High School d'Édimbourg. La même année, un éducateur américain, George Baron, l'utilisait également pour ses cours de mathématiques. Ce tableau a offert un avantage majeur aux enseignants, car il permettait de présenter visuellement des concepts comme l'orthographe, la grammaire et les mathématiques, une option auparavant limitée. Grâce à sa capacité à être effacé, il est devenu une alternative économique et durable au papier et à l'encre.



Figure 2.1 – Les tableaux noirs et les tableaux blancs
[18]

2.5.2 Rétroprojecteur

Le projecteur, aujourd’hui courant dans de nombreuses écoles et universités était autrefois une technologie relativement nouvelle. Initialement utilisé pour l’identification de la police et l’entraînement militaire avant la Seconde Guerre mondiale, il n’a été introduit dans les écoles qu’à la fin des années 1950 et au début des années 1960. Le rétroprojecteur est devenu un outil essentiel dans les salles de classe pendant les décennies suivantes. Sa principale force résidait dans sa capacité à offrir des présentations visuelles de meilleure qualité (couleurs et formes) par rapport aux écrits sur le tableau blanc, et à projeter instantanément des images, ce qui réduisait le temps que les enseignants passaient à dessiner ou illustrer au tableau.



Figure 2.2 – Rétroprojecteur
[18]

2.5.3 Ordinateur

L'utilisation des ordinateurs dans l'éducation a commencé avec les ordinateurs centraux, comme l'UNIVAC, dans les années 1950. Ces ordinateurs pouvaient réaliser des tâches simples, comme poser des questions et prendre des décisions pédagogiques en fonction des réponses des élèves. Cependant, leur grande taille et leur coût élevé limitaient leur accessibilité et leur utilisation.



Figure 2.3 – Ordinateur
[18]

2.5.4 Réalité virtuelle (RV) et la réalité augmentée (RA)

La réalité virtuelle (RV) et la réalité augmentée (RA) transforment l'éducation en créant des environnements et des objets réalistes. Elles permettent de visualiser des lieux éloignés ou d'imaginer des meubles dans des espaces vides, offrant ainsi une nouvelle méthode pour expliquer des concepts. Ces technologies augmentent l'engagement des étudiants grâce à des simulations et des animations qui reproduisent des situations réelles. Elles aident également les enseignants à concevoir des cours multi sensoriels encourageant les élèves à interagir activement plutôt qu'à se contenter d'observer [19].



Figure 2.4 – Réalité virtuelle et Réalité augmentée
[19]

2.5.5 Intelligence artificielle

La dernière technologie éducative du 21^e siècle est l'intelligence artificielle. Christopher Strachey a écrit le premier programme d'IA réussi en 1951, et la première démonstration réussie d'apprentissage automatique «Shopper» d'Anthony Oettinger, a été publiée en 1952. Ces dernières années et ces derniers mois, l'intelligence artificielle est devenue un sujet populaire dans les secteurs des affaires et de l'éducation [20].

2.5.6 Livres augmentée

Les livres en réalité augmentée représentent une fusion innovante des livres traditionnels et du contenu numérique. Ils visent à créer une expérience de lecture immersive en intégrant des éléments interactifs comme des modèles 3D, des animations, des sons et des vidéos, permettant aux lecteurs de s'engager de manière originale avec l'histoire. Ils offrent une opportunité de préserver les qualités tactiles d'un livre physique tout en ajoutant une nouvelle dimension à l'expérience de lecture [21].

2.6 Début de l'utilisation de la réalité augmentée dans l'enseignement

Les applications de la réalité augmentée (RA) ont reçu une attention croissante au cours des deux dernières décennies. Dans les années 1990, la réalité augmentée a été utilisée pour la première fois dans des applications liées à l'éducation des pilotes ainsi qu'à la formation de l'Armée de l'Air. La réalité augmentée crée de nouvelles expériences du monde en superposant des couches de données sur un espace tridimensionnel, suggérant ainsi que la réalité augmentée devrait être adoptée dans les 2 à 3 années suivantes pour offrir de nouvelles possibilités pour l'enseignement, l'apprentissage, l'étude ou la recherche créative. La réalité augmentée utilise des objets ou des données virtuelles qui se superposent aux objets ou environnements physiques pour créer une réalité mixte, où les objets virtuels et les environnements réels coexistent de manière significative afin d'améliorer les expériences d'apprentissage. Les objets virtuels mentionnés apparaissent côte à côte dans le même espace que les objets présents dans le monde réel. La réalité augmentée est désormais une technologie courante, utilisée principalement dans les environnements d'enseignement dans le secteur de l'éducation [22].

2.7 Intégration de la réalité augmentée dans la formation professionnelle

La réalité augmentée est effectivement intégrée dans le système de formation professionnelle, car elle contribue à améliorer l'apprentissage en intégrant le monde réel et les éléments virtuels. Parmi les avantages les plus notables qu'offre la réalité augmentée dans le domaine de la formation professionnelle figurent :

- Apprentissage immersif et contextuel : La réalité augmentée rend l'environnement réel de l'apprenant riche en informations numériques superposées, créant des situations d'apprentissage plus réalistes.
- Simulation des expériences réalistes sans danger : La réalité augmentée permet de créer des environnements d'apprentissage sûrs tout en simulant situations complexes ou dangereuses : Comme reproduire des scénarios pour des expériences d'apprentissage sans exposer l'apprenant au danger des produits chimiques. L'intégration de la réalité augmentée dans la formation professionnelle permet de transformer les méthodes d'apprentissage en les rendant plus pratiques, sûres et efficaces [18].

2.8 Analyse comparative des applications éducatives en RA

Le tableau II.1 met en évidence cinq applications majeures utilisées dans l'enseignement grâce à la RA : Foxar, Anatomie 4D, Sky Map, Merge Cube et Assemblr EDU. Chacune de ces applications possède des caractéristiques distinctes en termes d'interactivité, de facilité d'usage, d'accessibilité financière et de pertinence pédagogique. (Voir le tableau 2.1)

Nom de l'application	Année	Système compatible	Les avantages	Les inconvénients
Foxar	2017	iOS, Android, Web	<ul style="list-style-type: none"> — Très adapté aux sciences et à la physique — Gratuit (offre éducative) — Très facile à utiliser — Bonne interaction 	<ul style="list-style-type: none"> — Support linguistique limité — Nécessite des appareils performants — Faible interactivité comparée à d'autres
Anatomy 4D	2014	Android	<ul style="list-style-type: none"> — Très facile à utiliser — Bonne interaction — Gratuit (offre éducative) 	<ul style="list-style-type: none"> — Fonctionnalités limitées — Pas de mises à jour récentes — Pas de contenu audio ou interactif avancé
Sky Map	2009	Android	<ul style="list-style-type: none"> — Très facile à utiliser — Gratuit 	<ul style="list-style-type: none"> — Nécessite une connexion Internet — Non disponible sur iOS — Mises à jour peu fréquentes
Merge Cube	2017	Android	<ul style="list-style-type: none"> — Bonne interaction — Gratuit (certaines fonctionnalités) — Facile après adaptation 	<ul style="list-style-type: none"> — Nécessite l'achat du cube physique — Certaines applications payantes — Contenu éducatif limité (sciences)
Assemblr EDU	2018	iOS, Android, Web	<ul style="list-style-type: none"> — Contenus personnalisés — Excellente interaction — Facile à utiliser — Gratuit 	<ul style="list-style-type: none"> — Connexion internet permanente — Compatibilité limitée avec anciens systèmes — Fonctionnalités limitées en version gratuite

Table 2.1 – Analyse comparative des applications éducatives en RA

- **Foxar** : est une start-up qui produit des ressources en 3D et en réalité augmentée, principalement pour l'éducation scolaire, mais aussi pour la formation professionnelle et pour l'industrie. Ce sont des supports virtuels, sur tablettes et smartphones, qui permettent de mieux appréhender les notions abstraites du programme scolaire et ce sont des notions qui ne sont pas facilement gérables par certains élèves quand elles sont en 2D sur papier parce qu'elles comportent des limites : par exemple on ne peut pas forcément voir les échelles de taille. Le fait de pouvoir visualiser les maquettes des notions en réalité augmentée, dans l'environnement réel où elles sont [23].
- **Anatomie 4D** : la RA est utilisée pour présenter le corps humain et permettre aux étudiants d'en apprendre davantage sur les différents systèmes et l'anatomie humaine. Eléments 4D incite les étudiants à explorer la chimie, des éléments à la vie, de manière immersive et interactive. La RA est utilisée pour présenter des modèles 3D de la plupart des formes géométriques avec lesquelles les étudiants peuvent interagir directement.
- **Sky Map** : est une application intuitive d'observation des étoiles qui utilise l'appareil photo de son smartphone pour identifier les étoiles, les constellations et les satellites dans le ciel. Ces applications présentent de formation et d'enseignement basées sur la RA [24].
- **Merge Cube** : Fabriqué en mousse, ses faces ont des formes uniques permettant de le transformer ultérieurement en une image 3D. Grâce à ses caractéristiques uniques, le Merge Cube est un outil pédagogique idéal. Il permet aux étudiants de comprendre différents modèles d'objets du monde réel littéralement dans la paume de leurs mains. Il est très interactif et visuellement riche, mais nécessite l'achat d'un cube physique, ce qui limite l'accessibilité. De plus, son contenu reste centré sur la science générale, réduisant ainsi sa diversité dans d'autres domaines professionnels.
- **Assemblr EDU** : est la plateforme unique permettant aux élèves et aux enseignants de profiter pleinement de l'apprentissage en 3D et en réalité augmentée (RA). Grâce à la technologie de réalité augmentée (RA), les enseignants peuvent présenter des leçons interactives en 3D avec photos, vidéos et textes en une minute. Vous trouverez également des dizaines de plans de cours, de modules et de contenus pédagogiques gratuits, facilement accessibles via l'application [25].

2.9 Particularité par rapport à celles existantes

Par rapport aux applications pédagogiques telles que Foxar, Merge Cube Anatomie 4D, et l'edu assemblr,... mentionnées ci-dessus qui se caractérisent par l'enseignement scolaire ou les sciences théoriques (astronomie), notre projet est considéré comme le premier projet algérien qui emploie la technologie de réalité augmentée dans le domaine de la formation professionnelle. C'est ce qui en fait un projet unique et pionnier au niveau national, car il répond aux besoins réels au sein des centres de formation professionnelle, notamment dans le domaine des expérimentations en laboratoire difficiles à mettre en œuvre pour des raisons de coût ou de sécurité. Notre projet est basé sur une approche appliquée et professionnelle visant spécifiquement les stagiaires ainsi que ceux des centres de formation professionnelle, et leur fournit des contenus interactifs et immersifs sans avoir besoin d'équipements de laboratoire sous forme d'équipements et de produits chimiques. De plus, l'application prend en charge trois langues de base : l'arabe, le français et l'anglais, ce qui garantit l'inclusion et l'ouverture aux différents groupes et stagiaires. Nous pouvons également améliorer et développer cette application en nous étendant à divers domaines professionnels, et non limités à une spécialité spécifique, ce qui lui confère une grande flexibilité dans l'emploi pédagogique. Ainsi, le projet n'est pas seulement un outil éducatif numérique, mais une solution technologique stratégique qui contribue à la modernisation du système de formation professionnelle en Algérie et suit les tendances mondiales vers l'apprentissage numérique interactif.

2.10 Conclusion

Avec le développement rapide des technologies numériques, il est devenu nécessaire de repenser les méthodes d'enseignement et de formation professionnels en Algérie. La réalité augmentée s'impose comme l'une des solutions innovantes les plus prometteuses dans le domaine de la formation professionnelle, permettant aux enseignants et aux stagiaires d'accroître leurs connaissances en introduisant cette technologie moderne.

Nous proposons une application de réalité augmentée pour la formation professionnelle afin de contribuer à l'amélioration de l'apprentissage de manière interactive.

Chapitre 3

Conception

Conception

3.1 Introduction

De nombreux formateurs et stagiaires des instituts de formation professionnelle sont confrontés à des défis au cours de leurs études, tels que la difficulté à comprendre des concepts abstraits, en particulier dans les aspects théoriques et les expériences de laboratoire, ainsi qu'une interaction médiocre et un manque de motivation, ainsi que l'inefficacité des méthodes traditionnelles d'éducation.

La réalité augmentée apporte plusieurs applications et solutions prometteuses à ces problèmes. Grâce à son utilisation par les professeurs et les stagiaires la visualisation de concepts complexes et leur immersion de manière interactive et fluide, ce qui facilite leur compréhension et leur assimilation.

La réalité augmentée permet également de personnaliser le processus d'apprentissage, en adaptant le contenu et les activités aux besoins de chaque stagiaire individuellement. De cette manière, les stagiaires sont en mesure de surmonter les défis et l'ennui d'apprentissage auxquels ils sont confrontés et d'améliorer concrètement et efficacement leurs performances académiques.

Dans ce chapitre, nous aborderons le contexte, les objectifs et les outils et technologies adoptés dans la conception et le développement de notre application basée sur la réalité augmentée.

3.2 Contexte du projet

Le projet vise à développer une application mobile ou tablette utilisant la réalité augmentée (RA) pour améliorer l'apprentissage et la formation dans

des environnements professionnels spécifiques. L'application doit permettre aux utilisateurs d'interagir avec des objets en 3D, des animations, et des informations supplémentaires superposées sur le monde réel, afin de faciliter l'acquisition de compétences pratiques et théoriques.

3.3 Analyse des besoins

Dans le cadre de l'intégration de la réalité augmentée dans la formation professionnelle, il est essentiel de définir clairement les objectifs pédagogiques. Les principaux objectifs visés sont les suivants :

- Améliorer l'apprentissage pratique en simulant des situations professionnelles réelles.
- Faciliter la compréhension de concepts complexes grâce à la visualisation 3D interactive.
- Permettre une formation immersive sans risque et à moindre coût.
- Favoriser l'accessibilité et la personnalisation des formations selon les besoins de chaque utilisateur.

3.3.1 Définition des besoins

- **Description de l'application :** La solution technologique que nous proposons s'inscrit pleinement dans une dynamique d'innovation pédagogique appliquée à la formation professionnelle en Algérie. En exploitant les avancées offertes par la réalité augmentée, cette application permettra aux apprenants de plonger dans un environnement interactif où objets virtuels et monde réel se superposent harmonieusement. L'intégration de fonctionnalités RA avancées favorisera l'acquisition de compétences pratiques de manière immersive, intuitive et contextualisée.
- **Les besoins fonctionnels :**
 - **Réalité augmentée (RA) :**
 - Affichage d'éléments 3D interactifs sur l'écran du dispositif (tablette, smartphone).
 - Superposition d'informations pédagogiques sur le monde réel (texte, images, vidéos).
 - Utilisation de la caméra pour intégrer l'environnement réel avec des objets virtuels.

- **Navigation et interaction :**
 - Interface utilisateur intuitive permettant de sélectionner des exercices, des scénarios ou des démonstrations interactives.
 - Commandes gestuelles pour interagir avec les objets et scènes en RA.
- **Simulations pratiques :**
 - Scénarios immersifs reproduisant des situations professionnelles réalistes (par exemple, maintenance d'une machine).
 - Démonstrations et tutoriels en 3D pour l'apprentissage de procédures complexes.
- **Multiplateforme :**
 - L'application doit être disponible sur plusieurs plateformes (iOS, Android) et être compatible avec des appareils variés (smartphones, tablettes).
- **Multilingue :**
 - L'application doit être disponible dans plusieurs langues pour un public multilingue (Arabe, Français et Anglais).
- **Besoins Non Fonctionnels :** Les besoins non fonctionnels définissent les caractéristiques que l'application doit posséder pour garantir une expérience optimale. Notre application doit répondre aux critères suivants :
 - **Rapidité de traitement de l'image scannée :** L'affichage des objets 3D doit être instantané pour assurer une interaction fluide.
 - **Performance :** L'application doit être performante et optimisée afin d'offrir une expérience immersive aux utilisateurs.
 - **Convivialité :** L'interface doit être intuitive et facile à utiliser garantissant une prise en main rapide.
 - **Attractivité des interfaces :** Le design des interfaces doit être esthétique et engageant pour capter l'attention et stimuler l'intérêt des apprenants.

3.4 Etape de réalisation de l'application RA pour la formation professionnelle

Les principales actions que le créateur de l'application pédagogique peut entreprendre lorsqu'il conçoit une application de réalité augmentée pour la formation professionnelle destiné aux formateurs et stagiaires :

Analyse et conception pédagogique

- **Définition des objectifs de formation et du public cible**
Identifier clairement les compétences à acquérir, les besoins des formateurs et des stagiaires en matière d'enseignements et de travaux pratiques, ainsi que leur niveau de connaissances et leurs attentes.
- **Conception de scénarios éducatifs** Le développement d'un scénario réaliste et attrayant qui intègre la réalité augmentée comme support pédagogique rend les apprenants et les deux composantes immersifs et interactifs (par exemple simulation, démonstration exercices interactifs).

3.5 Conception générale de l'application

Dans cette section, nous allons présenter la conception adoptée pour réaliser efficacement le travail demandé. Pour cela, nous commencerons par exposer une vue d'ensemble de la conception générale, suivie d'une description détaillée des différents éléments qui la composent. (Voir la figure 3.1)

La conception globale

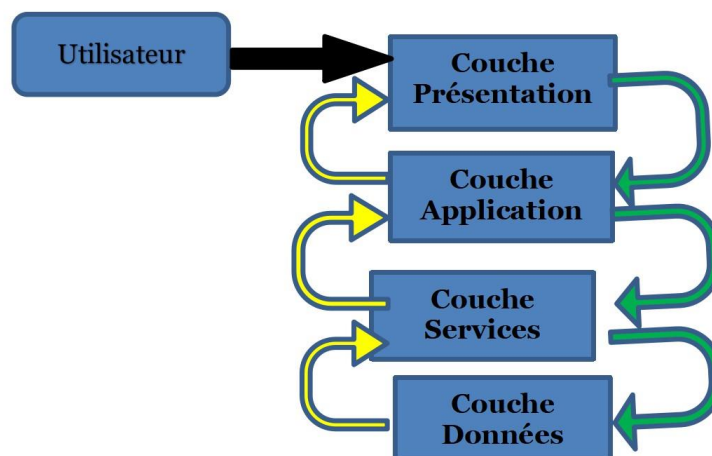


Figure 3.1 – Architecture général de l'application

Pour garantir une application performante et évolutive, nous avons adopté une architecture en plusieurs couches. Cette organisation permet une séparation claire des responsabilités, ce qui facilite la maintenance et l'ajout de nouvelles fonctionnalités.

- **La couche Présentation :** C'est l'interface visible de l'application celle avec laquelle l'utilisateur interagit.

Elle est responsable de l’affichage des éléments en réalité augmentée et doit offrir une expérience fluide et intuitive.

- **La couche Application** : Elle joue un rôle central dans le fonctionnement de l’application. C’est ici que se gèrent les interactions avec l’utilisateur, les événements liés à ARCore et les différentes transitions entre les vues.
- **La couche Services Métier** : Cette partie est dédiée aux fonctionnalités avancées comme la détection et le suivi d’objets, le rendu des modèles 3D et la gestion des animations. C’est cette couche qui donne vie à l’expérience en réalité augmentée.
- **La couche Données** : Elle stocke et gère toutes les informations nécessaires au bon fonctionnement de l’application. Que ce soit des données locales ou issues de sources externes, cette couche assure leur disponibilité et leur fiabilité.

Cette architecture garantit une modularité et une évolutivité optimales facilitant ainsi l’amélioration des performances et l’ajout progressif de nouvelles fonctionnalités. Grâce à cette structure bien définie. Il devient plus simple d’adapter l’application aux besoins des utilisateurs et aux évolutions technologiques.

3.6 Conception de détaillé de l’application

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 [22] (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 trois (03) diagrammes : le diagramme de cas d’utilisation et un diagramme de séquence et le diagramme de classes.

3.6.1 Diagramme des cas d’utilisation

Le diagramme de cas d’utilisation montre ce que l’utilisateur peut faire lors de l’utilisation de l’application. (Voir la figure 3.2)

Le tableau suivant résume les cas d’utilisations ou fonctionnalité de notre projet :

Acteur	Tâches / cas d'utilisation
Utilisateur (Formateur ou Stagiaire)	<ul style="list-style-type: none"> — Choisir la langue (arabe, français ou anglais) — Commencer l'application — Créer un compte — Connecter — Choisir la spécialité appropriée — Scanner marqueur (Image Target) — Voir le contenu (Menu) spécialité — Voir leçons, TP, dictionnaire, évaluation en RA — Quitter l'application

Table 3.1 – Résumé des cas d'utilisations de l'application

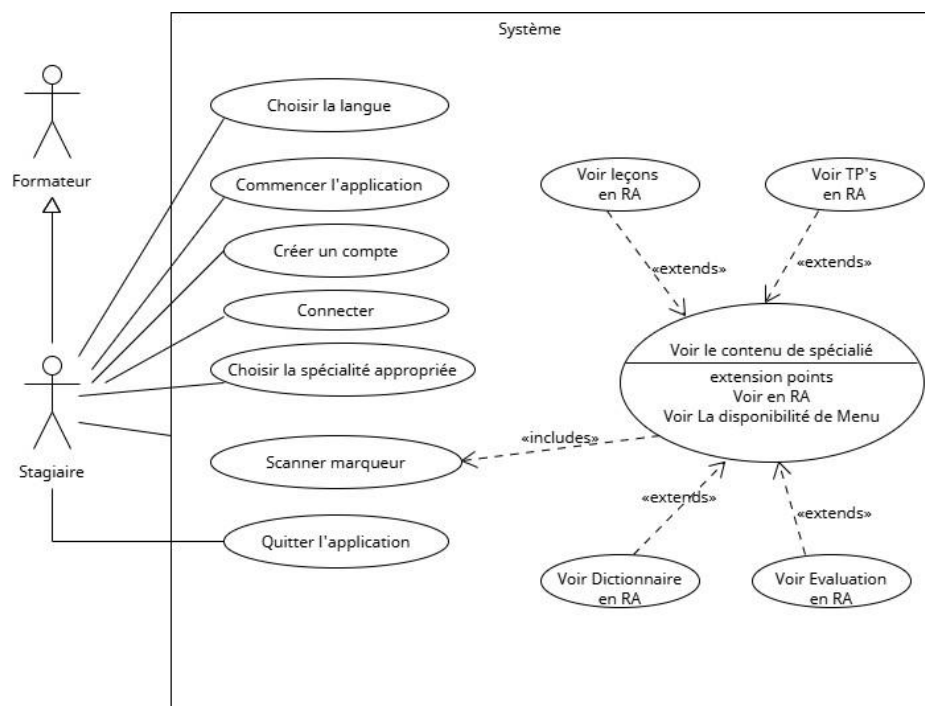


Figure 3.2 – Diagramme de cas d'utilisation

Ce diagramme montre le parcours logique d'interaction de l'utilisateur avec le système et met en évidence l'intégration de la réalité augmentée dans la formation professionnelle. Le formateur hérite des privilèges du stagiaire ce qui signifie qu'il peut réaliser toutes les actions accessibles à ce dernier, tout en bénéficiant de fonctionnalités supplémentaires. Les utilisateurs ont la possibilité d'effectuer plusieurs actions de base, telles que choisir la langue démarrer l'application, créer un compte, se connecter, sélectionner une spécialité et quitter l'application. Pour accéder au contenu pédagogique.

Il est impératif de scanner un marqueur, étape obligatoire (relation «include») qui déclenche l’affichage du contenu en réalité augmentée. Une fois cette étape franchie, l’utilisateur peut consulter le contenu lié à la spécialité choisie, qui constitue le cœur de l’expérience éducative. Ce contenu peut être enrichi par des fonctionnalités complémentaires telles que l’affichage des cours en RA, la consultation de travaux pratiques, l’accès à un dictionnaire interactif ou encore la réalisation d’évaluations. Ces fonctionnalités sont optionnelles et dépendent du contexte d’utilisation (relation « extend »).

3.6.2 Diagramme de séquence

Le diagramme de séquence montre les interactions entre le l’application et les acteurs en suivant un ordre chronologique. On a deux diagrammes de séquences. (Voir la figure 3.3)

➤ **Diagramme de séquence (Authentification)**

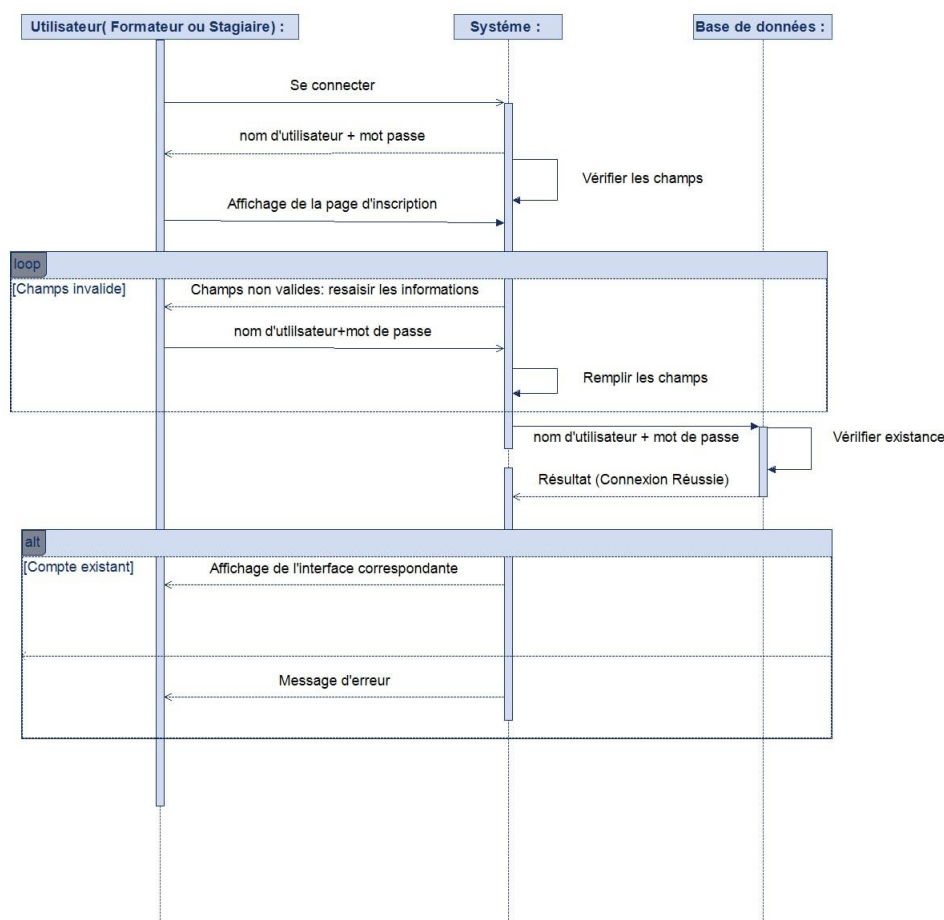


Figure 3.3 – Diagramme de séquence (Authentification)

Certaines actions au sein de l’application nécessitent l’authentification

de l'utilisateur est montrée la séquence d'interactions entre l'utilisateur et le système lors du processus d'authentification.

➤ **Diagramme de séquence (Menu)**

Ce diagramme de séquence décrit le fonctionnement d'une application de réalité augmentée utilisée en formation professionnelle. L'utilisateur (Formateur ou stagiaire) choisit une spécialité, ce qui déclenche l'ouverture de la caméra et l'affichage d'un menu. Il peut ensuite sélectionner un contenu pédagogique (leçon, TP, dictionnaire...), que le système détecte et affiche en surimpression sur l'environnement réel. L'utilisateur interagit avec ce contenu via des boutons interactifs, puis quitte l'application une fois terminé. Le diagramme met en évidence l'interaction entre l'utilisateur, le système et la caméra pour offrir une expérience pédagogique immersive.

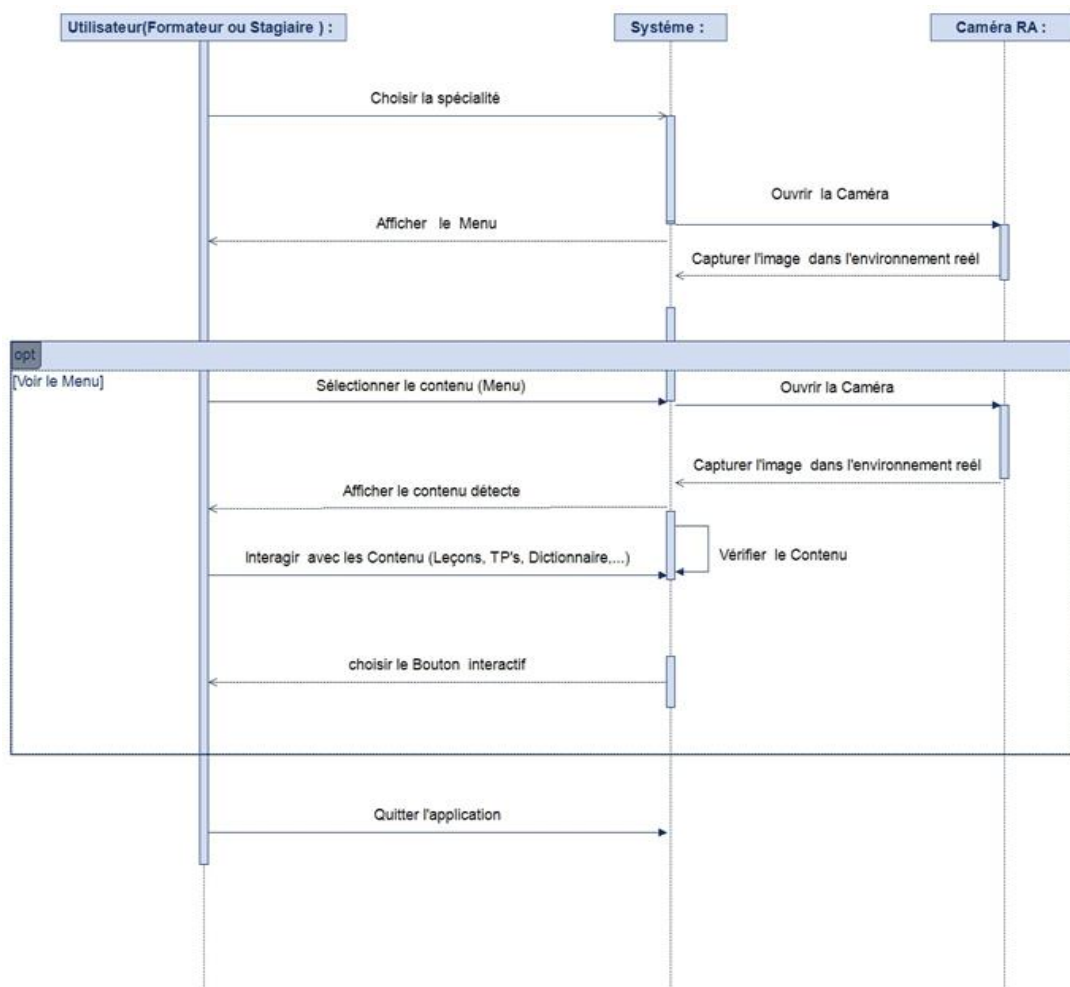


Figure 3.4 – Diagramme de séquence (Menu)

3.6.3 Diagramme de classes

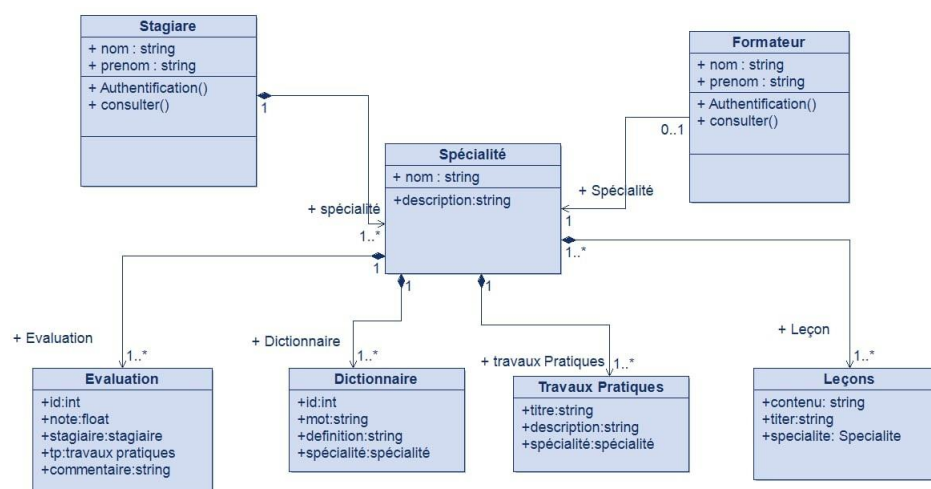


Figure 3.5 – Diagramme de classes

Ce diagramme de classes UML représente un système de gestion pour une plateforme de formation professionnelle structurée autour des spécialités. Les deux utilisateurs principaux sont le stagiaire (apprenant) et le formateur (enseignant). Chaque stagiaire est obligatoirement associé à une seule spécialité, tandis qu’un formateur peut être lié à zéro ou une spécialité. La spécialité constitue l’élément central du système, autour duquel gravitent plusieurs entités pédagogiques : les leçons, les travaux pratiques, le dictionnaire de termes, et les évaluations.

Chaque spécialité possède un ensemble de leçons (avec un titre et un contenu), de travaux pratiques (avec un titre et une description), et un dictionnaire de définitions propres au domaine étudié. Le stagiaire peut consulter ce contenu après authentification. Lorsqu’un stagiaire réalise un travail pratique, une évaluation est enregistrée, comprenant une note, un commentaire, le stagiaire concerné, et le travail pratique évalué.

Le formateur a également la capacité de s’authentifier et de consulter les contenus, bien que son rôle exact dans la création ou la gestion des contenus ne soit pas spécifiquement défini dans ce diagramme. Le modèle offre ainsi une architecture claire et modulaire permettant de gérer des parcours de formation personnalisés par spécialité, tout en intégrant l’apprentissage théorique, pratique, terminologique, et l’évaluation.

3.7 Conclusion

Ce chapitre a posé les bases nécessaires à la conception d'une application de réalité augmentée dédiée à la formation professionnelle, en soulignant l'importance d'adopter une approche pédagogique interactive et immersive. Il a également détaillé les différentes étapes de conception requises pour créer une expérience d'apprentissage riche et adaptée aux besoins des formateurs et des stagiaires. Le chapitre suivant transformera ces concepts en une application concrète, ouvrant la voie à une nouvelle ère de formation innovante et efficace.

Chapitre 4

Implémentation

Implémentation

4.1 Introduction

Dans ce dernier chapitre, nous avons traité des aspects pratiques de la mise en œuvre de l'application de réalité augmentée pour la formation professionnelle, après avoir exposé les aspects théoriques, fonctionnels et techniques dans les chapitres précédents. Et aussi, nous présenterons les outils et le langage de programmation utilisés pour mener à bien ce travail. De plus nous présenterons notre application et discuterons des résultats obtenus après les tests.

4.2 Objectifs de l'application

Ce projet vise à créer un accompagnement à la formation spécifiquement destiné aux apprenants de la formation professionnelle (stagiaires ou formateurs), dans le but d'améliorer et de développer leurs compétences d'apprentissage afin d'être plus efficaces tout en maintenant l'apprentissage de manière traditionnelle. L'idée est de concevoir une expérience immersive utilisant la réalité augmentée pour enrichir le contenu pédagogique.

4.3 Architecture proposée de l'application

La structure de notre système est une application éducative de formation professionnelle, basée sur les technologies de réalité augmentée (RA) développée à l'aide de la plateforme Unity et du moteur Vuforia.

Il s'adresse aux instructeurs et aux stagiaires, et s'utilise via un appareil mobile équipé d'une caméra et d'un moniteur. L'application permet d'afficher des contenus éducatifs interactifs tels que des objets 3D, des vidéos et des textes sur l'environnement réel. Le système comprend une interface utilisateur qui facilite l'accès aux leçons, aux travaux appliqués, au dictionnaire et aux évaluations et dispose d'une base de données locale pour stocker les informations utilisateur. Il fournit également un système d'interaction tactile (comme appuyer, faire glisser et zoomer), ce qui améliore l'expérience d'apprentissage et la rend plus réaliste et interactive, en particulier dans les expériences de laboratoire. (Voir la figure 4.1)

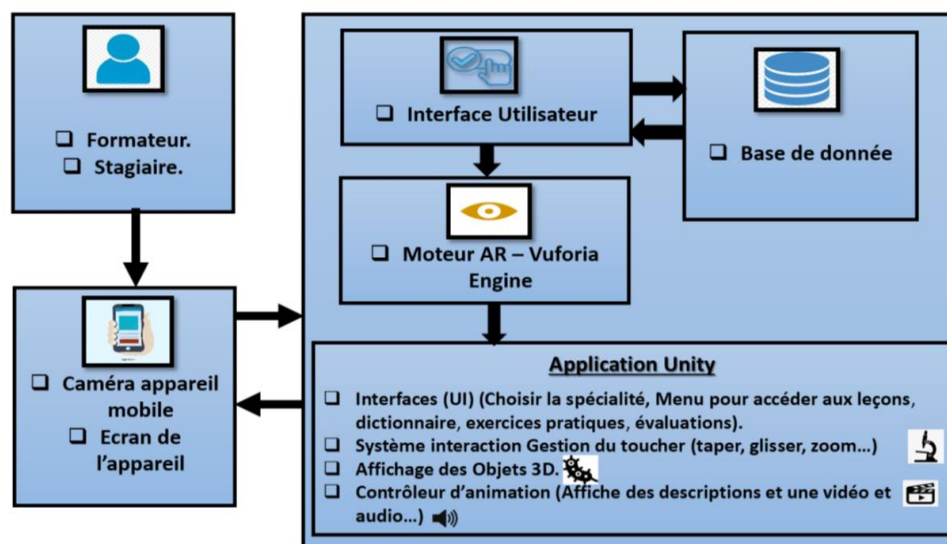


Figure 4.1 – Architecture proposée de l'application

4.4 Choix techniques

4.4.1 Choix du logiciel de modélisation 3D

Blender est un logiciel de création 3D gratuit et open source, actuellement développé par la Fondation Blender. Nous l'avons utilisé pour créer les objets 3D format (fbx ou obj) nécessaires à la modélisation des scènes [25]. Exemple voir la figure 4.2.

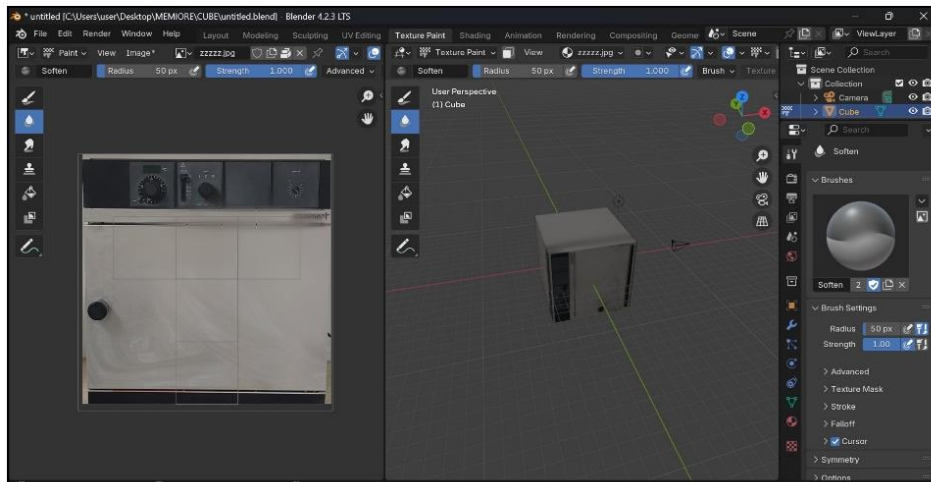


Figure 4.2 – Modélisation avec Blender (incubateur)

4.4.2 Choix du moteur de développement et de l'IDE

— Unity 3D :

- **Description** : Unity est un puissant moteur de jeu multiplateforme largement utilisé pour développer des applications de réalité augmentée (RA). Il offre des fonctionnalités robustes pour le rendu graphique 3D, les simulations physiques et les expériences interactives.
- **Utilisation** : Unity servira de plateforme de développement principale pour créer le composant de visionneuse RA de l'application et gérer l'affichage du contenu 3D.
- **Fonctionnalités** :
 - Gestion de scène pour organiser les environnements virtuels.
 - Importation et gestion d'actifs pour manipuler les modèles 3D, les textures et les animations.
 - Support de script en utilisant C# pour implémenter la logique d'application et les interactions.
 - Intégration avec les SDK RA comme Vuforia pour des expériences RA basées sur des marqueurs

— Vuforia SDK :

- **Description** : Vuforia est une trousse de développement logiciel (SDK) de réalité augmentée qui offre des outils pour créer des expériences RA basées sur des marqueurs. Il permet aux développeurs de détecter et de suivre des marqueurs, tels que

des codes QR, et de superposer du contenu numérique dans le monde réel.

- **Utilisation :** —Vuforia sera utilisé pour détecter les marqueurs et code QR et déclencher l’affichage du contenu 3D associé. (Voir la figure 4.3)
- **Fonctionnalités :**
 - Algorithmes de détection et de suivi de marqueurs.
 - Prise en charge de divers types de marqueurs, y compris les codes QR, les images et les objets.
 - Intégration avec Unity via Vuforia Engine pour un développement fluide.

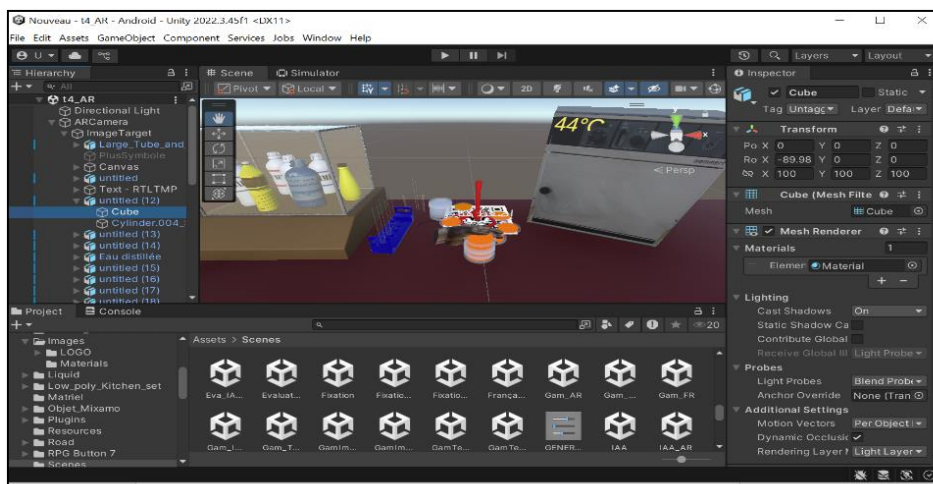


Figure 4.3 – Développement de l’expérience RA dans Unity

4.4.3 Choix du langage de programmation C#

- **Description :** C# est un langage de programmation polyvalent couramment utilisé pour développer des applications sur la plateforme Unity. Il offre un ensemble robuste de fonctionnalités, notamment des capacités de programmation orientée objet (OOP), une gestion de la mémoire et des bibliothèques étendues.
- **Utilisation :** C# sera utilisé pour écrire des scripts dans Unity afin de gérer les interactions entre les composants de l’application, telles que la détection des codes QR, le chargement de contenu 3D et la gestion de l’authentification utilisateur.
- **Fonctionnalités :**
 - Paradigme de programmation orientée objet pour organiser le code en composants réutilisables.

- Syntaxe similaire à Java et C, ce qui facilite l'apprentissage pour les développeurs familiers avec ces langages.
- Intégration avec l'API de Unity pour accéder aux fonctionnalités du moteur de jeu.

4.4.4 Choix du logiciel de conception graphique (vidéo, logo, textures, marqueurs)

- **Polycam** : est une application leader pour la capture des destinées aux appareils iPhone et iPad. Il permet de créer des objets 3D de haute qualité à l'aide de photos prises par téléphone ou tablette. Les modèles tridimensionnels peuvent être modifiés directement sur l'appareil, puis exportés dans plus d'une douzaine de formats différents de fichiers de modèles. Nous l'avons utilisé dans du matériel de laboratoire en photographie puis il est conçu dans Blender.
- **Adobe Photoshop** : 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 initialement créé en 1988 par Thomas et John Knoll. Il s'agit d'un logiciel payant, accessible par abonnement mensuel ou annuel, selon le choix de l'utilisateur [26].

Dans le cadre de notre projet, il a été utilisé pour concevoir le logo de l'application, modifier certaines textures et créer le marqueur utilisé.

4.5 Présentation de l'application

Dans cette partie, nous allons présenter quelques interfaces de l'application.

4.5.1 Téléchargement de l'application

L'utilisateur doit scanner le code QR placé sur la table de la salle de cours dans le laboratoire ou à tout autre endroit, à l'aide de la caméra de son appareil, ce qui déclenche le téléchargement de l'application de réalité augmentée liée à ce module éducatif destiné à la formation professionnelle sur le même appareil. (Voir la figure 4.4)

— Image Target (Code QR)



Figure 4.4 – Le code QR

4.5.2 Icône de l'application

Nous avons nommé notre application "FPRO_RA", un nom simple et direct qui décrit bien le concept de notre projet, une application éducative en réalité augmentée pour la formation professionnelle. Il explique aux stagiaires et aux formateurs que cette nouvelle expérience pédagogique apportera un saut qualitatif dans le domaine de la formation professionnelle. (Voir la figure 4.5)



Figure 4.5 – Icône de l'application

4.5.3 Page d'accueil de l'application

Lorsque l'utilisateur ouvre l'application, il est accueilli par la page illustrée à la figure 4.6. Cette page constitue la porte d'entrée de notre application éducative. Elle offre à l'utilisateur la possibilité de choisir la langue d'utilisation (arabe français ou anglais), facilitant ainsi un accès interactif et personnalisé au contenu.



Figure 4.6 – La page d'accueil de l'application

4.5.4 Page de connexion

Lorsque l'utilisateur clique sur le bouton de Commencer voir la figure 4.7a L'interface apparaît la page de connexion d'une application éducative dédiée à la formation professionnelle. Elle permet à l'utilisateur de créer un nouveau compte via le bouton "Créer Un Compte" ou de se connecter s'il possède déjà un compte, en saisissant son nom d'utilisateur et son mot de passe. Voir la figure 4.7b représente la page de connexion.



(a) La page d'accueil.



(b) La page de connexion.

Figure 4.7 – La page d'accueil et la page de connexion

4.5.5 Page de choix de la spécialité

Cette interface permet à l'utilisateur de choisir la spécialité, en proposant deux options : Contrôle qualité en agroalimentaire (IAA) et Chimie industrielle (CIP). La figure 4.8 représente la page de choix de la spécialité.



Figure 4.8 – La page de choix de la spécialité

4.5.6 Lancement de l'application RA pour la spécialité IAA

Lors du clic sur la spécialité **IAA** (Contrôle de qualité en agroalimentaire). L'utilisateur est invité à diriger la caméra de son téléphone vers un code QR. Une interface interactive apparaît alors, contenant une présentation de la spécialité des cours théoriques, des travaux pratiques, un dictionnaire de termes, ainsi qu'un système d'évaluation destiné aux stagiaires. La figure 4.9 représente la page du Menu de la spécialité **IAA**.



Figure 4.9 – Le menu principal de la spécialité IAA

À chaque interaction, l'utilisateur doit orienter la caméra vers une image cible (Code QR) pour activer le contenu en réalité augmentée.

4.5.7 Le dictionnaire inclus dans l'application

L'application propose un dictionnaire interactif en réalité augmentée pour faciliter la compréhension des termes scientifiques.

Étape 1 : L'utilisateur saisit un terme dans la barre de recherche « Dictionnaire » ; simultanément, une scène en réalité augmentée s'affiche avec un personnage et des instruments scientifiques intégrés à l'environnement réel.

Étape 2 : Une définition simple et accessible du terme recherché est présentée tout en maintenant l'affichage de la scène en réalité augmentée en arrière-plan.

Étape 3 : Un visuel explicatif (schéma ou image) est ajouté, accompagné d'outils interactifs (ex. : pointeur), renforçant la compréhension du terme.

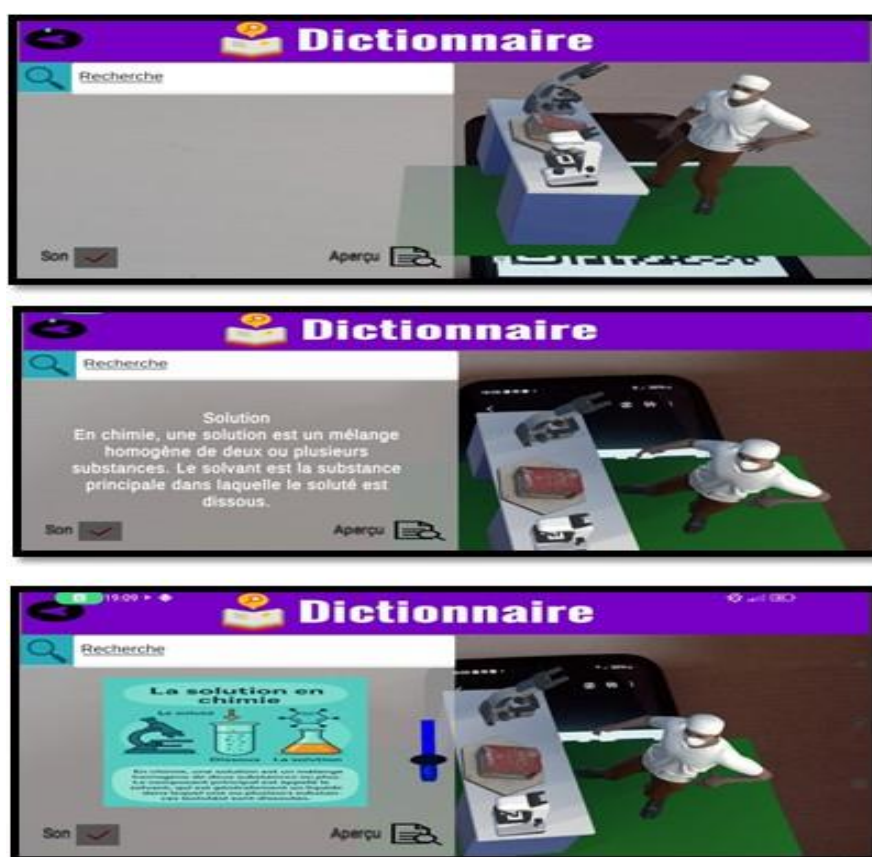


Figure 4.10 – Le dictionnaire de la spécialité IAA

4.5.8 Exemples de travaux pratiques de la spécialité IAA et leçons (arabe) de la spécialité CIP

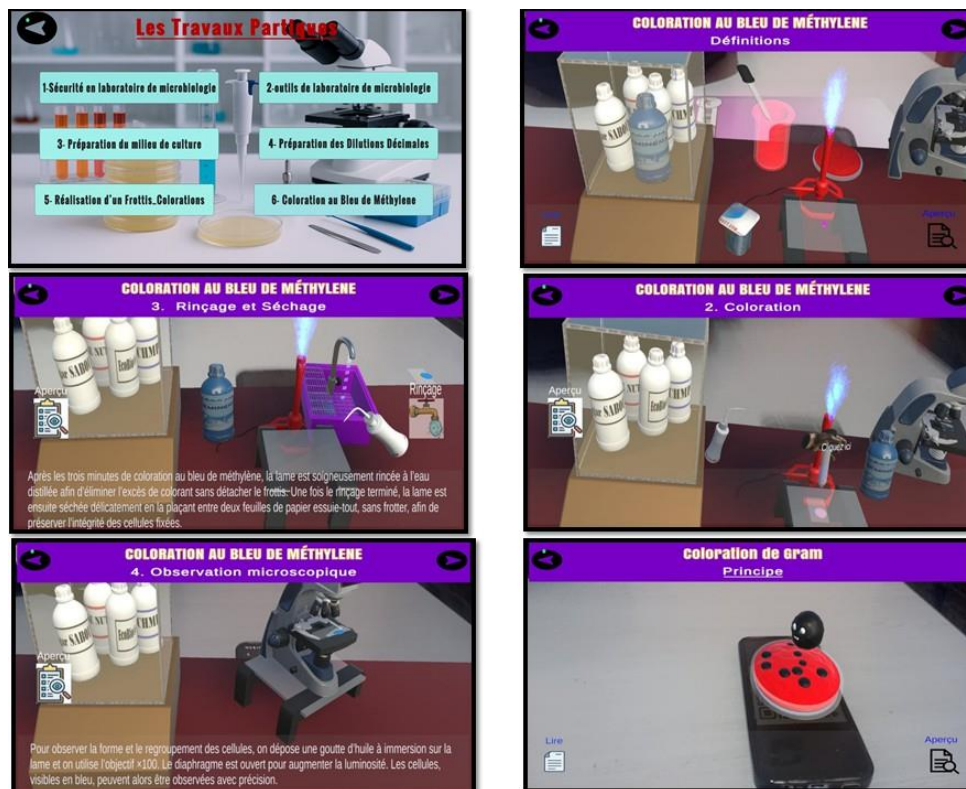


Figure 4.11 – Exemples de travaux pratiques de la spécialité IAA



Figure 4.12 – Exemples de leçons (arabe) de la spécialité CIP

Notre application comprend plus de **400 scènes** réparties sur deux spécialités immergeant les utilisateurs dans des environnements de réalité augmentée. Cette approche leur permet d'apprendre et de s'exercer de manière efficace notamment

lors des interactions et de l'immersion dans des expériences de laboratoire ou des cours théoriques intégrant des vidéos, des enregistrements audio, des animations et des objets 3D. (Voir les figures 4.11 et 4.12)

4.6 Tests, Résultats et discussions

4.6.1 Tests

Pour tester notre application, nous nous sommes rendus à l'Institut National Spécialisé de Formation Professionnelle (INSFP) "**HASSANI Bounab**" à Biskra, où nous avons présenté notre application aux stagiaires des spécialités «Contrôle de qualité en agroalimentaire (IAA) et Chimie industrielle (CIP).

Nous avons expliqué l'utilisation de l'application (Figure 4.13), comme suit :

Présenter l'interface de l'application ainsi que ses fonctionnalités de base.

Expliquer les étapes nécessaires pour interagir avec les éléments affichés en réalité augmentée.

Démontrer comment utiliser un smartphone ou une tablette pour orienter l'appareil photo vers le marqueur (code QR).

Clarifier le mécanisme d'apparition des objets 3D et des informations interactives, ainsi que des images et vidéos, en fonction du contenu des cours.

Fournir des exemples de leçons théoriques et illustrer la détermination des mots-clés.

Montrer la manière de participer à l'évaluation.

Après avoir présenté le mode d'utilisation de l'application, un groupe d'une trentaine de stagiaires a été invité à la tester directement afin de se familiariser avec ses fonctionnalités.

Un questionnaire a également été distribué aux stagiaires et aux formateurs pour évaluer leur niveau de connaissance ainsi que leur disposition à intégrer la technologie de la réalité augmentée dans la formation professionnelle à l'Institut de **HASSANI Bounab**. Le questionnaire utilisé pour cette étude est présenté en Annexe.

Le questionnaire a ciblé différentes catégories de participants, comprenant des formateurs, des stagiaires, des responsables de formation, ainsi que des personnes occupant d'autres fonctions à l'intérieur et à l'extérieur de l'institut, ce qui permet d'obtenir une vision globale et diversifiée des points de vue sur ce sujet.

Le questionnaire a été diffusé sur une période de deux semaines, et les réponses ont été recueillies via la plateforme Google Forms, ce qui a facilité le processus d'analyse et d'évaluation.

Afin de faciliter la compréhension et d'assurer une participation efficace de toutes les catégories ciblées, le questionnaire a été rédigé en langue arabe.



Figure 4.13 – Présentation de l'application aux stagiaires

4.6.2 Résultats

Résultats du test de l'application

Après avoir terminé les tests de l'application, les résultats ont révélé un haut niveau d'acceptation, principalement en raison de son interface multilingue (permettant l'utilisation de trois langues différentes). L'intégration de la technologie de la réalité augmentée dans le processus d'enseignement a été largement appréciée tant par les formateurs que par les stagiaires de l'institut de formation professionnelle.

Le groupe de stagiaires ayant testé directement l'application a montré un niveau élevé de concentration ainsi qu'un intérêt marqué pour ce domaine. Plusieurs d'entre eux ont manifesté une curiosité intellectuelle, exprimée par de nombreuses questions sur cette technologie innovante, qu'ils perçoivent comme un outil pédagogique efficace, susceptible de renforcer l'apprentissage et la révision de manière interactive, immersive et stimulante. Ils ont également salué le fait que l'application ait un outil d'auto-évaluation efficace qu'ils peuvent utiliser en dehors des périodes de formation et d'enseignement formelles, ce qui renforce l'indépendance des apprenants et augmente leur motivation à apprendre.

De manière générale, l'accueil de cette expérience éducative moderne a été très positif, indiquant sa capacité à être intégrée dans les futurs programmes de formation professionnelle.

Résultats du questionnaire



Figure 4.14 – Question 1 et 2



Figure 4.15 – Question 3 et 4

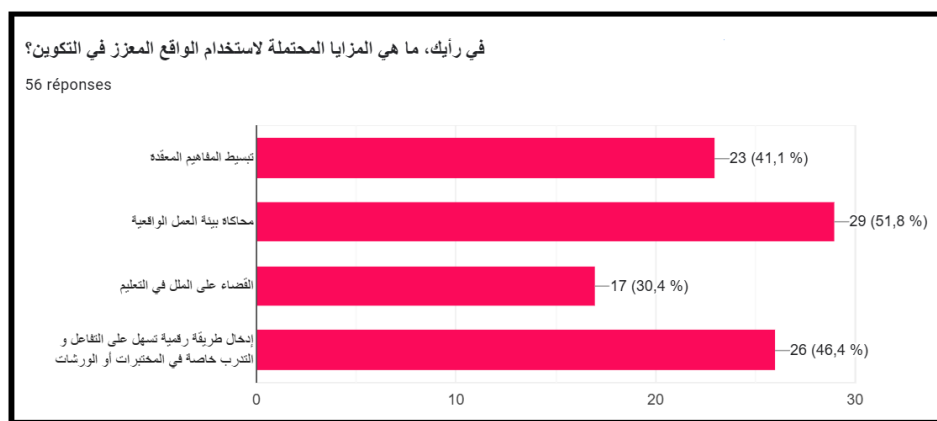
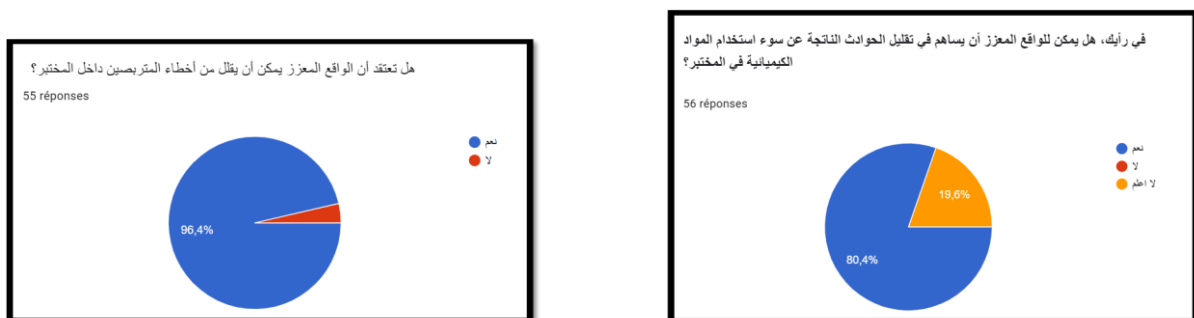
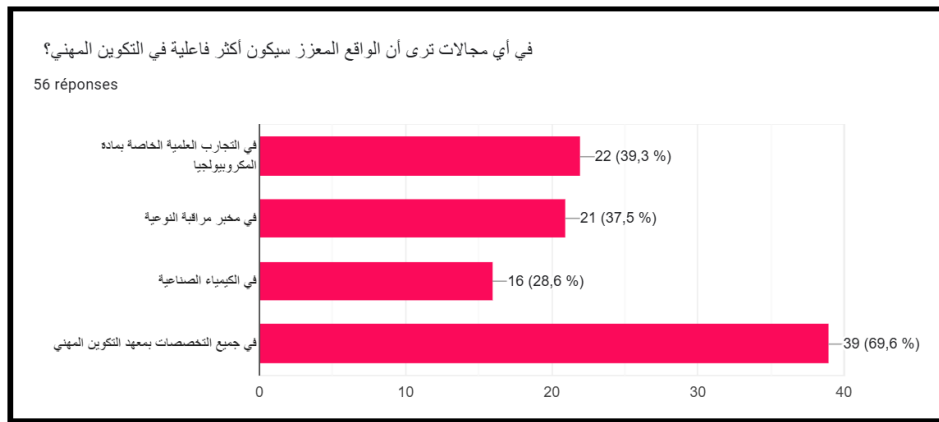


Figure 4.16 – Question 5



expériences en laboratoire. Ces fonctionnalités contribuent à améliorer le processus d'enseignement et à renforcer la compréhension, facilitant ainsi la transition d'un modèle éducatif traditionnel vers un modèle interactif basé sur les technologies de la réalité augmentée.

Les résultats du questionnaire ont révélé une large adhésion à l'idée d'intégrer la technologie de la réalité augmentée dans la formation professionnelle. En effet, la majorité des participants, qu'ils soient formateurs ou stagiaires, ont exprimé leur volonté d'adopter cette technologie en raison de son rôle dans l'amélioration de la qualité de l'apprentissage et l'augmentation de l'interaction, notamment lors des expériences en laboratoire. L'application développée a été présentée aux participants accompagnée d'une explication détaillée de ses fonctionnalités, ce qui a renforcé leur compréhension et leur perception de son potentiel.

Notre application constitue l'une des premières initiatives en Algérie dans ce domaine, lui conférant ainsi une dimension pionnière qui reflète l'orientation vers le développement de l'enseignement et de la formation dans le cadre de la formation professionnelle. Nous aspirons à développer davantage l'application à l'avenir, en élargissant son champ d'application pour couvrir d'autres spécialités.

4.7 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons expliqué les différents outils et techniques utilisés pour développer notre application. Nous avons également montré un aperçu complet de l'application telle qu'elle est présentée dans sa version finale, en montrant quelques interfaces et scénarios d'utilisation illustrés par des captures d'écran.

Conclusion Générale

Le secteur de la formation professionnelle en Algérie connaît une transformation progressive grâce aux avancées technologiques. Toutefois, l'intégration de la réalité augmentée (RA) reste encore limitée, alors même qu'elle représente une véritable révolution dans les méthodes d'apprentissage et de formation.

Contrairement à l'idée reçue selon laquelle la réalité augmentée est réservée aux domaines du divertissement ou de l'enseignement académique, cette technologie s'impose désormais comme un outil efficace pour renforcer les compétences des apprenants, notamment dans les expériences de laboratoire, en facilitant la compréhension des concepts techniques et l'acquisition des gestes professionnels, surtout dans les environnements industriels et techniques.

En intégrant des éléments interactifs tels que des animations, des vidéos explicatives et des modèles 3D, les apprenants peuvent vivre une expérience pédagogique immersive, interactive et sécurisée. Cela leur permet d'acquérir les compétences de manière pratique, sans nécessiter de présence physique dans un laboratoire ou d'utilisation d'équipements coûteux ou potentiellement dangereux (ex. produits chimiques).

Dans le cadre de ce projet, nous avons développé une application en réalité augmentée dédiée à la formation professionnelle. Lors de l'ouverture du guide de formation, un QR code permet au stagiaire de télécharger l'application. Ensuite, à l'aide de leur smartphone, les apprenants peuvent scanner un marqueur visuel placé dans l'atelier ou la salle de cours, ce qui déclenche l'affichage d'un contenu pédagogique adapté à chaque étape ou module de formation.

Grâce à notre application, les stagiaires peuvent visualiser des procédures de travail étape par étape, interagir avec des modèles 3D d'équipements ou d'outils, écouter des explications audio multilingues et répéter les expériences autant de fois que nécessaire pour maîtriser les gestes professionnels.

Perspectives

Malgré des résultats encourageants, plusieurs pistes d'amélioration sont envisageables pour enrichir ce type d'application :

- Élargir le contenu pédagogique à d'autres spécialités de la formation professionnelle.
- Assurer la compatibilité avec tous les types d'appareils mobiles, en proposant notamment des versions allégées pour les smartphones à faible performance.
- Combiner la réalité virtuelle (VR) avec la réalité augmentée (AR) pour créer des environnements de formation encore plus immersifs et efficaces.

Bibliographie

- [1] Augmented Reality. *Qu'est-ce que la réalité augmentée ?* Fév. 2024. url : <https://www.augmented-reality.fr/cest-quoi-la-realite-augmentee/> (visité le 01/02/2024).
- [2] Artefacto AR Team. *Qu'est-ce que la réalité augmentée ?* Fév. 2024. url : <https://www.artefacto-ar.com/realite-augmentee/> (visité le 01/02/2024).
- [3] Julien Bergounhoux. *Apple dévoile le Vision Pro, son casque de réalité mixte ultra haut de gamme à 3499 dollars.* Fév. 2024. url : <https://www.usine-digitale.fr/article/apple-devoile-le-vision-pro-son-casque-de-realite-mixte-ultra-haut-de-gamme-a-3499-dollars.N2139652> (visité le 01/02/2024).
- [4] Mathias Amber et al. “Apports et limites de la réalité virtuelle dans les pratiques médicales en 2020”. In : *IRBM News* 42.3 (2021), p. 100325.
- [5] CDCP Digital Learning. *Utilisation de la réalité augmentée dans l'éducation.* Mars 2024. url : <https://www.cdcp-tn.com/veille-du-digital-learning/realite-augmentee-au-service-de-leducation/> (visité le 01/03/2024).
- [6] Université de Poitiers. *La boîte à outils des pédagogies immersives.* Juin 2023. url : <https://imedias.univ-poitiers.fr/pedagolab/wp-content/uploads/sites/246/2023/06/DemUP-Pedagolab-Boite-a-outil-des-pedagogies-immersives.pdf> (visité le 01/02/2024).
- [7] Sarra Ait Yahia. “Le potentiel pédagogique de la réalité augmentée dans les méthodes d'apprentissage innovantes appliquées dans l'enseignement K12”. Mémoire de master. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, fév. 2024.

- [8] Microsoft Dynamics. *Qu'est-ce que la réalité augmentée ?* Fév. 2024. url : <https://dynamics.microsoft.com/fr-ca/mixed-reality/guides/what-is-augmented-reality-ar/> (visité le 01/02/2024).
- [9] Leon. *L'histoire de la réalité augmentée et son avenir*. Fév. 2024. url : <https://vr.vr-expert.com/fr/lhistoire-de-ar-et-son-avenir/> (visité le 01/02/2024).
- [10] L'Avantage GASPESien. *Quels sont les domaines qui utilisent la réalité augmentée ?* Fév. 2024. url : <https://www.lavantagegaspesien.com/article/2022/09/26/quels-sont-les-domaines-qui-utilisent-la-realite-augmentee> (visité le 01/02/2024).
- [11] Plarium. *Les meilleurs jeux en réalité augmentée*. Fév. 2024. url : <https://plarium.com/fr/blog/ar-games/> (visité le 01/02/2024).
- [12] Sarra Ait Yahia. *Le potentiel pédagogique de la réalité augmentée dans les méthodes d'apprentissage innovantes appliquées dans l'enseignement K12*. Oct. 2021. url : <https://mediatheque.univ-paris1.fr/video/2914-sarra-ait-yahia-le-potentiel-pedagogique-de-la-realite-augmentee-dans-les-methodes-dapprentissage-innovantes-appliquees-dans-lenseignement-k12/> (visité le 01/02/2024).
- [13] DigitalGuide. *Applications RA : un aperçu des meilleures applications en réalité augmentée pour iOS et Android*. Fév. 2024. url : <https://www.ionos.fr/digitalguide/web-marketing/vendre-sur-internet/applications-ra/> (visité le 01/02/2024).
- [14] Léonie Sevin. *Les différents types de réalité augmentée*. Fév. 2024. url : <https://fr.linkedin.com/pulse/les-diff%C3%A9rents-types-de-r%C3%A9alit%C3%A9-augment%C3%A9e-l%C3%A9onie-sevin> (visité le 01/02/2024).
- [15] P. Dubois, F. Aulas, I. Bouillot-Jaugey et al. *Mon encyclopédie Dokéo - Avec 35 animations en réalité augmentée - 9/12 ans*. Nathan, oct. 2020.
- [16] Les Définitions. *Définition de enseignement*. Mars 2011. url : <https://lesdefinitions.fr/enseignement> (visité le 01/02/2024).
- [17] Bien Enseigner. *Les 5 méthodes d'enseignement*. Avr. 2021. url : <https://www.bienenseigner.com/methodes-denseignement-en-didactique/> (visité le 01/02/2024).
- [18] Rajveer Singhal. *The evolution of teaching : From chalkboards to smartboards*. Sept. 2023. url : <https://www.linkedin.com/pulse/evolution-teaching-from-chalkboards-smartboards-rajveer-singhal> (visité le 01/02/2024).

- [19] J. Michelle. *From chalkboard to AI : A brief history of tech in education*. Avr. 2023. url : <https://medium.com/edureation/from-chalkboard-to-ai-a-brief-history-of-tech-in-education-68beb5f13f51> (visité le 01/02/2024).
- [20] DRAW CODE. *What are augmented reality books*. n.d. url : <https://drawandcode.com/learning-zone/what-are-augmented-reality-books/> (visité le 01/02/2024).
- [21] Eduforge. *La réalité augmentée : Révolution de l'éducation en marche*. n.d. url : <https://eduforge.org/la-realite-augmentee-revolution-de-leducation-en-marche/> (visité le 01/02/2024).
- [22] S. K. Kim et al. “Augmented-reality survey : From concept to application”. In : *KSII Transactions on Internet and Information Systems* 11.2 (fév. 2017), p. 982-1004. url : <https://koreascience.kr/article/JAKO201711656709685.pdf> (visité le 01/02/2024).
- [23] C. H. Godoy Jr. “Augmented reality for education : A review”. In : *International Journal of Innovative Science and Research Technology* 5.6 (juin 2020), p. 39-42. url : <https://ijisrt.com/augmented-reality-for-education-a-review> (visité le 01/02/2024).
- [24] F.-C. Rey et Clémence Rougeot. “Entretien avec Clémence Rougeot, chargée de recherche développement à Foxar”. In : *Éclats* 3 (2023). url : <https://preo.u-bourgogne.fr/eclats/index.php?id=424> (visité le 01/02/2024).
- [25] Blender Foundation. *Blender (Version 4.1)*. Logiciel. Avr. 2024. url : <https://www.blender.org> (visité le 01/03/2024).
- [26] Adobe Inc. *Adobe Photoshop (Version actuelle)*. Logiciel. Mai 2024. url : <https://www.adobe.com/fr/products/photoshop.html> (visité le 01/05/2024).

Annexe



إستبيان موجه لأساتذة و متربصي معهد التكوين المهني حساني بوناب - بسكرة "حول الواقع المعزز في التكوين المهني

B I U ↻ ✕

في إطار إنجاز تطبيق و مذكرة تخرج لشهادة الماستر في الإعلام الآلي حول موضوع " الواقع المعزز في التكوين المهني

"La réalité augmentée pour la formation professionnelle".

نرجو منكم التعاون معنا بالإجابة الصريحة عن الأسئلة التي سنطرح عليكم ، و تأكدوا بأن إجابتكم لن تستخدم إلا لأغراض البحث العلمي ، و ستبقى معلوماتكم و بياناتكم كالأشخاص سريّة

الأستاذة المشرفة : د/ بوقطيش أمينة

الطالبة : رواقات ناصر

شطي سميحة

Ce formulaire collecte automatiquement les e-mails de toutes les personnes interrogées. [Modifier les paramètres](#)

الاسم و اللقب

Réponse courte

الوظيفة الحالية

أستاذ

متربص

مسؤول تكوين

أخرى

هل تعرف تقنية الواقع المعزز؟	<input type="radio"/> نعم <input type="radio"/> لا
هل سبق لك استخدام تقنية الواقع المعزز في أي سياق؟	<input type="radio"/> نعم <input type="radio"/> لا
<p style="text-align: center;">:::</p> في رأيك، ما هي المزايا المحتملة لاستخدام الواقع المعزز في التكوين؟	<input type="checkbox"/> تبسيط المفاهيم المعقدة <input type="checkbox"/> محاكاة بيئة العمل الواقعية <input type="checkbox"/> القضاء على الملل في التعليم <input type="checkbox"/> إدخال طريقة رقمية تسهل على التفاعل و التدريب خاصة في المختبرات أو الورشات
<p style="text-align: center;">:::</p> هل ترى أن الواقع المعزز يمكن أن يعوض التكوين التقليدي؟	<input type="radio"/> نعم بشكل كامل <input type="radio"/> لا، يجب أن يكون مكملاً فقط <input type="radio"/> لا أوافق إطلاقاً
برأيك، هل الواقع المعزز يساعد على تقليل الأخطاء أثناء التكوين العملي؟	<input type="radio"/> نعم <input type="radio"/> لا <input type="radio"/> ربما

في حال توفرت تطبيقات واقع معزز ، هل ستقوم باستخدامها لتكوينك؟

بالتأكيد

لا أستخدم التكنولوجيا في التكوين

في أي مجالات ترى أن الواقع المعزز سيكون أكثر فاعلية في التكوين المهني؟

في التجارب العلمية الخاصة بمادة الميكروبيولوجيا

في مخبر مراقبة النوعية

في الكيمياء الصناعية

في جميع التخصصات بمعهد التكوين المهني

هل ترغب في المشاركة في تجربة تطبيق للواقع المعزز خاص بالتكوين المهني؟

نعم

لا

...

هل تعتقد أن الواقع المعزز يمكن أن يقلل من أخطاء المتربصين داخل المختبر؟

نعم

لا

في رأيك، هل يمكن للواقع المعزز أن يساهم في تقليل الحوادث الناتجة عن سوء استخدام المواد الكيميائية في المختبر؟

نعم

لا

لا أعلم

هل توافق على فكرة استبدال جزء من التكوين التقليدي بجلسات واقع معزز لمحاكاة التعامل مع مواد خطرة؟

أوافق

لا أوافق

هل لديك اقتراح أو فكرة لتجربة واقعية يمكن محاكاتها بالواقع المعزز داخل المختبر؟

Réponse courte

.....

⋮

ما السيناريوهات التي يمكن محاكاتها بالواقع المعزز لتقليل أخطار المواد الكيميائية؟ °

Réponse courte

.....