



VITRINE VIRTUELLE

**Conception d'une application mobile pour la visualisation interactive en réalité
augmentée par QR Code**

Par Alpha Amadou Diallo

**Mémoire présenté à l'Université du Québec à Chicoutimi en vue de l'obtention du
grade de Maître ès sciences (M. Sc.) en Informatique**

Québec, Canada

© Alpha Amadou Diallo, 2025

RÉSUMÉ

L'accès à des informations précises et interactives sur les professeurs joue un rôle clé dans le fonctionnement d'une université moderne. Que ce soit pour les étudiants, les collègues ou les visiteurs, ces informations permettent de mieux comprendre les compétences, les recherches et les projets des enseignants. Cependant, les approches actuelles, comme les documents PDF, les sites web personnels ou les rencontres en présentiel, présentent des limites importantes. Elles manquent souvent d'accessibilité, d'interactivité et d'adaptabilité à des situations imprévues. Prenons l'exemple, lorsqu'un étudiant se rend au bureau d'un professeur et le trouve absent, ou qu'un visiteur découvre un bureau sans connaître la spécialisation de son occupant, il devient difficile d'obtenir des informations en temps réel. Ces lacunes sont d'autant plus marquées dans des environnements dynamiques où l'interaction rapide et ludique est essentielle.

Pour répondre à ces défis, une solution innovante a été développée : *une application de vitrine virtuelle basée sur la réalité augmentée (RA)*. Cette application propose une nouvelle manière d'explorer les portfolios académiques et d'interagir avec les professeurs. Grâce à la technologie RA, les utilisateurs peuvent accéder à des informations détaillées et interactives directement depuis un espace physique, comme la porte du bureau d'un enseignant, en scannant simplement un QR code.

Cette solution présente plusieurs avantages significatifs :

- *Pour les étudiants*, elle offre un moyen direct de consulter les informations clés d'un professeur, même en son absence.
- *Pour les visiteurs*, elle garantit une expérience enrichie avec des informations claires et accessibles immédiatement.
- *Pour les collègues académiques*, elle facilite les collaborations en mettant en avant les domaines d'expertise et les projets en cours des professeurs.

L'application se distingue par son approche immersive et intuitive. Elle permet d'afficher des informations contextuelles en temps réel, de visualiser des modèles 3D interactifs liés aux travaux des enseignants, et même d'utiliser des fonctionnalités comme la synthèse vocale ou l'envoi direct de courriels et d'appels. En rendant ces interactions plus ludiques et engageantes, la technologie de la RA répond parfaitement aux besoins des utilisateurs tout en enrichissant leur expérience.

Ce projet met également en lumière le potentiel de la RA dans la valorisation des compétences académiques. Contrairement aux méthodes traditionnelles, cette solution intègre l'information directement dans l'environnement physique, transformant la manière dont les étudiants et les visiteurs interagissent avec leur espace universitaire.

En conclusion, cette recherche s'inscrit dans une démarche d'innovation technologique qui repense les interactions académiques. Elle propose une réponse concrète aux limites des méthodes actuelles de présentation des portfolios, tout en ouvrant la voie à une utilisation élargie de la RA dans les environnements académiques et professionnels.

Mots-clés : Portfolios académiques, Réalité augmentée (AR), Application mobile, QR code, Synthèse vocale, Reconnaissance d'image, Environnement de travail, Information contextuelle, Interactions utilisateurs.

ABSTRACT

Access to precise and interactive information about professors plays a key role in the functioning of a modern university. Whether for students, colleagues, or visitors, this information helps provide a better understanding of the skills, research, and projects of educators. However, current approaches, such as PDF documents, personal websites, or in-person meetings, have significant limitations. They often lack accessibility, interactivity, and adaptability to unforeseen situations. For example, when a student visits a professor's office only to find them absent, or when a visitor encounters an office without knowing the specialization of its occupant, obtaining real-time information becomes challenging. These shortcomings are even more evident in dynamic environments where rapid and engaging interactions are essential.

To address these challenges, an innovative solution has been developed: a virtual showcase application based on augmented reality (AR). This application offers a new way to explore academic portfolios and interact with professors. Using AR technology, users can access detailed and interactive information directly from a physical space, such as the door of a professor's office, by simply scanning a QR code.

This solution provides several significant benefits:

- *For students*, it offers a direct way to consult key information about a professor, even in their absence.
- *For visitors*, it ensures an enriched experience with clear and instantly accessible information.
- *For academic colleagues*, it facilitates collaborations by highlighting the expertise and ongoing projects of professors.

The application stands out for its immersive and intuitive approach. It displays contextual information in real time, allows users to view interactive 3D models related to the professors' work, and includes functionalities such as speech synthesis and the direct sending of emails and calls. By making these interactions more engaging and user-friendly, AR technology effectively meets user needs while enhancing their overall experience.

This project also highlights the potential of AR in showcasing academic expertise. Unlike traditional methods, this solution integrates information directly into the physical environment, transforming how students and visitors interact with their university spaces.

In conclusion, this research aligns with a technological innovation approach that reimagines academic interactions. It offers a concrete response to the limitations of current portfolio presentation methods while paving the way for broader applications of AR in academic and professional environments.

Keywords: Academic portfolios, Augmented Reality (AR), Mobile application, QR code, Speech synthesis, Image recognition, Workplace environment, Contextual information, User interactions.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	ii
ABSTRACT.....	iv
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS	x
DÉDICACE	xi
REMERCIEMENTS.....	xii
AVANT-PROPOS	xiii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1	3
REVUE DE LA LITTÉRATURE	3
1.1 SOLUTIONS EXISTANTS DES PORTFOLIOS ACADEMIQUES.....	4
1.1.1 Portfolios Papier et Documents PDF	4
1.1.2 Portfolios Numériques Interactifs.....	4
1.1.3 Limites des Solutions Existantes	5
1.2 CONCEPTS FONDAMENTAUX DE LA RA	6
1.2.1 La Réalité Augmentée (RA)	6
1.2.2 La Réalité Augmentée et la Réalité Virtuelle	7
1.3 TECHNOLOGIES COURANTES POUR LA RA	9
1.3.1 ARCore de Google.....	9
1.3.2 ARKit d'Apple.....	9
1.3.3 Vuforia	10
1.3.4 Unity 3D	10
1.3.5 Comparaison des Plateformes.....	10
1.4 UTILISATION DE LA RÉALITÉ AUGMENTÉE (AR).....	11
1.4.1 Exemples d'Applications	11
1.4.2 La Réalité Augmentée et les QR Codes.....	12
1.4.3 Avantages Pédagogiques des Technologies de la RA	12
1.5 CADRES THÉORIQUES.....	15
1.5.1 Théorie de l'Expérience Utilisateur (UX)	15
1.5.2 Éléments d'UX Considéré Pour une Vitrine Interactive	15
1.6 CONCLUSION.....	17
CHAPITRE 2	18
MÉTHODOLOGIE	18
2.1 ANALYSE DES BESOINS.....	19
2.1.1 Objectifs de l'Analyse des Besoins	19
2.1.2 Méthodologie Utilisée.....	19
2.1.3 Résultats de l'Analyse	19
2.1.4 Implications pour la Conception.....	20
2.2 TECHNOLOGIQUES ET OUTILS UTILISÉS.....	22
2.2.1 Android Studio.....	22
2.1.2 Kotlin	22
2.1.3 ARCore	23
2.1.4 Détection des QR codes.....	23

2.1.5 ARCoreImg.....	24
2.1.6 7ID	24
2.1.7 Firebase.....	25
2.3 CONCEPTION DE L'APPLICATION	26
2.3.1 Objectifs de la Conception.....	26
2.3.2 Architecture Proposée.....	26
CHAPITRE 3	29
DEVELOPPEMENT	29
3.1 CONTEXTE ET CHOIX DE L'ENVIRONNEMENT	30
3.1.1 Rôle du QR Code dans l'Application.....	30
3.2 DESCRIPTION DU CAS PRATIQUE	31
3.2.1 Fonctionnalités du Menu Principal	31
3.2.2 Synthèse Vocale.....	31
3.3 DIAGRAMMES	32
3.3.1 Processus de Développement.....	32
3.3.2 Flux de Données	33
3.3.3 Activités	34
3.4 CRÉATION DE L'APPLICATION	35
3.5 IMPLÉMENTATION DU PLUGIN ARCORE	36
3.6 GENERATION DES QR CODE AVEC 7ID.....	37
3.7 BASE DE DONNEES D'IMAGES AUGMENTEES.....	39
3.7.1 Vérification d'Images	39
3.7.2 Création de la Base de Données d'Images augmentées.....	39
3.7.3 Vérification de la Base de Données d'Images	39
3.8 RECONNAISSANCE DES QR CODES	40
3.8.1 Référentiel d'images	40
3.8.2 Détection d'Images	40
3.8.2 Déclenchement d'Actions Spécifiques.....	40
3.9 INFORMATIONS CONTEXTUELLES.....	42
3.9.1 Identification du QR Code Détecté.....	42
3.9.2 Vérification dans la Base de Données (Firebase)	42
3.9.3 Accès aux informations liées	42
3.10 IMPLEMENTATION DES OBJETS 3D EN AR	43
3.10.1 Projets et Objets 3D Associés.....	43
3.10.2 Création des Modèles 3D.....	43
3.10.3 Stockage dans Firebase.....	44
3.11 INTERACTIONS UTILISATEURS	45
3.11.1 Processus d'Interaction.....	45
3.11.2 Fonctionnalités d'Interaction.....	45
CHAPITRE 4.....	47
RESULTATS ET ANALYSE	47
4.1 TESTS.....	48
4.1.1 Accès à l'Application et à la Caméra	48
4.2 RÉSULTATS.....	50
4.2.1 Pour le Bureau du Responsable des Programmes de Maîtrise en Informatique.....	50
4.2.3 Pour le Bureau du Professeur de Géographie	55
4.2.3 Pour le Bureau du Professeur de Biologie.....	60

4.3 ANALYSE.....	65
4.3.1 Recommandations d'Utilisation	65
4.3.1 Amélioration pour le Futur	65
CHAPITRE 5.....	66
DISCUSSION.....	66
5.1 APPORTS DU PROJET.....	67
5.1.1 Modernisation de la Présentation des Portfolios Académiques.....	67
5.1.2 Amélioration de l'Expérience Utilisateur.....	67
5.1.3 Accessibilité et Interactivité.....	67
5.1.4 Impact Pédagogique et Institutionnel	67
5.1.5 Catalyseur pour l'Adoption de la RA.....	67
5.2 IMPLICATIONS POUR LES INSTITUTIONS	68
5.2.1 Innovation Technologique dans les Pratiques Académiques.....	68
5.2.2 Valorisation des Départements et des Compétences	68
5.2.3 Renforcement de la communication interne et externe	68
5.2.4 Atténuation des Limitations des Solutions Traditionnelles	68
5.2.5 Opportunités pour la Recherche et le Développement	68
5.2.6 Avantages pour l'Image Institutionnelle	69
CONCLUSION.....	70
ANNEXES.....	71
LISTE DE RÉFÉRENCES	75

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1. 1: COMPARAISON DES PLATEFORMES.....	10
------------------------------------------------	----

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. 1: POSITIONNEMENT D'UN OBJET AVEC LA REALITE AUGMENTEE	6
FIGURE 1. 2: PHOTO D'UN UTILISATEUR DANS UN CAVE AVEC LA REALITE VIRTUELLE (RV)	8
FIGURE 2. 1: ANDROID STUDIO.....	22
FIGURE 2. 2: KOTLIN	22
FIGURE 2. 3: ARCORE.....	23
FIGURE 2. 4: APPLICATION 7ID	24
FIGURE 2. 5: FIREBASE	25
FIGURE 2. 6: ARCHITECTURE	28
FIGURE 3. 1: DIAGRAMME DU PROCESSUS DE DÉVELOPPEMENT	32
FIGURE 3. 2: DIAGRAMME DE FLUX DE DONNÉES	33
FIGURE 3. 3: DIAGRAMME D'ACTIVITES	34
FIGURE 3. 4: APPLICATION VITRINE.....	35
FIGURE 3. 5: SESSION ARCORE	36
FIGURE 3. 6:QR CODE DU DÉPARTEMENT INFORMATIQUE.....	37
FIGURE 3. 7: QR CODE DU DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE	38
FIGURE 3. 8: QR CODE DU DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE	38
FIGURE 3. 9: TEST DE RECONNAISSANCE D'IMAGE ET AJOUT D'OBJETS 3D...	41
FIGURE 4. 1: PAGE D'ACCUEIL.....	48
FIGURE 4. 2: ACCÈS À LA CAMÉRA AR	49
FIGURE 4. 3: DETECTION DU QR CODE DU BUREAU DU CHEF DE DEPARTEMENT	50
FIGURE 4. 4: ONGLET PROJET DU BUREAU CHEF DE DEPARTEMENT.....	51
FIGURE 4. 5: ONGLET INFO DU CHEF DE DEPARTEMENT INFORMATIQUE	52
FIGURE 4. 6: ONGLET COURRIEL DU CHEF DE DEPARTEMENT INFORMATIQUE	53
FIGURE 4. 7: ONGLET APPEL DU CHEF DE DEPARTEMENT INFORMATIQUE...	54
FIGURE 4. 8: DÉTECTION DU QR CODE DU BUREAU DU PROFESSEUR DE GÉOGRAPHIE	55
FIGURE 4. 9: ONGLET PROJET DU BUREAU DU PROFESSEUR DE BIOLOGIE.....	56
FIGURE 4. 10: ONGLET INFO DU PROFESSEUR DE GÉOGRAPHIE	57
FIGURE 4. 11: ONGLET COURRIEL DU PROFESSEUR DE GÉOGRAPHIE	58
FIGURE 4. 12: ONGLET APPEL DU PROFESSEUR DE GÉOGRAPHIE	59
FIGURE 4. 13: DÉTECTION DU QR CODE DU BUREAU DU PROFESSEUR DE BIOLOGIE.....	60
FIGURE 4. 14: ONGLET PROJET DU PROFESSEUR DE BIOLOGIE.....	61
FIGURE 4. 15: ONGLET INFO DU PROFESSEUR DE BIOLOGIE.....	62
FIGURE 4. 16: ONGLET COURRIEL DU PROFESSEUR DE BIOLOGIE.....	63
FIGURE 4. 17: ONGLET APPEL DU PROFESSEUR DE BIOLOGIE.....	64

LISTE DES ABRÉVIATIONS

RA	Réalité augmentée
AR	Augmented Reality
RV	Réalité Virtuelle
EV	Environnement Virtuel
QR Code	Quick Response Code
2D	Deux dimensions
3D	Trois dimensions
SDK	Software Development Kit
API	Application Programming Interface
UQAC	Université du Québec à Chicoutimi

DÉDICACE

À ALLAH, le Clément et le Miséricordieux, le Tout-Puissant, je rends grâce pour sa bienveillance et sa santé, qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail.

Je dédie ce modeste travail :

À ma chère mère, qui n'a jamais cessé de m'encourager et de se sacrifier pour que je puisse surmonter chaque obstacle, depuis ma naissance jusqu'à aujourd'hui. Que Dieu la garde en bonne santé.

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord le Tout-Puissant ALLAH, détenteur de toute âme et de tout pouvoir, de m'avoir facilité cette tâche.

Mes remerciements vont ensuite à mon cher père, que j'ai malheureusement perdu lorsque j'avais seulement deux mois et deux semaines. À ma chère mère, qui, malgré l'absence de mon défunt père, a pourvu à tous mes besoins, m'offrant éducation, soins, soutien et s'assurant que je ne manque de rien pour atteindre cet objectif. À mon épouse bien-aimée, pour son amour et ses encouragements, qui m'attend patiemment dans notre pays natal, la Guinée, avec nos deux enfants. À mon frère et mes quatre sœurs pour leur soutien et leurs encouragements constants. Je tiens à exprimer ma gratitude pour l'altruisme et les sacrifices sans limites dont ils ont toujours fait preuve malgré les défis de la vie.

Mes sincères remerciements vont également à mon chef de département, M. Bob-Antoine Jerry Ménélas, mon directeur de recherche, qui m'a guidé dès mon arrivée, pour le choix de mes cours, ainsi que dans la réalisation de ce mémoire.

J'adresse aussi mes chaleureux remerciements à tous mes formateurs et encadreurs, tant en Guinée qu'au Canada, en particulier à mon cousin, homonyme de mon père, pour leur compétence, disponibilité, et humanité, qui ont largement contribué à ma formation.

Je remercie également tous les professeurs et le personnel administratif du Département d'Informatique et de Mathématiques (DIM) de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) qui m'ont permis de venir au Canada pour acquérir de nouvelles connaissances.

Mes remerciements s'étendent également au Groupe scolaire Ousmane Ly, où j'ai débuté mes premiers cours à l'âge de deux ans et demi, jusqu'à la fin du lycée, et où j'ai obtenu mon diplôme de baccalauréat en sciences mathématiques, équivalent ici au Diplôme d'Études Collégiales. À l'Université Gamal Abdel Nasser de Conakry (UGANC), en particulier au département de Génie Informatique, où j'ai fait mes premières découvertes des outils de l'informatique et obtenu mon diplôme d'ingénieur, me permettant ainsi d'obtenir une admission pour venir étudier au Canada.

J'adresse mes chaleureux remerciements, marqués d'amitié, d'amour et de fraternité, à tous mes oncles, tantes et camarades, proches ou lointains, pour le soutien qu'ils m'ont apporté.

AVANT-PROPOS

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de mes études en Maîtrise Informatique et a pour objectif de répondre à une problématique contemporaine : l'usage de la réalité augmentée dans l'amélioration de l'environnement de travail par la reconnaissance d'images comme les QR codes. Ce projet est à la fois le fruit de mon intérêt pour les nouvelles technologies et une réponse aux besoins actuels de transformation numérique dans les espaces académiques et professionnels.

À travers ce travail j'ai souhaité explorer les possibilités offertes par la réalité augmentée pour enrichir l'expérience des utilisateurs dans un contexte professionnel. Cette étude m'a permis d'acquérir de nouvelles compétences, notamment en développement d'applications AR, en gestion d'interactions utilisateurs, et en intégration de technologies innovantes, tout en soulignant les défis techniques et les solutions pratiques propres à ce domaine. J'espère que ce mémoire apportera une contribution enrichissante pour quiconque s'intéresse à l'usage de la réalité augmentée dans les applications mobiles et professionnelles.

INTRODUCTION

L'université est un lieu d'échange, d'apprentissage et d'innovation, où les interactions entre étudiants, professeurs et visiteurs constituent le socle de la vie académique. Ces interactions révèlent la création de liens, la transmission des connaissances et les collaborations interdisciplinaires. Cependant, dans les universités modernes, les méthodes traditionnelles d'accès à l'information, comme les documents imprimés, les sites web personnels ou les rencontres en personne, présentent de nombreuses limites. Elles peinent à répondre aux attentes croissantes en matière d'interactivité, de rapidité et d'accessibilité. Par exemple, il est fréquent qu'un étudiant rencontre des difficultés à obtenir des informations sur un professeur ou un département lorsque celui-ci est absent de son bureau ou qu'un emploi du temps chargé empêche des interactions directes. De même, les visiteurs, tels que les nouveaux étudiants ou les partenaires institutionnels, peuvent se retrouver démunis face à un manque de repères ou d'informations contextuelles sur les départements qu'ils visitent.

Ces défis mettent en lumière la nécessité d'introduire des solutions innovantes capables d'améliorer l'accès à l'information et l'interaction au sein des universités. Parmi les technologies émergentes, la réalité augmentée (RA) offre des possibilités prometteuses. En superposant des informations virtuelles sur le monde réel, la RA permet de créer une expérience immersive et interactive, transformant la manière dont les utilisateurs interagissent avec leur environnement. L'intégration de la RA dans un cadre académique pourrait ainsi révolutionner les pratiques d'accès à l'information, en rendant celle-ci plus intuitive, immersive et personnalisée.

Ce mémoire s'inscrit dans cette démarche d'innovation et cherche à répondre à la problématique suivante : *Comment une application en réalité augmentée peut-elle enrichir l'expérience utilisateur dans la présentation des portfolios de professeurs, tout en répondant aux besoins des étudiants, collègues et visiteurs dans un contexte universitaire ?*

Pour répondre à cette question, nous avons développé une application de vitrine virtuelle utilisant la RA. Accessible par un smartphone ou une tablette, cette application transforme les portes des bureaux en points d'accès interactifs aux informations contextuelles. Grâce à des QR codes scannables, l'application permet aux utilisateurs de consulter des

données textuelles sur les professeurs et leurs projets, d'interagir avec des modèles 3D immersifs, et d'accéder à des fonctionnalités pratiques telles que l'envoi de courriels ou la visualisation des horaires. Ce projet vise ainsi à offrir une solution technologique innovante qui répond aux attentes des utilisateurs tout en s'intégrant dans l'écosystème académique existant.

Le développement de cette application repose sur une méthodologie rigoureuse, englobant la conception, l'implémentation et l'évaluation des performances du système. En s'appuyant sur des technologies comme ARCore, le projet met en lumière les avantages de la RA pour enrichir l'expérience utilisateur dans un cadre académique. Les résultats obtenus démontrent non seulement la faisabilité technique de la solution, mais aussi son potentiel pour améliorer l'interactivité et l'engagement au sein des universités.

Cette mémoire est structurée en plusieurs chapitres, comprenant la revue de littérature, la méthodologie employée, le développement de l'application et l'analyse des résultats. Enfin, il propose une discussion sur les apports du projet et ses implications pour les institutions académiques, ainsi que des perspectives pour étendre et optimiser cette solution technologique. En explorant les interactions entre la RA et les besoins des utilisateurs universitaires, ce travail ouvre de nouvelles voies pour l'application des technologies immersives dans l'enseignement supérieur et au-delà.

CHAPITRE 1

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Dans un monde où la valorisation des compétences académiques joue un rôle clé dans le développement professionnel et institutionnel, les portfolios académiques constituent un outil indispensable pour mettre en lumière les réalisations et les expertises des enseignants et chercheurs. Cependant, les approches traditionnelles, telles que les portfolios papier et numériques classiques, peinent à répondre aux attentes des utilisateurs modernes, en quête d'interactivité, d'accessibilité et d'engagement.

Cette revue de littérature explore les solutions existantes pour la présentation des portfolios académiques, en mettant en évidence leurs limites. Elle examine ensuite les concepts fondamentaux de la réalité augmentée (RA) et la distinction avec la réalité virtuelle (RV), avant d'analyser les technologies courantes utilisées dans les applications RA, telles qu'ARCore, ARKit, Vuforia et Unity, accompagnées d'une comparaison de leurs forces et faiblesses. Par ailleurs, l'étude met en lumière des cas concrets d'utilisation de la RA, notamment dans les domaines éducatifs et professionnels, et souligne les avantages pédagogiques que cette technologie peut offrir. Enfin, la revue s'inscrit dans un cadre théorique centré sur l'expérience utilisateur (UX), en détaillant les principes UX pertinents pour la conception d'une application immersive et engageante.

En combinant ces perspectives, cette revue de littérature vise à fournir une base solide pour le développement d'une application innovante qui répond aux besoins des utilisateurs, tout en révolutionnant la présentation des portfolios académiques. En exploitant les potentialités de la réalité augmentée, cette application ambitionne de transformer les portfolios traditionnels en outils interactifs, immersifs et contextuels, capable de valoriser les réalisations et expertises des enseignants et chercheurs de manière moderne et engageante.

1.1 SOLUTIONS EXISTANTS DES PORTFOLIOS ACADEMIQUES

Les portfolios académiques sont des collections de travaux et de réalisations professionnelles qui démontrent les compétences et les connaissances d'un professeur. Ils sont traditionnellement utilisés pour illustrer les capacités pédagogiques et la progression des étudiants, mais aussi pour promouvoir l'expertise d'un enseignant dans un domaine particulier. Avec l'évolution des technologies numériques, diverses approches sont utilisées pour structurer et partager ces portefeuilles.

1.1.1 Portfolios Papier et Documents PDF

Traditionnellement, les portfolios étaient présentés sous forme imprimée ou dans des fichiers PDF. Ces formats contiennent une collection organisée de publications, d'expériences professionnelles, de projets de recherche et d'autres contributions académiques. Les portfolios en format PDF sont largement utilisés car ils permettent de centraliser et de présenter des informations de manière simple et lisible. Par ailleurs, ils sont très faciles à créer et sont largement compatibles avec les logiciels courants et ils offrent une reproductibilité simple via l'impression ou la copie numérique. Cependant, leur nature statique ne favorise pas l'interaction et peut rendre l'expérience de navigation monotone. Avec cette approche, chaque modification nécessite une recréation ou une réédition du document et une fois téléchargé ou imprimé, le document reste figé et ne peut être personnalisé pour différents publics.

1.1.2 Portfolios Numériques Interactifs

De plus en plus d'éducateurs adoptent des plateformes ou créent souvent des sites web personnels ou utilisent des pages institutionnelles pour présenter leurs travaux, comme le profil LinkedIn d'un professeur, le site web de l'université ou de l'institution, WordPress, ou des outils spécialisés comme PortfolioBox ou Behance. Ces plateformes permettent de regrouper des informations comme les publications, les conférences et les projets. Ces outils numériques permettent une certaine interactivité, dans lesquels les visiteurs peuvent naviguer facilement dans les sections, les mises à jour sont possibles en temps réel et une possibilité de visibilité mondiale grâce au référencement sur les moteurs de recherche. Cependant, ces plateformes manquent souvent de la dimension immersive que la RA pourrait apporter, limitant l'interaction dynamique entre le visiteur et le contenu.

1.1.3 Limites des Solutions Existantes

Malgré la diversité des approches actuelles, elles présentent plusieurs limites qui peuvent limiter leur efficacité dans un cadre académique. Tout d'abord, bien que ces solutions soient adaptées à la diffusion d'informations, elles manquent d'interactivité et d'engagement de la part des utilisateurs, qui se contentent souvent de lire ou de visualiser le contenu de manière passive. De plus, les formats tels que les PDF ou les sites institutionnels exigent des compétences techniques pour leur création et leur mise à jour, ce qui peut constituer un obstacle pour certains utilisateurs.

Les solutions existantes, bien que fonctionnelles, ne prennent pas toujours en compte les principes modernes d'expérience utilisateur (UX), tels que la personnalisation, l'interaction ou l'accessibilité, ce qui peut nuire à l'engagement des utilisateurs. Les portfolios traditionnels, même sous forme numérique, ne permettent pas de relier efficacement les informations à un espace physique ou à une localisation spécifique, limitant ainsi la contextualisation du contenu.

Les visiteurs, étudiants et collègues, ont parfois du mal à trouver les informations les plus pertinentes, et l'absence de contextualisation empêche une découverte fluide. Par exemple, lorsqu'un étudiant se trouve devant le bureau d'un professeur sur le campus, il lui est difficile d'identifier immédiatement le domaine d'expertise ou les réalisations du professeur, ce qui limite l'impact de la rencontre. En outre, les solutions actuelles ne répondent pas aux attentes des nouvelles générations d'étudiants, qui sont habituées à des expériences interactives et technologiques plus avancées.

Avec l'émergence des technologies immersives comme la réalité augmentée (RA), ces solutions classiques semblent désormais obsolètes en termes d'interactivité et d'engagement technologique. Ainsi, ces limitations soulignent l'importance de développer de nouvelles approches qui offrent une expérience plus interactive, engageante et contextuellement enrichie, adaptées aux attentes des utilisateurs modernes.

1.2 CONCEPTS FONDAMENTAUX DE LA RA

1.2.1 La Réalité Augmentée (RA)

L'évolution rapide des technologies de réalité augmentée (AR) a ouvert de nouvelles perspectives dans divers domaines, tels que l'éducation, la santé, l'industrie et plus récemment les environnements de travail. Dans les années 1950, l'idée de la réalité augmentée a été proposée pour la première fois par Morton Heilig. En 1997, la réalité augmentée a été largement reconnue par Ronald Azuma (Xiaofei Wang, 2020), qui se définit comme une technologie permettant de superposer des éléments virtuels, tels que des images, du texte, ou des animations 3D, à notre environnement physique, offrant une expérience immersive et interactive. La réalité augmentée est la superposition de la réalité et d'éléments (sons, images 2D, 3D, vidéos, etc.) calculés par un système informatique en temps réel. Elle désigne souvent les différentes méthodes qui permettent d'incruster de façon réaliste des objets virtuels dans une séquence d'images. Elle s'applique aussi bien à la perception visuelle (superposition d'images virtuelles aux images réelles) qu'aux perceptions proprioceptives comme les perceptions tactiles ou auditives.

Pour (Azuma, 1997), La réalité augmentée (RA) est définie comme l'intégration d'éléments numériques dans un environnement réel perçu par l'utilisateur en temps réel. Ces éléments peuvent inclure des images, des sons, des vidéos, ou même des objets en trois dimensions, et ils sont superposés à la réalité pour en enrichir l'expérience.



Figure 1. 1: Positionnement d'un objet avec la Réalité Augmentée

Source : (Unity, 2024), Dans cette image, grâce à l'intégration de la réalité augmentée, l'objet 3D représentant un cube contenant une plante est positionné dans l'espace réel. Ce rendu est renforcé par la création d'ombres réalistes qui s'intègrent harmonieusement à l'environnement, donnant l'impression que l'objet fait véritablement partie du monde physique. Cette combinaison de techniques rend l'image particulièrement immersive et convaincante, brouillant la frontière entre le virtuel et le réel.

1.2.2 La Réalité Augmentée et la Réalité Virtuelle

Selon (Azuma, 1997), La réalité augmentée (RA) est une variante des environnements virtuels (VE), ou réalité virtuelle comme on l'appelle plus communément. Les technologies VE immergent complètement l'utilisateur dans un environnement synthétique, elles offrent ainsi une expérience immersive dans laquelle l'utilisateur peut naviguer de manière interactive dans une scène avec trois degrés de liberté, en portant un casque de visualisation (Roberto G. de A. Azevedo, 2019). Lorsqu'il est immergé, l'utilisateur ne peut pas voir le monde réel qui l'entoure. En revanche, la RA permet à l'utilisateur de voir le monde réel, avec des objets virtuels superposés ou composés avec le monde réel. Par conséquent, la RA complète la réalité (le monde réel), plutôt que de la remplacer complètement (comme la réalité virtuelle). Par exemple, un utilisateur portant des lunettes ou utilisant un smartphone peut voir des informations supplémentaires sur un monument historique pendant une visite, tout en continuant à observer son environnement réel.

Déplus (Gang Zhao, 10 mars 2019), définit la technologie de réalité augmentée (RA) comme une extension de la technologie de réalité virtuelle. En acquérant la caméra de l'appareil mobile, la technologie RA peut superposer le modèle, l'image, le texte et d'autres informations dans la scène réelle pour améliorer la perception et la cognition des gens de la scène réelle. À l'inverse, la réalité virtuelle (RV) crée un environnement entièrement simulé, qui isole l'utilisateur de son environnement réel. Contrairement à la RA, où le réel et le virtuel coexistent, la RV plonge l'utilisateur dans un monde numérique qui ne fait aucune référence à son environnement physique. La RV est souvent utilisée pour des simulations immersives dans des domaines comme les jeux vidéo, la formation en vol, la chirurgie, Ou pour des environnements particulièrement adéquats pour la mise en place de solutions qui intègrent l'homme dans le processus d'exploration et l'analyse de données scientifiques complexes (Menelas, 2010)



Figure 1. 2: Photo d'un utilisateur dans un CAVE avec la Réalité Virtuelle (RV)

Source : (Menelas, 2010), Dans cette image, on voit un utilisateur plongé dans un environnement totalement virtuel, où l'espace réel se transforme complètement en un nouvel univers numérique. L'immersion est totale, et l'utilisateur interagit avec un monde qui redéfinit complètement la perception de son environnement physique, créant ainsi une expérience visuelle et interactive sans précédent.

La distinction entre RA et RV réside principalement dans leur objectif et leur approche, la RA améliore la perception du monde réel en ajoutant des informations numériques, tandis que la RV remplace totalement l'environnement réel par un monde virtuel. Cette différence fondamentale a des implications sur l'application de ces technologies dans divers secteurs, notamment dans l'éducation, où la RA est particulièrement pertinente pour créer des expériences enrichissantes tout en restant ancrées dans la réalité (Al-Najdi, 2022).

1.3 TECHNOLOGIES COURANTES POUR LA RA

Comme la RA revient en tout premier lieu à positionner des éléments sur le réel, cette technologie requiert le suivi en temps réel et le rendu, généralement visuel, de composants virtuels aussi en temps réel. Pour cela les systèmes de RA reposent sur plusieurs technologies, notamment :

Reconnaissance d'images et de marqueurs : Ces systèmes utilisent des algorithmes de vision par ordinateur pour détecter et analyser des objets ou des marqueurs (comme des QR codes) dans l'environnement.

Modélisation 3D : La création et le rendu d'objets virtuels en 3D sont éléments essentiels pour la RA.

Suivi des mouvements : La RA nécessite des capteurs pour suivre les mouvements de l'utilisateur afin de synchroniser les éléments virtuels avec le monde réel.

Affichage : Les dispositifs comme les smartphones, les tablettes, ou les lunettes intelligentes servent de plateformes pour afficher les contenus augmentés.

Interaction utilisateur : L'interaction dans un environnement de RA peut inclure des gestes, des commandes vocales, ou des interfaces tactiles.

Parmi les plateformes les plus couramment utilisées pour développer des applications en RA, on trouve :

1.3.1 ARCore de Google

ARCore est la plate-forme de Google qui permet de créer des expériences de réalité augmentée. L'API ARCore permet à un téléphone de détecter son environnement, de comprendre le monde et d'interagir avec les informations, ce qui lui permet de placer des objets 3D avec une grande précision dans l'environnement réel de l'utilisateur. Cette API est disponible sur Android et iOS pour permettre des expériences de RA partagées (Developers, 2024).

1.3.2 ARKit d'Apple

ARKit est une plateforme de développement d'applications en RA proposée par Apple. ARKit propose des fonctionnalités similaires à ARCore en détectant les surfaces planes et d'intégrer des objets 3D dans un environnement réel en utilisant les caméras et capteurs des appareils iOS. ARKit supporte également la détection de la lumière ambiante et de la

reconnaissance de l'image, ce qui permet de créer des expériences interactives complexes, avec une intégration optimisée pour les appareils Apple (Developer, 2024), et est largement utilisé dans des applications de visualisation de produits et de conception d'espace.

1.3.3 Vuforia

Vuforia est un kit de développement logiciel (SDK) de réalité augmentée pour appareils mobiles qui permet la création d'applications de réalité augmentée (PTC, 2024). Il utilise la technologie de vision par ordinateur pour reconnaître et suivre des images planes et des objets 3D en temps réel. Cette capacité d'enregistrement d'images permet aux développeurs de positionner et d'orienter des objets virtuels, tels que des modèles 3D et d'autres médias, par rapport à des objets du monde réel lorsqu'ils sont visualisés à travers la caméra d'un appareil mobile. L'objet virtuel suit ensuite la position et l'orientation de l'image en temps réel afin que la perspective du spectateur sur l'objet corresponde à la perspective sur la cible, il semble donc que l'objet virtuel fasse partie de la scène du monde réel.

1.3.4 Unity 3D

Unity 3D est un moteur de jeu multiplateforme développé par Unity Technologies (Technologies, 2024), annoncé et publié pour la première fois en juin 2005 lors de la conférence mondiale des développeurs d'Apple en tant que moteur de jeu Mac OS X. Le moteur a depuis été progressivement étendu pour prendre en charge une variété de plates-formes de bureau, mobiles, de console, de réalité augmentée et de réalité virtuelle. Il est particulièrement populaire pour le développement de jeux mobiles iOS et Android, est considéré comme facile à utiliser pour les développeurs débutants et est populaire pour le développement de jeux indépendants.

1.3.5 Comparaison des Plateformes

Critères	ARCore	ARKit	Vuforia	Unité
Compatibilité	Android principalement	iOS uniquement	Multiplateforme	Multiplateforme
Simplicité d'utilisation	Modérée	Facile	Modérée	Variable (dépend des SDK utilisés)
Coût	Gratuit	Gratuit	Licence payante pour des fonctions avancées	Gratuit, mais des fonctionnalités payantes

Tableau 1. 1: Comparaison des plateformes

1.4 UTILISATION DE LA RÉALITÉ AUGMENTÉE (AR)

1.4.1 Exemples d'Applications

La technologie de réalité augmentée est aujourd'hui largement utilisée dans de nombreux domaines, tels que la publicité, le commerce, le divertissement, l'éducation, l'industrie, la médecine, etc. Selon (Azuma, 1997), La RA permettrait aux chirurgiens d'accéder simultanément aux deux types de données. Ces informations peuvent également guider des tâches de précision, telles que l'affichage de l'endroit où percer un trou dans le crâne pour une chirurgie cérébrale ou l'endroit où effectuer une biopsie à l'aiguille d'une minuscule tumeur. Les informations provenant des capteurs non invasifs seraient affichées directement sur le patient, indiquant exactement où effectuer l'opération. Une autre catégorie d'applications de réalité augmentée est l'assemblage, la maintenance et la réparation de machines complexes. Les instructions pourraient être plus faciles à comprendre si elles étaient disponibles, non pas sous forme de manuels avec du texte et des images, mais plutôt sous forme de dessins 3D superposés à l'équipement réel, montrant étape par étape les tâches à effectuer et comment les faire. Ces dessins 3D superposés peuvent être animés, ce qui rend les directions encore plus explicites.

(Gang Zhao, 10 mars 2019), montre l'efficacité de l'application de la technologie AR dans l'apprentissage des plantes en citant des exemples comme l'équipe de Cai Su de l'université normale de Pékin qui a développé plusieurs cas, tels que les mathématiques, la physique, la chimie, la langue et d'autres exemples d'enseignement en RA. Li TM a développé un système d'alphabétisation en RA. L'Université normale de Chine orientale a développé un jeu éducatif appelé « Happy Treasure Hunt ». Un grand nombre d'études montrent que la salle de classe soutenue par la technologie AR présente les avantages suivants par rapport à la salle de classe traditionnelle.

IKEA Place (IKEA, 2024) est une application de réalité augmentée pour le design. Grâce à l'application, plutôt que de les imaginer, les consommateurs visualisent de manière réaliste les différentes possibilités d'aménagement qui s'offrent à eux. Les dimensions des meubles s'adaptent automatiquement à la spécificité et à la surface de la pièce, avec un taux de fiabilité de 98%. Les utilisateurs n'ont plus qu'à choisir les matériaux, les revêtements et la couleur de leurs produits, avant de déterminer leur emplacement.

1.4.2 La Réalité Augmentée et les QR Codes

La littérature reconnaît la relation significative entre la réalité augmentée et la technologie des codes QR. En particulier, les codes QR et la réalité augmentée (RA) se complètent de manière naturelle, ce qui en fait une combinaison puissante dans diverses applications. Les QR codes (Quick Response Codes) sont des codes-barres bidimensionnels qui peuvent être lus par la caméra d'un smartphone. Ces codes peuvent contenir des informations numériques, telles que des liens web, des textes ou des données de géolocalisation.

La reconnaissance d'image (QR codes) dans le cadre de la réalité augmentée permet à un appareil de détecter et de suivre des objets spécifiques dans le monde réel pour y superposer des éléments numériques. La reconnaissance d'objets garantit que les utilisateurs peuvent scanner des objets réels et créer des cibles d'objets virtuels (Gang Zhao, 10 mars 2019). Ce processus joue un rôle fondamental dans les applications AR qui utilisent des images comme markers (balises) pour déclencher des actions, telles que l'apparition d'un objet virtuel ou l'affichage d'informations supplémentaires sur un écran. Les images peuvent être des objets physiques, des logos, ou des QR codes. La reconnaissance d'image repose sur des algorithmes de vision par ordinateur pour identifier et suivre diverses cibles d'images en temps réel, allant des images 2D aux objets 3D (M. Sundarramurthi, 2022). Dans le cadre de la réalité augmentée cette reconnaissance est utilisée pour superposer des objets virtuels dans l'espace physique, créant ainsi une interaction fluide entre le monde réel et les éléments numériques.

1.4.3 Avantages Pédagogiques des Technologies de la RA

L'efficacité de l'utilisation de la réalité augmentée (RA) pour améliorer les performances des élèves avec l'utilisation de codes à réponse rapide (QR) dans les manuels scolaires du système éducatif saoudien (Al-Najdi, 2022), cette étude examine le potentiel de l'utilisation des codes QR et de la réalité augmentée dans le processus éducatif saoudien. Une méthode semi-expérimentale a été utilisée, deux classes ont été choisies au hasard pour inclure les groupes témoin et expérimental dans cette étude. Chaque classe comptait 33 élèves, tous deux avaient terminé la dernière unité dans le cadre d'une classe traditionnelle. Le groupe témoin de l'expérience a reçu la leçon de manière traditionnelle sans utiliser les

fonctions QR. Les résultats du pré-test ont montré une différence minimale de 0,12 ($5,65 - 5,55 = 0,12$) entre les performances des deux groupes, le post-test a été effectué et les résultats ont indiqué une différence de 3,27 entre les deux groupes ($13,21 - 9,94 = 3,27$). En outre, les résultats ont prouvé que l'utilisation de la RA dans l'éducation peut offrir des opportunités et des impacts positifs pour développer l'éducation et soutenir les étudiants.

L'application SCAR (M. Sundarramurthi, 2022) conçue à l'aide d'une approche de réalité augmentée basée sur des marqueurs. Pour augmenter les informations virtuelles correspondantes, les objectifs de la conception et du développement de cette application étaient de fournir aux utilisateurs une visionneuse de CV interactive, une visualisation 3D des composants électroniques et une navigation intérieure basée sur la réalité augmentée, ou des identifiants d'étudiant personnalisés (cibles d'image) ont été créés pour 15 étudiants et cette fonctionnalité a été testée avec succès pour chacun d'entre eux à l'aide de l'application SCAR. Des cartes de codes QR (cibles d'image) ont été créées pour cinq composants électroniques différents, dont un panneau solaire, une antenne en bande C, un multimètre numérique, un Arduino UNO et un capteur de fumée/incendie. Ces cartes de codes QR ont été scannées avec l'application SCAR et testées avec succès pour les cinq composants.

(Teixeira, 2020), qui parle de la Réalité Augmentée au Service de la Formation Professionnelle en utilisant des QR code pour la reconnaissance afin d'afficher les tuyaux correspondant pour les étudiants.

(Marc, 2022), a conçu une application de réalité augmentée pour aider les apprentis en construction métallique à mieux comprendre les plans 2D et à suivre les étapes d'usinage. Cette application a pour objectif principal de simplifier la lecture des plans techniques, qui peuvent être difficiles à interpréter en raison de leur complexité et de leur échelle réduite. Grâce à la technologie de la réalité augmentée, elle superpose des modèles 3D directement sur les informations des plans 2D, permettant ainsi une visualisation claire et intuitive. Ce système facilite non seulement la compréhension des tâches à réaliser, mais également leur exécution en atelier, rendant le processus plus accessible aux apprentis.

On peut aussi citer (Xiaofei Wang, 2020), qui utilise la technologie de la réalité augmentée et du code à réponse rapide pour le cours de dessin technique dans lequel les utilisateurs peuvent scanner les QR codes imprimés sur papier grâce à la caméra du téléphone

portable et le modèle 3D correspondant peut ensuite être visualisé avec les vues imprimées dans le cahier d'exercices pour un apprentissage intuitif grâce à la caméra du téléphone portable.

Cette étude démontre l'importance et la facilité d'intégration de la reconnaissance d'image avec la réalité augmentée pour transformer les espaces de travail en environnements intelligents et interactifs.

1.5 CADRES THÉORIQUES

1.5.1 Théorie de l'Expérience Utilisateur (UX)

La théorie de l'expérience utilisateur (UX) s'intéresse à la manière dont les utilisateurs interagissent avec un produit ou un service, en mettant l'accent sur l'amélioration de leur satisfaction. Elle vise à optimiser des aspects clés tels que l'utilisabilité, l'accessibilité, la performance et l'interaction émotionnelle. Une bonne UX sert de guide pour analyser les facteurs qui influencent la manière dont les utilisateurs interagissent sûr avec une technologie, afin de concevoir des systèmes informatiques utilisables, fonctionnels et adaptés à leurs besoins.

L'Interface Humain-Machine (IHM) est une composante essentielle de l'expérience utilisateur (UX). Une interface bien conçue facilite l'interaction, ce qui améliore la satisfaction, la compréhension et les émotions positives de l'utilisateur. Comme le souligne (Hans Nathanaël, 2022), une mise en œuvre exemplaire de l'IHM dans le développement de systèmes apportera également de bons résultats. Plus l'IHM est mise en œuvre dans un système, meilleures seront les informations reçues et obtenues par l'utilisateur. Une bonne IHM, qui est développée dans un système, permettra aux utilisateurs de comprendre et de traiter plus facilement ce qu'ils voient et lisent pour obtenir une compréhension. Par conséquent, l'IHM aurait également un impact significatif sur la compréhension du système par les utilisateurs. D'autre part, l'IHM est également importante pour influencer les conditions émotionnelles des utilisateurs. Bien que l'IHM soit un élément clé, l'UX prend en compte d'autres facteurs, comme les attentes des utilisateurs avant l'interaction et leur satisfaction après utilisation contribuant à une expérience globale positive.

1.5.2 Éléments d'UX Considéré Pour une Vitrine Interactive

L'expérience utilisateur (UX) de notre application est conçue pour offrir une interaction fluide et intuitive, répondant aux besoins variés des utilisateurs, notamment les étudiants, visiteurs, et collaborateurs. L'objectif principal est de leur permettre un accès rapide et contextualisé aux informations, en particulier aux portfolios numériques des professeurs. Ces portfolios regroupent les compétences, réalisations, ressources pédagogiques et informations essentielles, rendant l'expérience d'interaction avec les enseignants plus riche et efficace.

Pour simplifier la navigation et maximiser l'accessibilité, l'application intègre plusieurs fonctionnalités clés :

La synthèse vocale, intégrée au système, améliore l'accessibilité et l'expérience en permettant une interaction naturelle avec l'application. Les utilisateurs peuvent recevoir des informations vocalisées, rendant l'application pratique pour ceux qui préfèrent ou nécessitent une assistance auditive.

L'interaction avec des objets 3D, offre une dimension immersive, permettant aux utilisateurs de visualiser et de manipuler des contenus interactifs, rendant l'apprentissage et la présentation d'informations plus dynamiques et engageants.

Informations contextuels, l'application se distingue également par sa capacité à fournir des informations contextualisées. Les QR codes placés stratégiquement devant le bureau d'un professeur ou dans d'autres zones clés, permettent aux utilisateurs d'accéder rapidement aux données pertinentes sans chercher manuellement.

L'interface intuitive de l'application garantit une simplicité d'utilisation, que l'utilisateur soit un étudiant à la recherche d'un document ou de rendez-vous avec le professeur, un visiteur souhaitant des informations sur un professeur ou de simple visite, ou un collaborateur cherchant à visualiser des données professionnelles. En combinant ces éléments avec une performance optimisée et une organisation claire des contenus, l'application offre une expérience utilisateur moderne et efficace. Enfin, la simplicité d'utilisation reste au cœur de la conception. L'interface intuitive, combinée à un parcours utilisateur fluide, garantit une expérience agréable et efficace, quel que soit le niveau de compétence technologique des utilisateurs.

1.6 CONCLUSION

La revue de littérature a permis de dresser un état des lieux des solutions existantes pour la présentation des portfolios académiques, en mettant en valeur les limites des formats traditionnels, comme les documents papier, les PDF, ou les sites web classiques. Ces approches, bien qu'utiles, manquent souvent d'interactivité et d'immersion, ce qui réduit leur capacité à engager les utilisateurs et à répondre aux attentes des nouvelles générations.

Dans ce contexte, la réalité augmentée émerge comme une technologie prometteuse, capable de révolutionner la manière dont les informations académiques sont présentées et consultées. En offrant une expérience immersive et contextuellement riche, la RA, soutenue par des technologies comme ARKit, ARCore, Vuforia et Unity, ouvre de nouvelles perspectives dans les domaines de l'éducation et de la communication scientifique. Les exemples d'applications existantes et les avantages pédagogiques associés confirment le potentiel de la RA pour améliorer l'interaction utilisateur et renforcer l'engagement.

L'intégration des principes de l'expérience utilisateur (UX) dans la conception d'une application RA apparaît essentielle pour garantir une adoption réussie. En mettant l'accent sur la simplicité, l'accessibilité et la personnalisation, il est possible de concevoir une solution qui dépasse les limitations des outils actuels et répond aux besoins spécifiques des utilisateurs académiques. Cette synthèse souligne ainsi la pertinence et l'importance d'un tel projet, qui s'inscrit à la croisée des technologies immersives et des exigences modernes d'accessibilité et d'interactivité.

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

La méthodologie adoptée pour ce projet repose sur une approche structurée combinant des étapes d'analyse, de conception, de développement et de validation. Chaque phase a été définie pour répondre aux exigences spécifiques du projet, en veillant à garantir l'efficacité, la précision et la cohérence dans l'implémentation des fonctionnalités de l'application.

Ce chapitre détaille les outils et techniques utilisés, les choix technologiques justifiés, ainsi que le processus de validation des résultats. Une attention particulière a été portée à l'utilisation de ARCore pour la réalité augmentée, à la gestion des données avec Firebase, et à l'intégration de fonctionnalités comme la reconnaissance d'images et la synthèse vocale, afin d'assurer une application robuste et intuitive.

2.1 ANALYSE DES BESOINS

2.1.1 Objectifs de l'Analyse des Besoins

L'analyse des besoins a pour objectif de comprendre les limitations des solutions existantes pour la présentation des portfolios académiques et d'identifier les fonctionnalités nécessaires à la conception d'une application de vitrine virtuelle en réalité augmentée. Plutôt que de recueillir directement les attentes des utilisateurs finaux (étudiants, visiteurs ou enseignants), cette étape s'est concentrée sur une étude approfondie des formats actuels de portfolios académiques, tels que les documents PDF, les sites web personnels et les portfolios numériques interactifs.

2.1.2 Méthodologie Utilisée

L'analyse s'est déroulée selon les étapes suivantes :

- *Examen de portfolios académiques existants* : Un échantillon varié de portfolios de professeurs, issus de différentes disciplines et universités, a été analysé. Ces portfolios, disponibles sous forme de sites web, de documents PDF ou d'autres formats numériques, ont permis d'identifier les tendances générales, les points forts et les faiblesses communes.
- *Comparaison des formats* : Les différents formats de présentation ont été comparés en termes de contenu, de lisibilité, d'interactivité et de facilité d'accès. L'accent a été mis sur les éléments liés à la mise en valeur des informations clés, comme les publications, les projets de recherche, les collaborations, et les coordonnées.
- *Évaluation des limites* : À partir des portfolios étudiés, une liste des limitations communes a été dressée, en tenant compte des principes modernes de design interactif et des attentes probables des utilisateurs dans un cadre académique.

2.1.3 Résultats de l'Analyse

L'analyse a mis en lumière de plusieurs limites importantes des solutions actuelles :

- *Manque d'interactivité* : Les formats analysés, qu'il s'agisse de documents PDF ou de sites web statiques, proposent une expérience de consultation passive. Les utilisateurs se contentent de lire ou de naviguer de manière linéaire, ce qui limite leur engagement.

- *Accessibilité limitée* : L'accès à ces portfolios nécessite souvent de connaître au préalable l'identité ou les coordonnées du professeur, ce qui complique la découverte pour les étudiants ou les visiteurs qui ne disposent pas de ces informations.
- *Contexte spatial absent* : Les portfolios actuels ne permettent pas d'associer directement les informations présentées à un espace physique ou à une localisation spécifique, comme un bureau ou un laboratoire.
- *Manque d'uniformité* : Les portfolios étudiés présentent une grande hétérogénéité dans leur structure et leur conception. Certains sont trop complexes et manquent de clarté, tandis que d'autres manquent de contenu pertinent ou de mise en forme professionnelle.
- *Difficulté de mise à jour* : Les portfolios numériques, notamment les sites web personnels, nécessitent des compétences techniques pour leur création et leur maintenance, ce qui dissuade certains enseignants de les tenir à jour.
- *Déconnexion avec les attentes modernes* : Avec l'essor des technologies immersives et interactives, les formats actuels apparaissent obsolètes et peu adoptés, notamment pour les nouvelles générations habituées à des expériences numériques plus engageantes.

2.1.4 Implications pour la Conception

Ces résultats ont orienté la conception de l'application de vitrine virtuelle en réalité augmentée vers les objectifs suivants :

- Offrir une expérience interactive et immersive qui capte l'attention des utilisateurs.
- Permettre une contextualisation spatiale des informations, en liant directement les portfolios à leur environnement physique (en scannant le QR code devant un bureau universitaire).
- Simplifier l'accès aux informations pertinentes, sans nécessiter de compétences techniques de la part des utilisateurs.
- Créer une solution facile à mettre à jour pour garantir la pertinence des informations affichées.
- Adopter une approche centrée sur l'utilisateur (UX) pour répondre aux attentes modernes en termes de design, d'accessibilité et d'engagement.

Ainsi, cette analyse des besoins a permis de poser des bases solides pour le développement d'une solution innovante, capable de surmonter les limitations des outils existants tout en répondant aux exigences des utilisateurs académiques.

2.2 TECHNOLOGIQUES ET OUTILS UTILISES

2.2.1 Android Studio

Android Studio est un environnement de programmation pour développer des applications mobiles (Android, s.d.). Il propose entre autres des outils pour gérer le développement d'applications multilingues et permet de visualiser rapidement la mise en page des écrans sur des écrans de résolutions variées simultanément. Il intègre par ailleurs un émulateur permettant de faire tourner un système Android virtuel sur un ordinateur.

Android Studio



Figure 2. 1: Android Studio

Source : (logowik, 2024)

2.1.2 Kotlin

Kotlin est un langage de programmation de haut niveau multiplateforme, moderne, statiquement typé et conçu pour être entièrement interopérable avec Java. Développé par JetBrains, il vise à offrir une expérience de codage améliorée avec un code concis, expressif et sûr. Kotlin est officiellement devenu le langage privilégié pour le développement d'applications Android, annoncé par Google en 2017. Cela témoigne de sa popularité croissante et de son adoption significative dans l'écosystème du développement mobile (Kotlin, 2024).



Figure 2. 2: Kotlin

Source : (theengineerscafe, 2024)

2.1.3 ARCore

Comme défini dans l'état de l'art, ARCore est la plate-forme de Google qui permet de créer des expériences de réalité augmentée. Elle se distingue par sa compatibilité multiplateforme avec une large gamme de smartphones Android et iOS, éliminant le besoin de matériel spécialisé. Elle offre des fonctionnalités avancées comme le suivi de mouvement, la détection de surfaces et d'éclairage, ainsi que des ancrages persistants pour une meilleure intégration des objets virtuels. S'intégrant facilement avec les outils Google (Maps, Firebase), ARCore simplifie le développement et bénéficie d'une documentation complète et d'une communauté active. Ses mises à jour régulières garantissent une technologie moderne et performante.



Figure 2. 3: ARCore

Source : (pokemongohub, 2024)

2.1.4 Détection des QR codes

ZXing est une bibliothèque de traitement d'images de codes-barres 1D/2D multi-format open source implémentée en Java, avec des ports vers d'autres langages (ZXing, s.d.). Elle permet de décoder et de traiter les QR codes dans les applications Android, et peut être intégrée à des systèmes de RA pour activer des contenus numériques en fonction du code scanné.

Au cours de nos recherches, nous avons découvert la fonctionnalité **Augmented Images** d'ARCore (ARCore : Augmented Images, 2024), qui permet de reconnaître des images, y compris les QR codes, et de les intégrer directement dans des environnements de réalité augmentée. Contrairement à **ZXing**, qui se concentre uniquement sur le décodage et le traitement des codes-barres et QR codes, **Augmented Images** permet de lier ces images à des contenus numériques interactifs et de les positionner dans l'espace réel, créant ainsi une

expérience immersive. Cette capacité à combiner reconnaissance d'image et réalité augmentée rend ARCore particulièrement adapté à notre projet.

2.1.5 ARCoreImg

ARCoreImg est un outil en ligne de commande qui prend un ensemble d'images de référence et génère un fichier de base de données d'images (ARCore, Outil arcoring, 2024). Cet outil est disponible dans le SDK ARCore pour Android (SDK, 2024), qui évalue également la qualité des images de référence compris entre 0 et 100 pour chaque image, dont un score d'au moins de 75 est recommandé par image pour garantir une utilisation optimale dans des applications de réalité augmentée.

2.1.6 7ID

7ID est une application mobile disponible sur Google Play et App Store qui informe, crée, modifier et vérifier le format des photos d'identité de plusieurs pays, comme le Canada, USA et tant d'autre, qui permet également de générer des signatures, des codes QR et des codes PIN. Nous avons utilisé cette application pour générer les QR codes nécessaires à notre projet, permettant ainsi d'associer chaque bureau à un code unique pour faciliter l'interaction en réalité augmentée.



Figure 2. 4: Application 7ID
Source : Capturer sur mon iPhone

2.1.7 Firebase

Firebase est une plateforme d'informatique nuagique proposée par Google, qui fournit divers outils et services pour aider les développeurs à concevoir, améliorer et gérer des applications web et mobiles. Firebase fournit une documentation détaillée et des SDK de développement d'applications multiplateformes pour aider à créer et à livrer des applications pour iOS, Android, le Web, Flutter, Unity et C++ (Firebase, 2024).

L'utilisation de Firebase permet également aux développeurs et aux entreprises de normaliser l'environnement backend sous une technologie unique et facile à apprendre, assure une sécurité et une disponibilité optimales des données grâce à des sauvegardes régulières

Parmi les caractéristiques les plus remarquables de la plateforme Google Firebase, on a les bases de données, l'authentification, les messages « push », l'analyse, le stockage de fichiers, et bien plus encore.

Comme les services sont hébergés dans le cloud, les développeurs peuvent effectuer une mise à l'échelle à la demande sans aucun problème. Firebase est actuellement l'une des principales plateformes de développement d'applications sur lesquelles s'appuient les développeurs du monde entier (back4app, s.d.).



Figure 2. 5: Firebase

Source : (porretto.com, 2024)

2.3 CONCEPTION DE L'APPLICATION

2.3.1 Objectifs de la Conception

La conception de l'application doit répondre directement aux besoins identifiés lors de l'analyse, elle s'appuie sur une architecture combinant la reconnaissance d'images augmentées et l'intégration de données contextuelles, afin de proposer une expérience utilisateur immersive et informative. Le processus s'organise autour de plusieurs étapes clés, allant de la génération des QR codes à l'affichage des informations récupérées.

L'objectif est de créer une expérience utilisateur fluide, immersive et engageante, tout en intégrant les principes de la réalité augmentée (RA). La conception prendra également en compte les aspects techniques, visuels et ergonomiques pour garantir une utilisation optimale.

2.3.2 Architecture Proposée

Génération et vérification des codes QR

Création de QR codes :

- L'application génère des QR codes uniques pour chaque professeur ou ressource spécifique.
- Chaque QR code est conçu pour être facilement scanné et relié à une image augmentée ou à un ensemble de données contextuelles.

Vérification de la qualité des QR codes :

- L'outil ARCoreImg est utilisé pour analyser et évaluer la qualité des codes QR générés.
- Les images sont acceptées uniquement si elles atteignent un score de qualité de 100, garantissant ainsi une reconnaissance optimale par l'application.

Création de la base de données des images augmentées

Génération du fichier de base de données :

- Une fois les codes QR validés, un fichier de base de données d'images augmentées est créé au format .imgdb , compatible avec ARCore.
- Ce fichier contient toutes les images augmentées nécessaires, associées à leurs codes QR respectifs.

Validation du fichier .imgdb :

- La qualité du fichier .imgdb est vérifiée pour s'assurer qu'il répond aux exigences de reconnaissance et d'interaction de l'application.

Intégration avec ARCore

Chargement du fichier .imgdb :

- ARCore utilise le fichier .imgdb comme référentiel principal d'images augmentées.
- Ce référentiel permet de détecter et de reconnaître les codes QR scannés par l'utilisateur.

Correspondance des images :

- Lorsqu'un utilisateur scanne un QR code, ARCore compare l'image capturée avec celles stockées dans le référentiel.
- En cas de correspondance, l'application identifie le contenu associé à l'image augmentée.

Récupération et affichage des informations contextuelles

Connexion à la base de données Firebase :

- Une fois la correspondance confirmée, les informations contextuelles liées au QR code sont récupérées depuis une base de données Firebase.
- Ces informations incluent des données sur le professeur, telles que ses domaines d'expertise, ses publications récentes, ses coordonnées, ou encore des liens vers des ressources supplémentaires.

Affichage des informations :

- Les données récupérées depuis Firebase sont affichées de manière dynamique sur l'écran de l'utilisateur, sous forme de texte, d'images, ou même d'éléments interactifs 3D en RA.
- L'interface utilisateur est conçue pour offrir une navigation intuitive et un accès rapide aux informations les plus pertinentes.

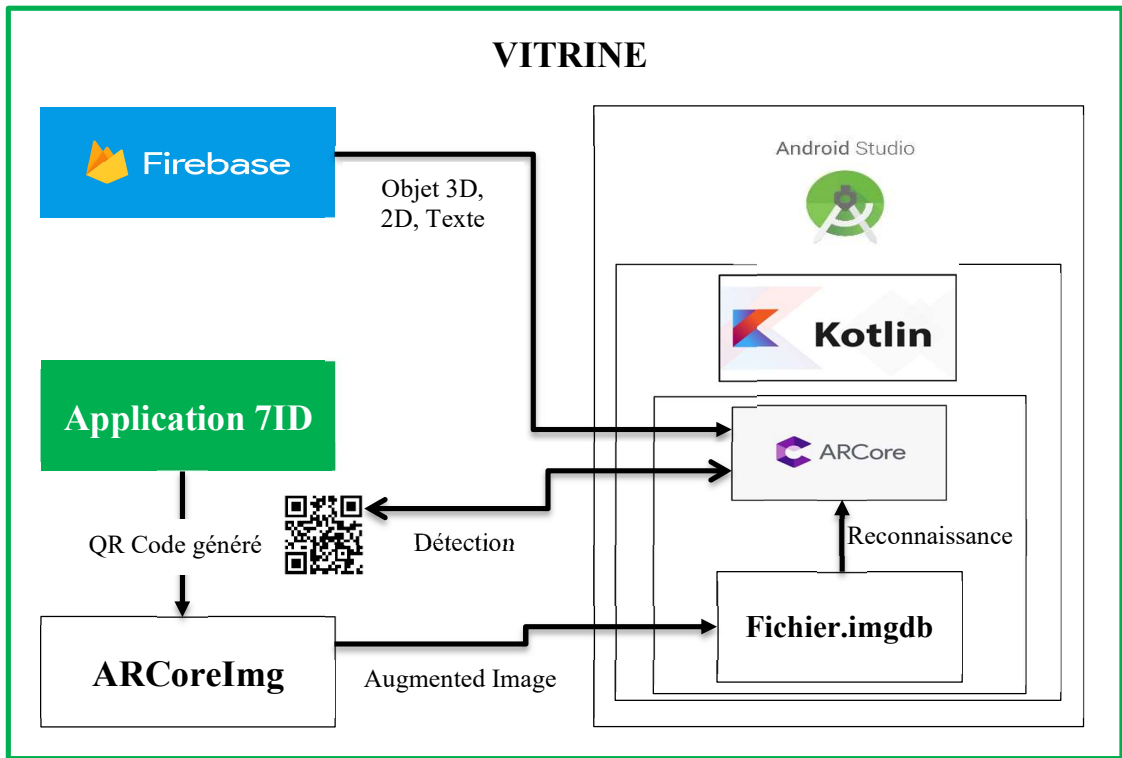


Figure 2. 6: Architecture

CHAPITRE 3

DEVELOPPEMENT

Le développement de cette application repose sur l'objectif de transformer l'accès et la présentation des portfolios académiques dans les environnements universitaires et professionnels grâce à l'intégration de la réalité augmentée (RA). En mettant en valeur les portfolios des professeurs de manière interactive et contextuelle, l'application vise à améliorer l'expérience utilisateur tout en répondant aux besoins spécifiques des étudiants, collègues et visiteurs. Ce chapitre détaille les différentes étapes du processus de développement, en abordant les choix technologiques, les fonctionnalités essentielles, et l'architecture sous-jacente permettant cette transformation.

La présentation commence par une analyse du contexte et des motivations derrière les choix d'environnement et des outils utilisés. Ensuite, les fonctionnalités principales de l'application sont décrites, accompagnées de diagrammes explicatifs pour une meilleure compréhension de l'interaction et du flux des données. Une attention particulière est accordée à la gestion des données contextuelles, ainsi qu'à la manière dont l'interaction utilisateur est pensée pour maximiser l'efficacité et l'engagement. L'objectif final est de démontrer comment ces choix contribuent à la réalisation d'une solution innovante et adaptée aux besoins des utilisateurs.

3.1 CONTEXTE ET CHOIX DE L'ENVIRONNEMENT

L'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) a été choisie comme environnement d'application. Plus précisément, le département informatique a servi de point de départ pour tester et démontrer les capacités de la solution.

Pour cela, un QR code a été généré pour représenter le bureau du chef de département. Ce QR code agit comme un déclencheur permettant d'accéder à une variété d'informations liée au département.

3.1.1 Rôle du QR Code dans l'Application

Le QR code associé au bureau du chef de département incarne une solution innovante pour répondre à plusieurs problématiques :

- *Identification et localisation* : Les visiteurs, étudiants ou collègues peuvent facilement identifier le bureau et obtenir des informations sans avoir à interrompre l'occupant.
- *Accès à des informations contextuelles* : En scannant le QR code, les utilisateurs accèdent immédiatement à un contenu pertinent et à jour, présenté dans un format interactif et engageant.
- *Valorisation de l'espace physique* : L'utilisation de la RA transforme un simple espace en une plateforme dynamique de communication, incluant le monde numérique au contexte physique.

3.2 DESCRIPTION DU CAS PRATIQUE

L'application a été développée en Kotlin dans Android Studio, intégrant le plugin ARCore pour exploiter les capacités de réalité augmentée. L'application est conçue pour scanner les QR codes et offrir un menu interactif comportant quatre options principales.

3.2.1 Fonctionnalités du Menu Principal

Informations

Affiche toutes les informations nécessaires sur le département informatique, telles que :

Le nom et les compétences du chef du département, l'adresse et les horaires de disponibilité et les détails sur les projets et activités

Projets

Permet de découvrir les projets sur lesquels le chef du département travaille.

Les projets sont visualisés en 3d avec la réalité augmentée, offrant une interaction immersive à l'utilisateur.

Courriel

Affiche les disponibilités du chef du département et permet à l'utilisateur d'envoyer un courriel directement dans l'application.

Appel

Affiche les plages horaires disponibles pour joindre le chef du département.

- Si l'utilisateur est un étudiant du département qui est vérifié par le code permanent, l'appel est autorisé.
- Sinon, un message informe l'utilisateur que l'appel ne peut pas être effectué.

3.2.2 Synthèse Vocale

Tout au long de ces étapes, l'application fournit des retours vocaux grâce à la synthèse vocale intégrée. Ce module permet de :

- Guider l'utilisateur dans l'utilisation de l'application.
- Annoncer les résultats de la reconnaissance de QR code.
- Décrire les actions sélectionnées, rendant l'application plus accessible et interactive.

3.3 DIAGRAMMES

3.3.1 Processus de Développement

Le diagramme du processus de développement illustre les étapes et le cadre méthodologique adoptés lors du développement de l'application.

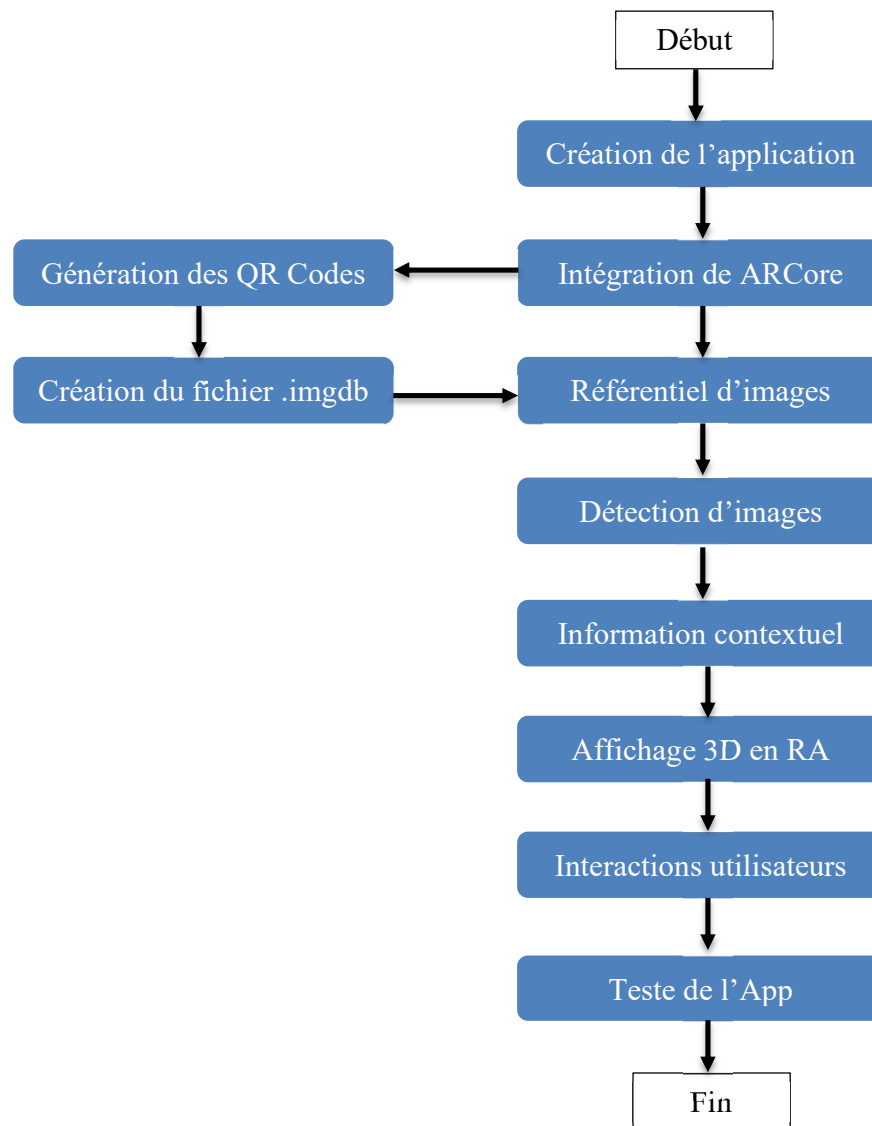


Figure 3. 1: Diagramme du processus de développement

3.3.2 Flux de Données

Le diagramme de flux de données illustre les interactions principales entre les composants du système, en partant de l'utilisateur jusqu'aux actions déclenchées par l'application.

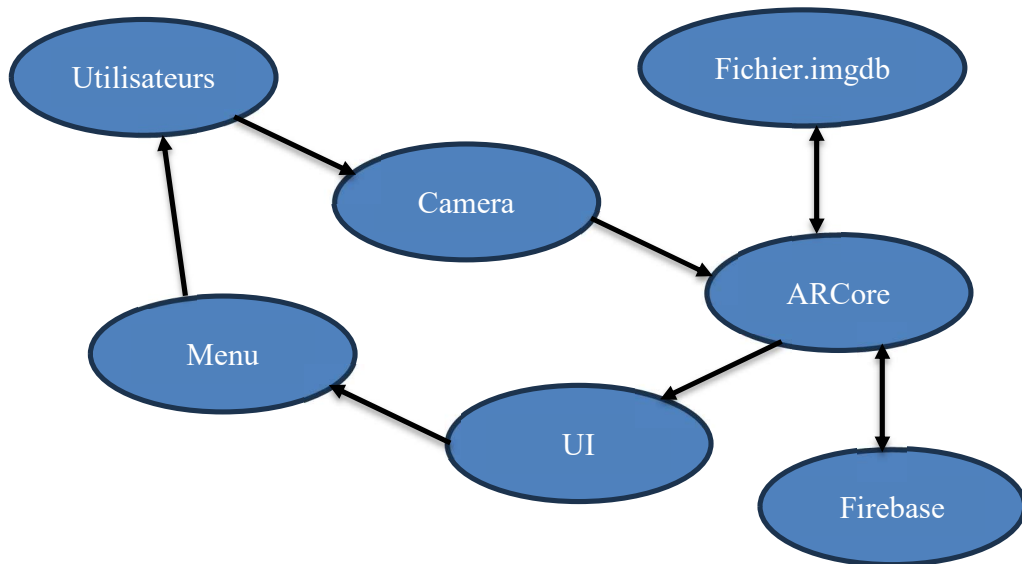


Figure 3. 2: Diagramme de flux de données

3.3.3 Activités

Le diagramme d'activité met en évidence les étapes cruciales, notamment la détection des QR codes et l'affichage des options pertinentes à l'utilisateur. Ce diagramme présente également les conditions de décision qui déterminent le flux du processus.

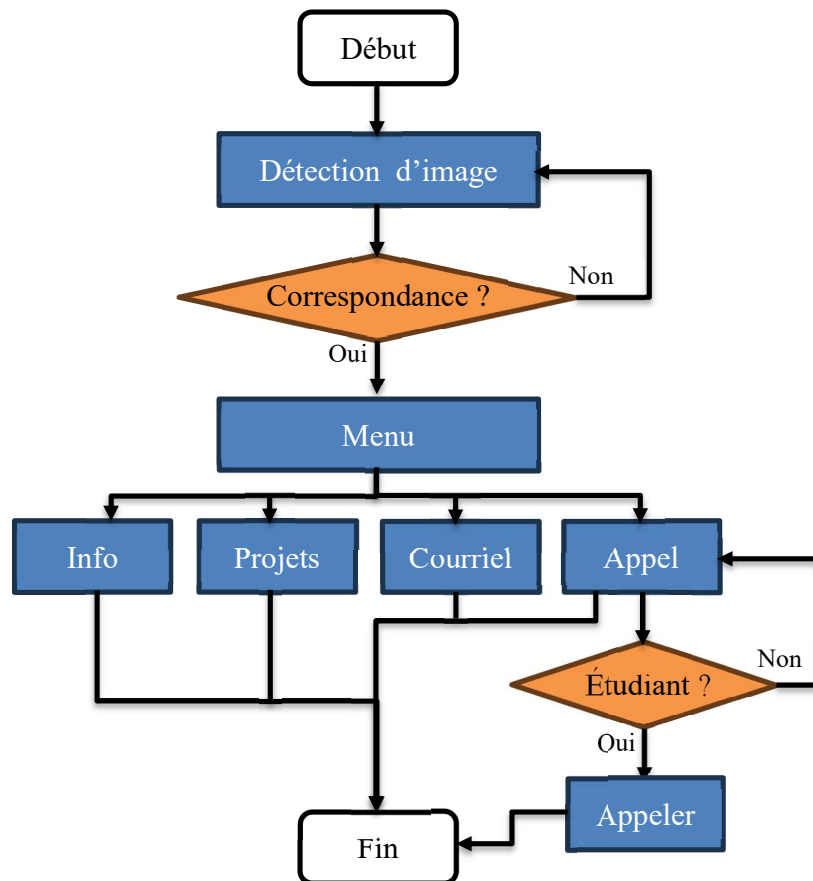


Figure 3. 3: Diagramme d'activités

3.4 CRÉATION DE L'APPLICATION

L'application a été développée en Kotlin à l'aide de l'environnement de développement intégré Android Studio.

Voici la page d'accueil de l'application



Figure 3. 4: Application Vitrine

3.5 IMPLÉMENTATION DU PLUGIN ARCORE

L'implémentation du plugin ARCore dans le projet a commencé par l'ajout des dépendances nécessaires et la configuration des autorisations dans l'application.

Une session ARCore a ensuite été initialisée pour détecter les surfaces et placer des objets 3D.



Figure 3. 5: Session ARCore

Dans cette image du texte et trois objets en 3D sont ajoutés dans l'environnement.

Texte : 'Mes renseignements'

Objets en 3D : une sphère, un cube et un cylindre avec des couleurs différentes.

3.6 GENERATION DES QR CODE AVEC 7ID

Pour la génération des QR code, trois images ont été générées pour trois bureaux au sein de l'Université du Québec à Chicoutimi avec l'application 7ID.

1- Bureau du département informatique

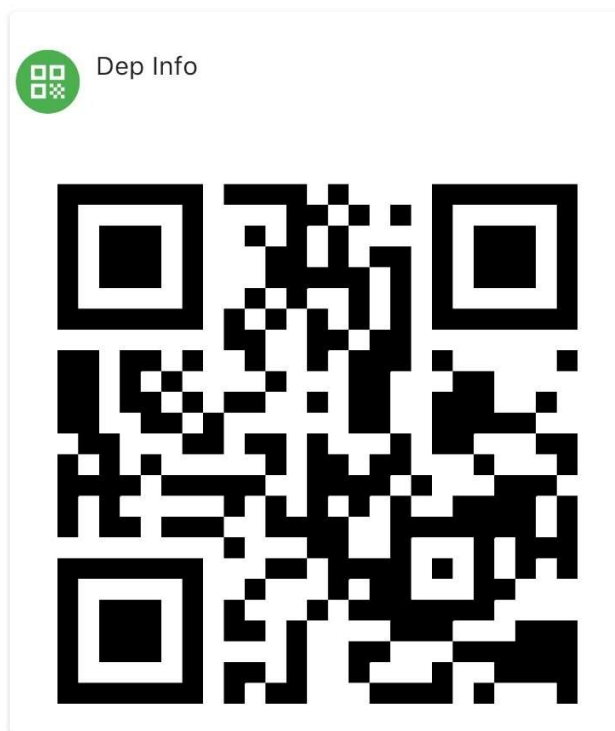


Figure 3. 6:QR Code du département informatique

2- Bureau du département de géographie



Figure 3. 7: QR Code du département de géographie

3- Bureau du département de biologie



Figure 3. 8: QR Code du département de biologie

3.7 BASE DE DONNEES D'IMAGES AUGMENTEES

Après avoir généré les trois QR codes, l'outil ARCoreImg a été utilisé pour la gestion de la base de données d'images, à savoir : la vérification des images, la création de la base de données d'images et la vérification de la qualité et du fonctionnement de cette base de données.

3.7.1 Vérification d'Images

Une vérification de la qualité des images a été réalisée afin de s'assurer qu'elles respectent les critères requis, voir l'annexe A, cette annexe présente une capture d'écran confirmant que les images ont obtenu un score de qualité de 100, preuve de leur qualité optimale pour une intégration efficace.

3.7.2 Création de la Base de Données d'Images augmentées

La création de la base de données d'images, voir l'annexe B, cette annexe présente une capture d'écran attestant du succès de cette étape. Le processus a permis de générer un fichier ".imgdb", qui regroupe les images nécessaires. Cette base de données constitue un élément clé pour la reconnaissance d'images dans l'application.

3.7.3 Vérification de la Base de Données d'Images

Une vérification supplémentaire de la base de données a été effectuée pour garantir son bon fonctionnement et sa compatibilité avec le système, voir l'annexe C, qui montre les images incluses dans la base de données maintiennent un score de qualité de 100, confirmant ainsi leur aptitude à être utilisées de manière optimale dans le projet.

Cette étape finale assure que la base de données est prête pour son intégration dans le système et pour répondre aux besoins spécifiques du projet.

3.8 RECONNAISSANCE DES QR CODES

La reconnaissance des codes QR est un aspect central de l'application, permettant d'interagir avec l'environnement de manière intuitive. Ce processus repose sur deux étapes fondamentales, l'intégration du référentiel d'images et la détection des images par la caméra de l'application.

3.8.1 Référentiel d'images

Le référentiel d'images constitue la base de la reconnaissance des QR codes.

Le fichier **.imgdb** généré à l'étape précédente est chargé dans l'environnement de réalité augmentée (RA). Ce fichier sert de base pour détecter les images, en regroupant les codes QR prêts à être identifiés.

Une fois le référentiel chargé, il est utilisé par l'application pour comparer les images capturées par la caméra avec les contenus entrés dans la base de données.

3.8.2 Détection d'Images

La détection des images est réalisée en analysant l'environnement à l'aide de la caméra de l'application :

Analyse en temps réel : La caméra scanne l'environnement et détecte les images visibles dans son champ de vision.

Comparaison avec le référentiel : Chaque image détectée est comparée aux images du référentiel augmentées :

- *En cas de correspondance trouvée* : L'algorithme retourne le nom de l'image correspondante.
- *En cas d'absence de correspondance* : Aucune information n'est retournée et le processus de recherche continue.

3.8.2 Déclenchement d'Actions Spécifiques

Lorsque le nom de l'image est identifié, cela confirme qu'une reconnaissance a été effectuée avec succès. Cette reconnaissance déclenche ensuite des actions spécifiques, comme l'affichage d'informations contextuelles associées.



Figure 3. 9: test de reconnaissance d'image et ajout d'objets 3D

Cette image illustre un test de reconnaissance d'un code QR où l'application identifie avec précision le code et superpose des objets 3D à sa position exacte dans l'espace réel. Cette superposition donne l'impression que les objets 3D existe physiquement dans l'environnement, offrant une expérience immersive et interactive. Ce processus s'appuie sur la technologie de réalité augmentée, qui synchronise les données numériques (objets 3D) avec le monde physique (QR code), enrichissant ainsi l'interaction utilisateur avec des éléments virtuels contextualisés.

3.9 INFORMATIONS CONTEXTUELLES

L'étape suivante la détection d'un QR code par l'application consiste à fournir des informations contextuelles personnalisées et adaptées au bureau identifié. Ces données, stockées dans Firebase, incluent des éléments textuels, visuels et interactifs (2D, 3D) destinés à enrichir l'expérience utilisateur.

3.9.1 Identification du QR Code Détecté

Lorsqu'un QR code est détecté par l'application :

- *Extraction du nom* : Le nom unique du QR code est extrait et utilisé comme clé d'identification.
- *Clé d'identification* : Cette clé permet de rechercher et de récupérer les informations spécifiques associées au bureau ou à l'entité représentée par le QR code dans la base de données Firebase.

3.9.2 Vérification dans la Base de Données (Firebase)

L'application interroge Firebase pour valider la présence d'une correspondance entre le QR code détecté et une entrée existante :

- *Si une correspondance est trouvée* : Les informations associées sont extraites et prêtes à être affichées.
- *Si aucune correspondance n'est trouvée* : L'application ne retourne aucune information et invite l'utilisateur à réessayer ou à scanner un autre QR code.

3.9.3 Accès aux informations liées

Les informations récupérées incluent :

- *Données textuelles* : Par exemple, le nom du bureau, les horaires d'ouverture, le chef de département, etc.
- *Données 2D* : Images ou diagrammes liés au bureau.
- *Données 3D* : Objets en réalité augmentée représentant des projets ou éléments interactifs associés au bureau.

Ce processus assure que chaque bureau dispose d'un contenu personnalisé et contextualisé, accessible en scannant simplement le QR code associé. Cette étape enrichit l'expérience utilisateur en fournissant des informations précises et interactives.

3.10 IMPLEMENTATION DES OBJETS 3D EN AR

Pour enrichir l'expérience utilisateur et implémenté les projets en cours dans chaque bureau sous forme d'objets 3D en réalité augmentée (RA), il a été nécessaire de collecter des informations sur ces projets en consultant directement le chef de département. Sur cette base, trois projets ont été intégrés à l'application avec des représentations interactives en 3D, adaptées à chaque département.

3.10.1 Projets et Objets 3D Associés

Bureau du département informatique

- *Objet 3D affiché* : Une personne dans l'espace à côté d'un satellite.
- *Contexte* : Ce projet illustre un travail technologique et innovant, reflétant les compétences et projets typiques du département d'informatique.

Bureau du département de géographie

- *Objet 3D affiché* : Une modélisation détaillée du système solaire.
- *Contexte* : Cet affichage permet de représenter des études géographiques et astronomiques liées à l'exploration et à la compréhension de l'espace.

Bureau du département de biologie

- *Objet 3D affiché* : Une série de modèles anatomiques détaillés représentant certains organes humains.
- *Contexte* : Ce projet met en lumière les recherches en biologie humaine, notamment les études sur la structure et le fonctionnement des organes.

3.10.2 Création des Modèles 3D

La création des modèles 3D pour représenter les projets des différents départements a nécessité des recherches approfondies sur des projets en réalité augmentée similaires à ces thématiques. Ces modèles ont été développés pour offrir une expérience visuelle immersive et interactive adaptée aux spécificités de chaque département.

Bureau du département informatique

Pour réaliser ces modèles 3D, des recherches ont été menées sur des projets similaires intégrant des éléments spatiaux en réalité augmentée. L'objectif est de comprendre les

techniques de modélisation de l'espace, des satellites, et des figures humaines dans un contexte 3D interactif.

Les modèles 3D ont été soigneusement sélectionnés sur le site de la NASA (NASA, s.d.) au format GLB et adaptés pour refléter une scène réaliste et immersive.

Bureau du département Géographie

Les recherches portant sur la représentation du système solaire, vise à comprendre comment un système solaire fonctionne et en particulier comment les planètes et le soleil sont modélisés en 3D.

Parmi ces recherches, le projet Solar System (Yczar, 2023) s'est révélé particulièrement pertinent pour l'objectif. Ce projet reflète parfaitement l'idée de représentation en réalité augmentée, en utilisant des images au format JPG pour représenter les objets 3D de manière réaliste et interactive.

Bureau du département Biologique

Les recherches portant sur l'anatomie humaine, nous avons trouvé les modèles 3D au format GLB dans le cadre du projet Educational Anatomy AR App for Kids (Arifeng, s.d.), qui propose des représentations pédagogiques d'organes humains en réalité augmentée.

3.10.3 Stockage dans Firebase

Les modèles 3D sont stockés dans Firebase, avec une entrée spécifique associée au nom de chaque QR code.

Cette organisation permet à l'application de récupérer dynamiquement le modèle correspondant lorsque le QR code est scanné.

3.11 INTERACTIONS UTILISATEURS

Une fois le QR code scanné, l'application charge le modèle 3D correspondant depuis Firebase. L'objet est ensuite rendu dans l'espace physique de l'utilisateur à l'aide d'ARCore, permettant des interactions telles que le zoom, le dézoom, la rotation, ainsi qu'une visualisation en temps réel.

Ces implémentations illustrent de manière immersive les projets de chaque département, renforçant l'interaction entre les utilisateurs et les informations contextuelles offertes par l'application.

L'interaction utilisateur constitue un aspect central de l'expérience offerte par l'application. Une fois qu'un QR code est scanné, l'application utilise les données associées pour charger et afficher les modèles 3D correspondants dans l'espace physique de l'utilisateur, grâce à la technologie ARCore.

3.11.1 Processus d'Interaction

Chargement des modèles 3D

- L'application interroge Firebase pour récupérer le modèle 3D lié au QR code scanné.
- Ce modèle est ensuite superposé dans l'environnement de réalité augmentée, aligné avec la position du QR code détecté.

Rendu et Visualisation

- Au moyen d'ARCore, l'objet 3D est affiché dans l'espace réel de l'utilisateur, donnant l'illusion qu'il existe physiquement.
- Le modèle reste ancré dans son emplacement tout en permettant une exploration dynamique.

3.11.2 Fonctionnalités d'Interaction

- *Zoom et Dézoom* : L'utilisateur peut agrandir ou réduire le modèle pour examiner les détails ou avoir une vue globale.
- *Rotation* : Le modèle peut être pivoté à 360 degrés pour une visualisation complète de toutes ses facettes.
- *Exploration en Temps Réel* : Les utilisateurs peuvent se déplacer autour du modèle pour observer sous différents angles, renforçant ainsi l'aspect immersif.

Ces interactions offrent aux utilisateurs une expérience immersive et ludique, en leur permettant de manipuler les modèles 3D de manière dynamique. Cette approche stimule l'engagement, renforce la compréhension des informations et crée un lien tangible entre le contenu numérique et le contexte réel.

CHAPITRE 4

RESULTATS ET ANALYSE

Ce chapitre est consacré à la présentation et à l'analyse des résultats obtenus lors des tests réalisés sur l'application *VITRINE*. Ces tests ont été conçus pour évaluer divers aspects de l'application, notamment sa performance, sa fiabilité et son efficacité dans des scénarios d'utilisation réels et simulés. L'objectif principal est de déterminer si l'application répond aux exigences définies dans les phases de conception et de développement.

Les résultats présentés dans ce chapitre permettent également de valider les choix technologiques et méthodologiques effectués, tout en identifiant les éventuelles améliorations possibles. Une attention particulière est portée à l'expérience utilisateur, à la reconnaissance des codes QR et à la présentation des informations contextuelles, afin de garantir que l'application atteigne ses objectifs d'engagement, d'interactivité et de pertinence.

4.1 TESTS

Pour effectuer les tests, trois QR codes distincts ont été générés, imprimés, puis placés sur les portes correspondantes aux bureaux des départements d'informatique, de géographie et de biologie. Chaque QR code est associé à des informations spécifiques à chaque département, permettant de tester la reconnaissance des codes et l'affichage des contenus en réalité augmentée.

4.1.1 Accès à l'Application et à la Caméra

L'application **VITRINE** propose une interface intuitive, facilitant l'exploration des environnements augmentés. Lors de l'ouverture de l'application, l'utilisateur est accueilli par une page d'accueil claire et personnalisée.

Page d'accueil

L'image ci-dessous montre l'interface d'accueil, elle comporte un bouton central au bas de l'écran, conçu pour diriger l'utilisateur vers la caméra.



Figure 4. 1: Page d'accueil

Activation de la caméra

En cliquant sur ce bouton, l'image ci-dessous montre la caméra en marche, permettant d'explorer l'environnement pour la détection de QR code

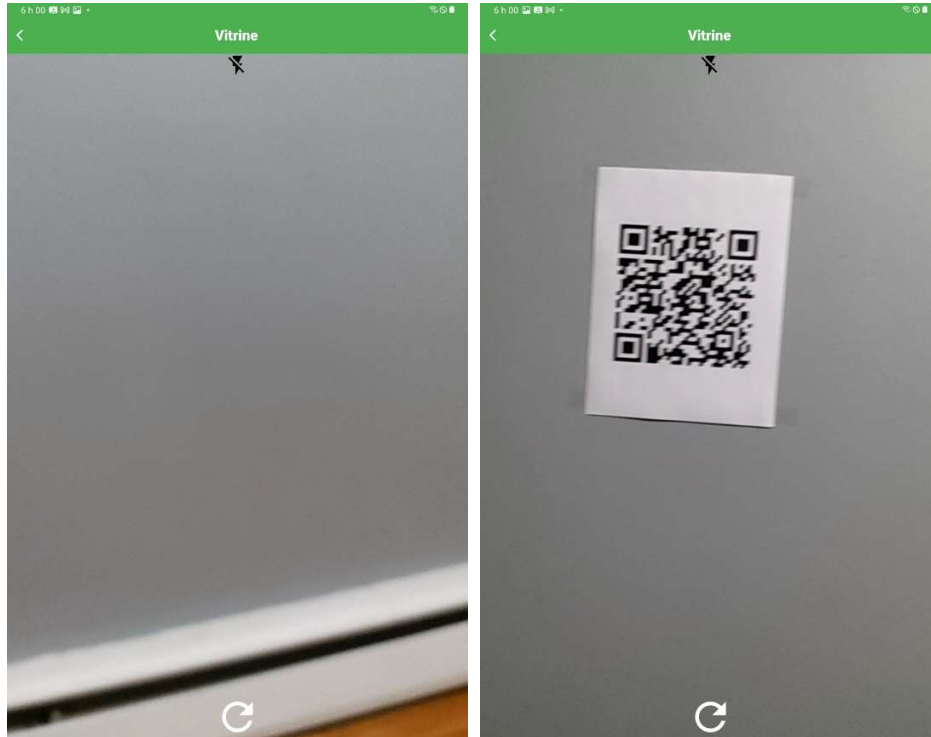


Figure 4. 2: Accès à la caméra AR

4.2 RÉSULTATS

4.2.1 Pour le Bureau du Responsable des Programmes de Maîtrise en Informatique

Lorsqu'on scanne le QR Code fixé sur la porte du bureau du chef de département informatique, l'application **VITRINE** détecte le code et affiche immédiatement le menu principal correspondant. Ce menu sert de point d'accès aux différentes informations et fonctionnalités liées au bureau du chef de département.



Figure 4. 3: Détection du QR code du bureau du chef de département

Dans cette image, le menu interactif de l'application affiche les quatre onglets principaux : Projets, Infos, Courriel, et Appel.

Les images ci-dessous illustrent l'affichage détaillé des différents onglets, chacun en lien avec les informations et fonctionnalités associées au bureau du responsable des programmes de maîtrise en informatique.

- **L'onglet Projet :**

L'onglet Projet offre une interaction immersive avec des modèles 3D représentatifs des projets du département. L'utilisateur peut redimensionner et faire pivoter les objets pour une exploration détaillée. De plus, chaque fois qu'un objet est touché, des informations associées s'affichent. En appuyant sur le bouton audio, une option vocale est activée pour fournir des descriptions sonores de l'objet sélectionné.

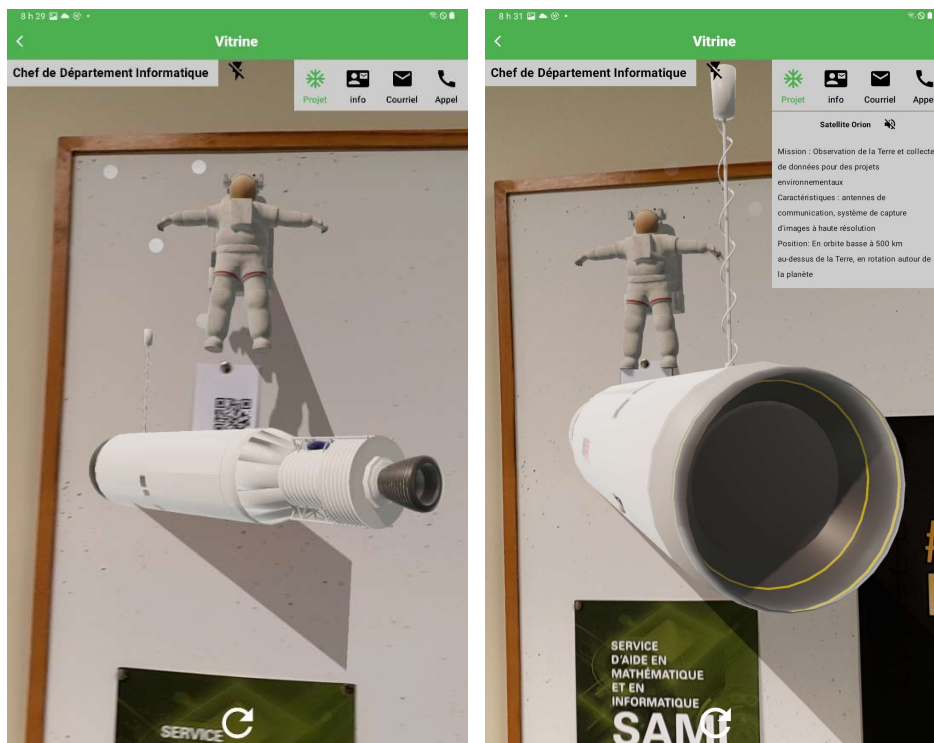


Figure 4. 4: Onglet Projet du bureau chef de département

L'image de droite illustre le moment où le satellite est touché par l'utilisateur.

Pour des détails supplémentaires sur l'interaction avec le projet du département, référez-vous à l'annexe D.

- **L'onglet Info**

L'onglet Info fournit des détails sur le bureau ainsi que des informations spécifiques concernant le chef de département.



Figure 4. 5: Onglet Info du chef de département informatique

- **L'onglet Courriel**

L'onglet Courriel permet à l'utilisateur d'envoyer un courriel directement au chef de département. L'utilisateur peut saisir son code permanent et son numéro de téléphone (champs facultatifs), ainsi que son adresse électronique, l'objet du courriel et le message détaillé. Cet onglet facilite ainsi une communication rapide et structurée avec le chef de département.

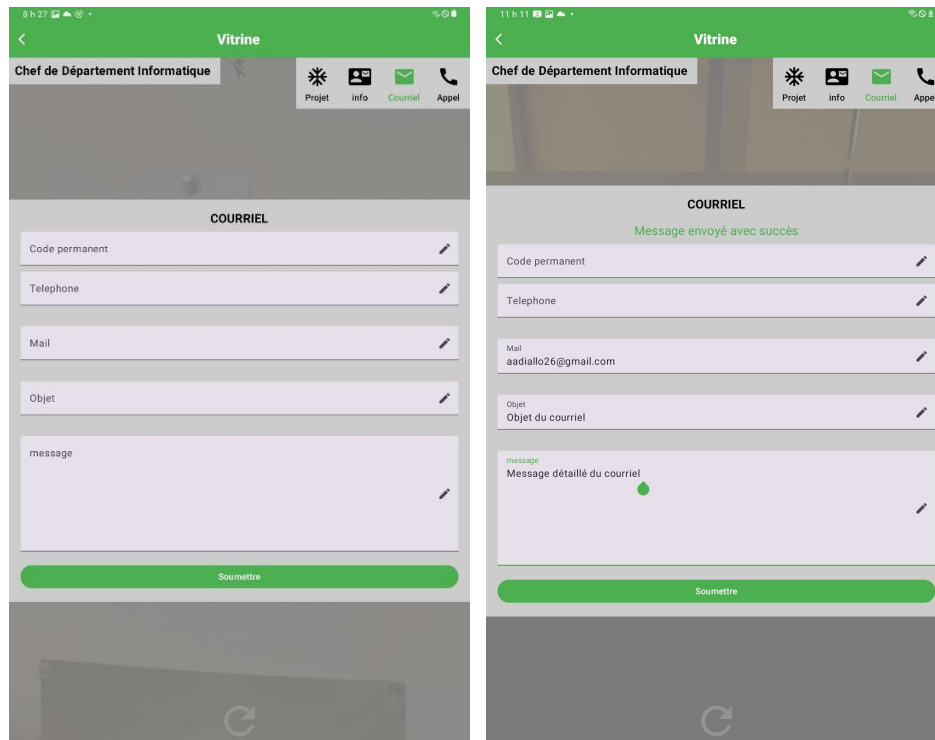


Figure 4. 6: Onglet Courriel du chef de département informatique

L'image de droite montre que le courriel a été envoyé avec succès par l'utilisateur au professeur.

- **L'onglet Appel**

L'onglet Appel permet à l'utilisateur, s'il est étudiant, de contacter directement le chef de département. Pour accéder à cette fonctionnalité, l'étudiant doit inscrire son code permanent.

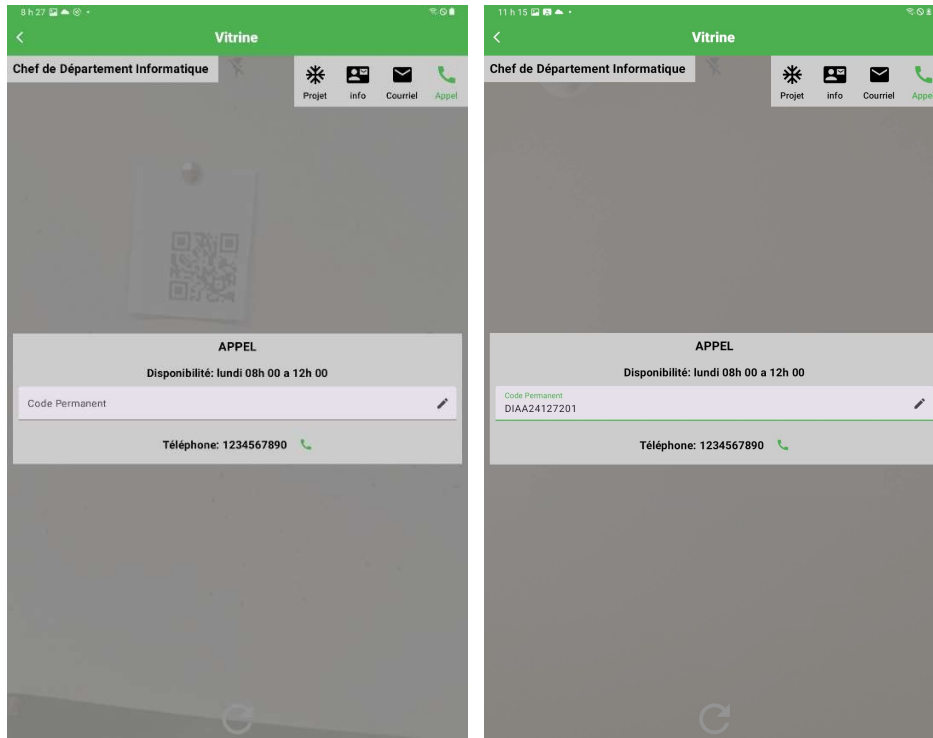


Figure 4. 7: Onglet Appel du chef de département informatique

L'image de droite montre le code permanent saisi par l'utilisateur pour passer l'appel avec le professeur.

4.2.3 Pour le Bureau du Professeur de Géographie

Détection du QR code



Figure 4. 8: Détection du QR code du bureau du professeur de géographie

- **L'onglet Projet**

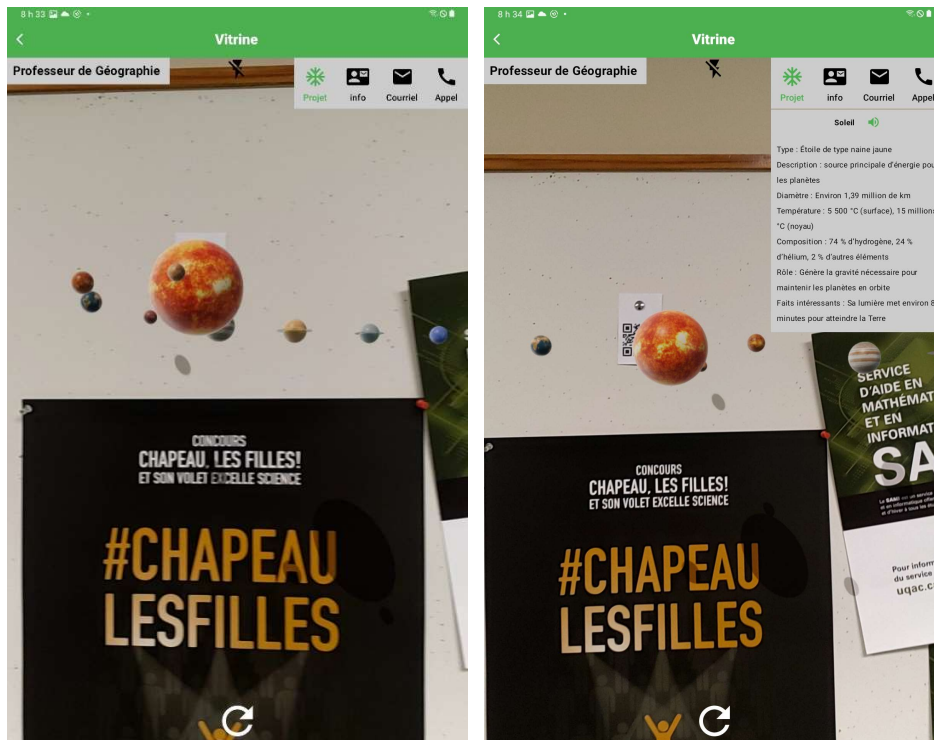


Figure 4. 9: Onglet Projet du bureau du professeur de biologie

Ces deux images illustrent le projet du professeur de géographie dédié à l'étude du système solaire. L'image de gauche présente une représentation visuelle du système solaire dans son ensemble, tandis que l'image de droite montre l'interaction de l'utilisateur avec les planètes, offrant une expérience immersive et interactive. Voir l'annexe E pour des détails supplémentaires sur l'interaction avec le projet.

- **L'onglet Info**

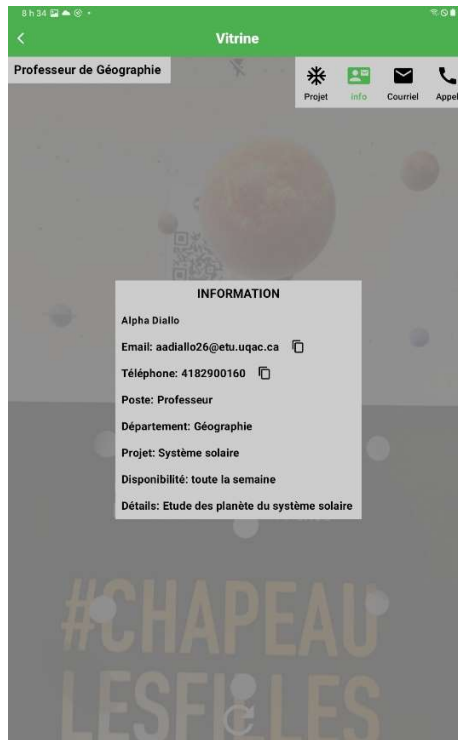


Figure 4. 10: Onglet Info du professeur de géographie

- **L'onglet Courriel**

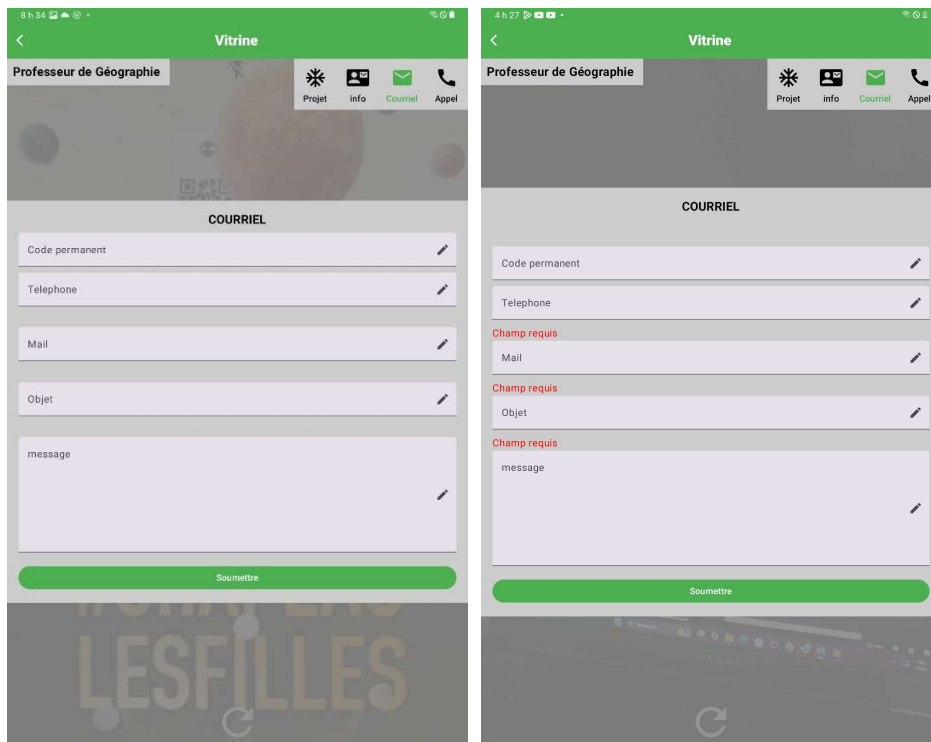


Figure 4. 11: Onglet Courriel du professeur de géographie

L'image de droite montre que lorsque l'utilisateur essaie d'envoyer un courriel, l'application indique qu'il est impossible de procéder en raison de champs obligatoires non remplis.

- **L'onglet Apple**

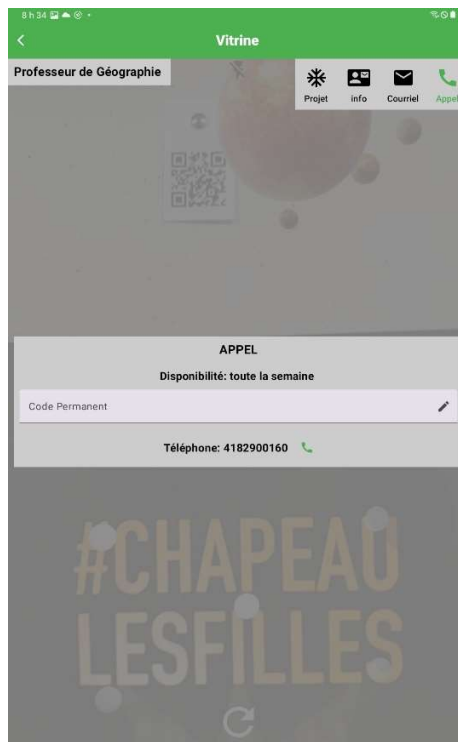


Figure 4. 12: Onglet Appel du professeur de géographie

4.2.3 Pour le Bureau du Professeur de Biologie

Détection du QR code



Figure 4. 13: Détection du QR code du bureau du professeur de biologie

- **L'onglet Projet**

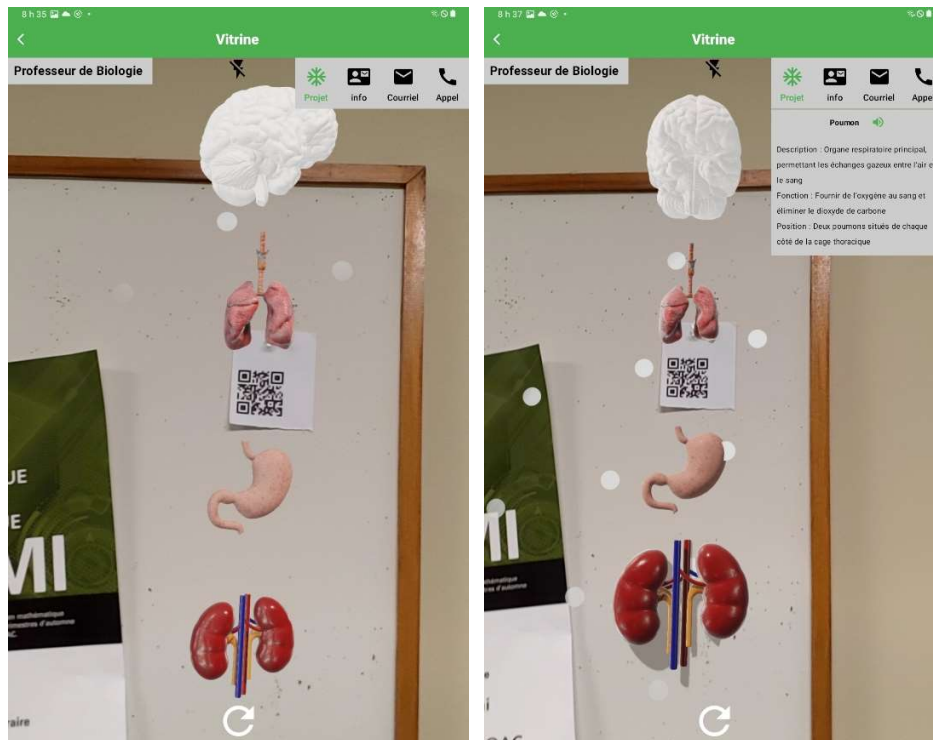


Figure 4. 14: Onglet Projet du professeur de biologie

Ces deux images illustrent le projet du professeur de biologie consacré à l'étude des organes humains. L'image de gauche propose une représentation visuelle globale, tandis que l'image de droite met en avant l'interaction de l'utilisateur avec les organes, offrant une expérience immersive et interactive. Pour plus de détails sur l'interaction avec le projet, référez-vous à l'annexe F.

- **L'onglet Info**

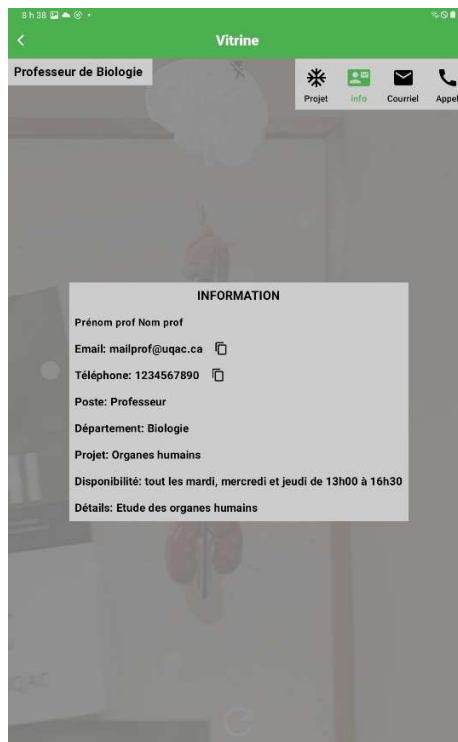


Figure 4. 15: Onglet Info du professeur de biologie

- **L'onglet Courriel**

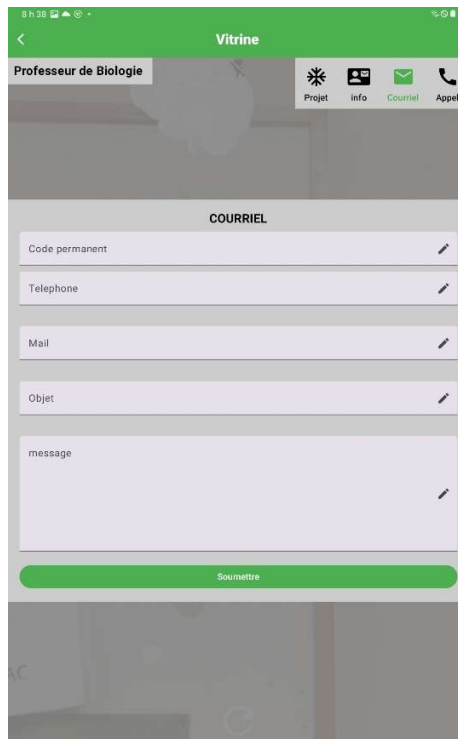


Figure 4. 16: Onglet Courriel du professeur de biologie

- **L'onglet Apple**

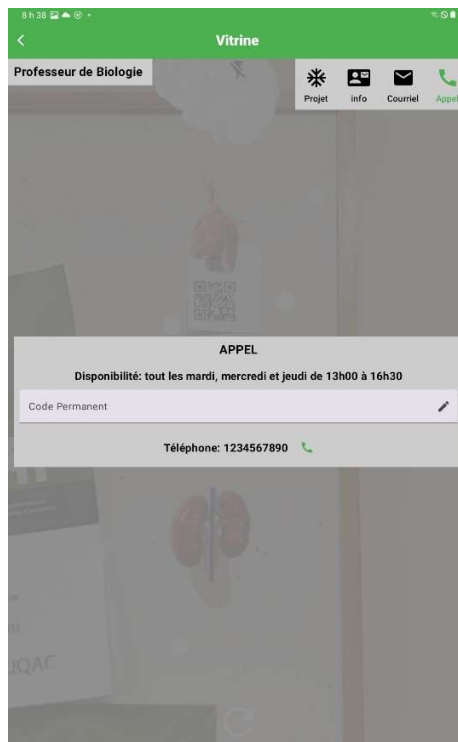


Figure 4. 17: Onglet Appel du professeur de biologie

4.3 ANALYSE

4.3.1 Recommandations d'Utilisation

- L'application nécessite parfois d'ajuster la distance entre le téléphone et l'image cible, soit en rapprochant soit en éloignant l'appareil, pour garantir une détection correcte.
- La reconnaissance d'une image peut parfois prendre quelques secondes avant de s'effectuer.

4.3.1 Amélioration pour le Futur

Le point faible constaté dans l'application concerne la reconnaissance des images, qui présente certaines limitations :

Temps de Détection Prolongé

La reconnaissance d'une image peut parfois prendre quelques secondes avant de s'effectuer. Ce délai peut ralentir l'expérience utilisateur, notamment dans des situations où une réponse rapide est attendue.

Sensibilité à la Distance

L'application nécessite parfois d'ajuster la distance entre le téléphone et l'image cible, soit en rapprochant soit en éloignant l'appareil, pour garantir une détection correcte. Cette contrainte peut rendre l'utilisation moins fluide et nécessiter plusieurs essais pour obtenir une reconnaissance réussie.

CHAPITRE 5

DISCUSSION

Ce chapitre propose une réflexion approfondie sur les apports du projet VITRINE, en mettant en lumière les avantages qu'il apporte dans un contexte académique et technologique. Les implications pour les institutions, notamment en matière d'innovation, d'adoption des technologies émergentes, et de valorisation des compétences, sont également discutées.

5.1 APPORTS DU PROJET

Le projet VITRINE s'inscrit dans une perspective innovante en exploitant la réalité augmentée (RA) pour répondre aux besoins spécifiques des institutions académiques.

5.1.1 Modernisation de la Présentation des Portfolios Académiques

Grâce à l'application VITRINE, les portfolios académiques des professeurs, souvent perçus comme statiques et limités dans leur accessibilité, sont transformés en expériences interactives. La RA permet une visualisation immersive et engageante des compétences, des projets de recherche, et des informations institutionnelles.

5.1.2 Amélioration de l'Expérience Utilisateur

En proposant des fonctionnalités comme l'interaction avec des modèles 3D, l'accès à des informations contextuelles par les QR codes, et la communication simplifiée avec les professeurs, VITRINE place l'utilisateur au centre de l'expérience. Cela répond aux attentes des nouvelles générations, habituées aux outils technologiques immersifs et interactifs.

5.1.3 Accessibilité et Interactivité

Le recours aux codes QR rend les informations facilement accessibles, même dans les environnements physiques comme les campus universitaires. De plus, la possibilité d'explorer des données enrichies en RA crée un pont entre l'espace physique et numérique, améliorant ainsi l'interactivité.

5.1.4 Impact Pédagogique et Institutionnel

L'utilisation de la RA enrichit la pédagogie en rendant les informations plus compréhensibles et engageantes. Par exemple, la visualisation en 3D des projets scientifiques permet une meilleure compréhension des concepts complexes. Cela contribue également à la réputation des départements en mettant en avant leur capacité à adopter des solutions technologiques avancées.

5.1.5 Catalyseur pour l'Adoption de la RA

Le projet démontre la pertinence de l'intégration de la RA dans des contextes académiques. Il sert de preuve de concept pour d'autres initiatives similaires, stimulant ainsi l'adoption de technologies immersives par d'autres institutions.

5.2 IMPLICATIONS POUR LES INSTITUTIONS

Les résultats obtenus à travers VITRINE entraînent des répercussions importantes pour les institutions académiques, notamment en termes d'innovation, de compétitivité, et de gestion des relations avec les parties prenantes.

5.2.1 Innovation Technologique dans les Pratiques Académiques

Le projet VITRINE illustre comment les institutions peuvent moderniser leurs pratiques en adoptant des solutions technologiques comme la RA. Cela leur permet de se positionner comme des leaders innovants dans l'enseignement supérieur, attirant ainsi des étudiants, des chercheurs, et des partenaires industriels.

5.2.2 Valorisation des Départements et des Compétences

La mise en avant des portfolios académiques par une application interactive renforce la visibilité des départements et des professeurs. Cela peut avoir un impact positif sur leur réputation, facilitant les collaborations nationales et internationales.

5.2.3 Renforcement de la communication interne et externe

En intégrant des fonctionnalités comme l'envoi de courriels ou les appels directs, VITRINE améliore la communication entre les étudiants, les professeurs et les administrateurs. Cela simplifie les interactions quotidiennes et favorise une meilleure gestion des relations institutionnelles.

5.2.4 Atténuation des Limitations des Solutions Traditionnelles

Les limites des portefeuilles académiques traditionnels (statiques, peu interactifs, difficultés d'accès) sont surmontées par le projet. Cela encourage une adoption plus large des outils numériques modernes, même par les professeurs ayant peu de compétences techniques.

5.2.5 Opportunités pour la Recherche et le Développement

Le succès de VITRINE ouvre la porte à de futures recherches sur l'utilisation de la RA dans d'autres domaines académiques. Cela peut inclure la création d'applications éducatives, de visites guidées interactives pour les campus, ou même d'outils pour la formation en réalité mixte.

5.2.6 Avantages pour l'Image Institutionnelle

Une institution qui intègre des solutions comme VITRINE renforce son attractivité auprès des étudiants potentiels et des partenaires industriels. Elle montre sa capacité à innover et à répondre aux besoins des utilisateurs modernes, renforçant ainsi son image de marque.

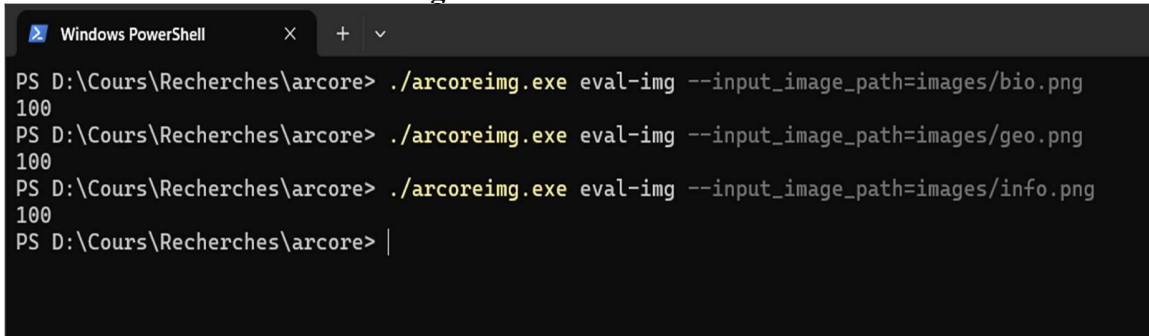
CONCLUSION

Le projet **VITRINE** a permis de démontrer le potentiel de la réalité augmentée (RA) dans des environnements professionnels et académiques, en facilitant un accès rapide et intuitif à des informations contextuelles. Grâce à l'intégration de la technologie ARCore, l'application propose une expérience immersive qui combine reconnaissance d'images, gestion d'objets 3D interactifs et fonctionnalités pratiques comme la synthèse vocale. En adoptant une méthodologie rigoureuse allant de la conception à l'implémentation, le projet a abouti à un outil fonctionnel et innovant, adapté à un environnement académique tel que l'Université du Québec à Chicoutimi. Ce travail met en lumière l'importance des technologies émergentes pour répondre aux besoins modernes en matière d'interactivité, d'accessibilité et d'efficacité, tout en enrichissant la présentation des portfolios académiques.

Les résultats obtenus ouvrent des perspectives prometteuses. Des techniques d'amélioration, telles que l'ajout de nouvelles fonctionnalités, l'intégration d'autres technologies immersives ou l'adaptation à des contextes variés, pourraient encore renforcer l'impact du projet. À long terme, le projet **VITRINE** pourrait devenir une référence en matière d'utilisation de la réalité augmentée dans les cadres académiques et professionnels. En conclusion, ce projet pose les bases solides pour explorer davantage les applications de la RA dans divers domaines, démontrant ainsi son rôle clé dans la transformation numérique des institutions modernes. Il illustre également le potentiel de l'innovation technologique pour améliorer l'expérience utilisateur, renforcer la communication et favoriser une meilleure valorisation des compétences et des réalisations académiques.

ANNEXES

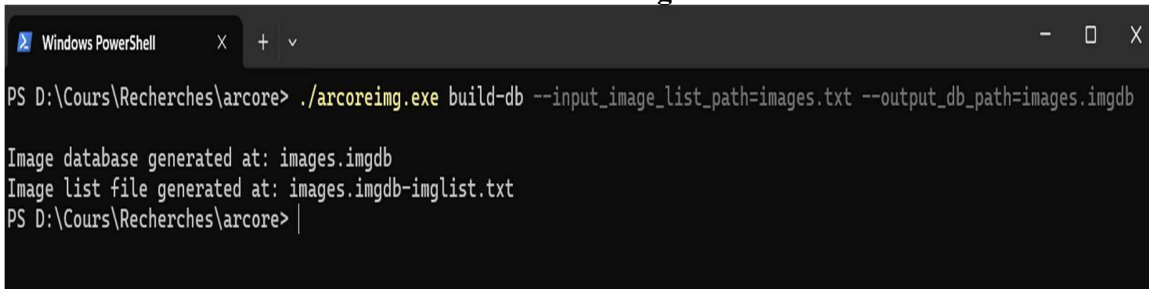
Annexe A : Vérification des images



```
Windows PowerShell
PS D:\Cours\Recherches\arcore> ./arcoreimg.exe eval-img --input_image_path=images/bio.png
100
PS D:\Cours\Recherches\arcore> ./arcoreimg.exe eval-img --input_image_path=images/geo.png
100
PS D:\Cours\Recherches\arcore> ./arcoreimg.exe eval-img --input_image_path=images/info.png
100
PS D:\Cours\Recherches\arcore> |
```

Figure 1: Vérification des images

Annexe A : Création de la base de données d'image

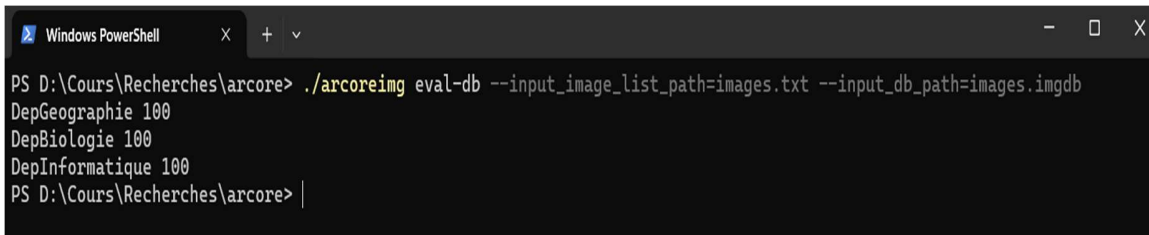


```
Windows PowerShell
PS D:\Cours\Recherches\arcore> ./arcoreimg.exe build-db --input_image_list_path=images.txt --output_db_path=images.imgdb

Image database generated at: images.imgdb
Image list file generated at: images.imgdb-imglist.txt
PS D:\Cours\Recherches\arcore> |
```

Figure 2: Création de la base de données d'image

Annexe C : Vérification de la base de données d'image



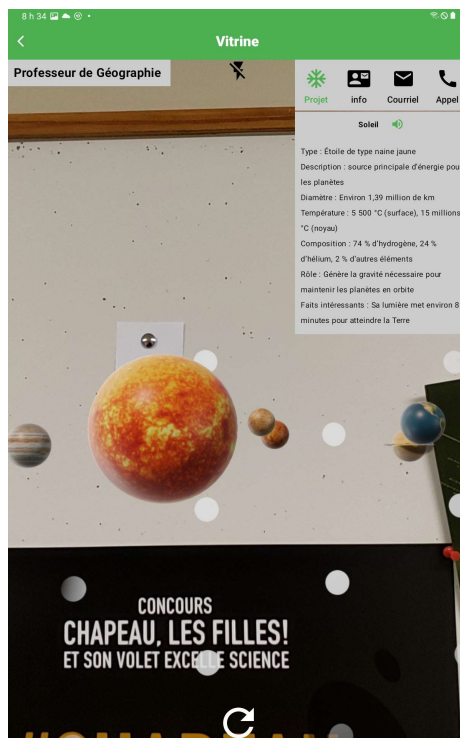
```
Windows PowerShell
PS D:\Cours\Recherches\arcore> ./arcoreimg eval-db --input_image_list_path=images.txt --input_db_path=images.imgdb
DepGeographie 100
DepBiologie 100
DepInformatique 100
PS D:\Cours\Recherches\arcore> |
```

Figure 3: Vérification de la base de données d'image

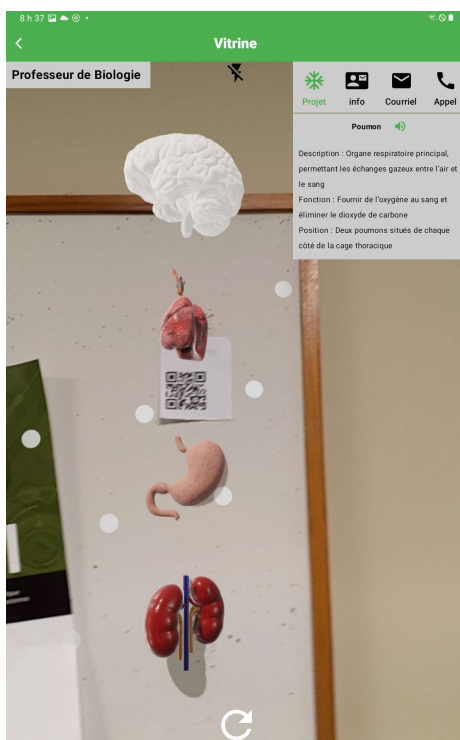
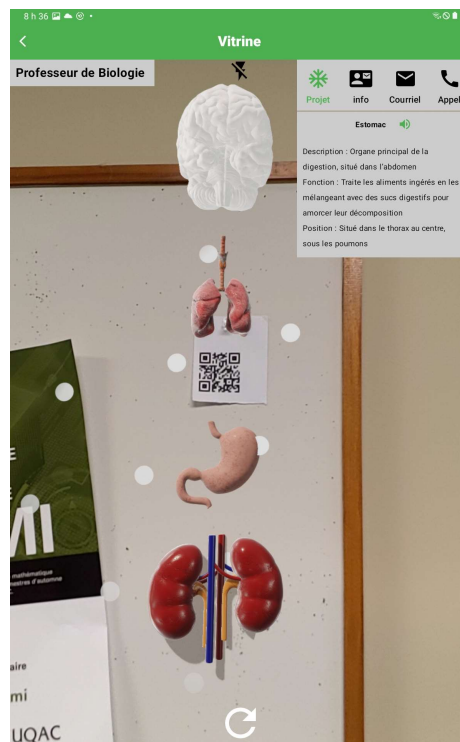
Annexe D : Onglet projet du bureau du chef de département informatique



Annexe E : Onglet projet du bureau du professeur de géographie



Annexe F : Onglet projet du bureau du professeur de biologie



LISTE DE RÉFÉRENCES

- Al-Najdi, S. M. (2022, avril 04). L'efficacité de l'utilisation de la réalité augmentée (RA) pour améliorer les performances des élèves. utilisation de codes à réponse rapide (QR) dans les manuels scolaires du système éducatif saoudien, 70, pp. 1105–1124. doi:10.1007/s11423-022-10100-4
- Android, D. (s.d.). Android Studio. Récupéré sur [developer.android.com](https://developer.android.com/studio): <https://developer.android.com/studio>
- Apple. (s.d.). Le tout nouvel Apple Vision Pro. Récupéré sur YouTube : <https://www.youtube.com/watch?v=29gV1x7jjpg>
- ARCore, G. (2024). ARCore : Augmented Images. Récupéré sur Google ARCore: <https://developers.google.com/ar/develop/java/augmented-images>
- ARCore, G. (2024). Outil arcoring. Récupéré sur Google ARCore: <https://developers.google.com/ar/develop/augmented-images/arcoring>
- Arifngk. (s.d.). Educational Anatomy AR App for Kids. Récupéré sur [github.com](https://github.com/Arifngk/Educational-Anatomy-AR-App-for-Kids/blob/main/README.md): <https://github.com/Arifngk/Educational-Anatomy-AR-App-for-Kids/blob/main/README.md>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. PRESENCE: Teleoperators & Virtual Environments, 6.
- back4app. (s.d.). Qu'est-ce que Firebase ? Tous les secrets dévoilés. Récupéré sur [back4app.com](https://blog.back4app.com/fr/quest-ce-que-firebase/): <https://blog.back4app.com/fr/quest-ce-que-firebase/>
- Developer, A. (2024). ARKit - Apple Developer Documentation. (Apple Developer Documentation) Récupéré sur Apple: <https://developer.apple.com/augmented-reality/arkit/>
- Developers, G. (2024). ARCore Documentation. (Google Developers) Récupéré sur Google: <https://developers.google.com/ar/develop>
- FasterCapital. (2024). Presentation-de-Google-AR. Récupéré sur [fastercapital.com](https://fastercapital.com/fr/contenu/Google-AR---Comment-utiliser-Google-AR-pour-creer-et-proposer-des-experiences-de-realite-augmentee.html): <https://fastercapital.com/fr/contenu/Google-AR---Comment-utiliser-Google-AR-pour-creer-et-proposer-des-experiences-de-realite-augmentee.html>
- Firebase, G. (2024). Firebase Documentation. Récupéré sur Google Firebase: <https://firebase.google.com/docs>
- Gang Zhao, Q. Z.-L. (10 mars 2019). Application de réalité augmentée pour l'apprentissage des plantes. Pékin, Chine: IEEE. doi:10.1109/ICSESS.2018.8663953
- Hans Nathanaël, R. Z. (2022). Nouveau récit sur le rôle de l'interaction homme-machine dans le développement des systèmes. Dans IEEE (Éd.). Bali, Indonésie. doi:10.1109/CHIuXiD57244.2022.10009656
- IKEA. (2024). IKEA Place App. (IKEA) Récupéré sur <https://www.ikea.com/ca/fr/customer-service/mobile-apps/>

- Kotlin. (2024). Kotlin Documents. Récupéré sur kotlinlang.org: <https://kotlinlang.org/docs/getting-started.html>
- logowik. (2024). Android Studio. Récupéré sur <https://logowik.com/content/uploads/images/android-studio8113.jpg>
- M. Sundarramurthi, K. C. (2022). Conception et développement d'un campus intelligent utilisant la réalité augmentée (SCAR). Bangalore, Inde: IEEE. doi:10.1109/CONECCT55679.2022.9865828
- Marc, V. (2022). Application de réalité augmentée pour aider les apprentis dans la construction métallique. HES-SO Valais, Suisse.
- Medium. (2020). Afficher des modèles 3D à l'aide de SceneForm Scenview dans votre application à l'aide de Firebase. Récupéré sur medium.com: <https://kashif-mehmood-km.medium.com/display-3d-models-in-scenview-using-arcore-and-scenform-in-your-android-app-2e92f4cdeed6>
- Menelas, B. A. (2010). Rendus sensorimoteurs en Environnements Virtuels pour l'analyse de données scientifiques complexes.
- NASA. (s.d.). 3D Resources. Récupéré sur <https://nasa3d.arc.nasa.gov/models>
- OpenCV. (2024). OpenCV Documentation. Récupéré sur <https://opencv.org>
- pokemongohub. (2024). ARCore. Récupéré sur <https://pokemongohub.net/wp-content/uploads/2018/05/ARCore.jpg>
- porretto.com. (2024). Firebase. Récupéré sur <https://porretto.com/wp-content/uploads/2020/03/firebase-logo.png>
- PTC. (2024). Vuforia Developer Portal. Récupéré sur <https://developer.vuforia.com>
- Roberto G. de A. Azevedo, N. B. (2019, juillet 08). Visual Distortions in 360° Videos. (IEEE, Éd.) 30(8), pp. 2524 - 2537. doi:10.1109/TCSVT.2019.2927344
- SDK, G. A. (2024). ARCore SDK pour Android. Récupéré sur GitHub: <https://github.com/google-ar/arcore-android-sdk/releases>
- Technologies, U. (2024). Manuel d'utilisation d'Unity. Récupéré sur <https://docs.unity3d.com/Manual/>
- Teixeira, N. D. (2020). La réalité augmentée au service de la formation professionnelle. HES-SO Valais, Suisse.
- theengineerscafe. (2024). kotlin. Récupéré sur <https://theengineerscafe.com/wp-content/uploads/2017/06/kotlin.jpg>
- Unity. (2024). Pipelines de rendu. Récupéré sur <https://docs.unity3d.com/Manual/render-pipelines.html>
- Xiaofei Wang, C. C. (2020). Cours de dessin technique sur la technologie de la réalité augmentée et du code à réponse rapide. Pékin, Chine: IEEE. doi:10.1109/ICMA49215.2020.9233543
- Yczar. (2023). Solar System. Récupéré sur github.com: <https://github.com/Yczar/solar-system/blob/master/README.md>

ZXing. (s.d.). ZXing Barcode Scanner. Récupéré sur <https://github.com/zxing/zxing>