

Rapport de projet

Planet AR : Exploration Immersive du Système Solaire

Réalisé par :

- Anas KHAÏY
- El mahdi BEN MEKKI
- Mohamed BOUIZERGUANE

Encadré par :

Pr. RHAZI Ahmed-Reda

Table de matière

I.	Introduction	3
II.	Présentation générale du projet	3
III.	Technologies et outils utilisés	4
1.	Unity 3D	4
2.	Vuforia Engine	4
3.	Langage C#	4
4.	TextMesh Pro	4
5.	Modèles 3D et rendu graphique	4
IV.	Conception et architecture de l'application	4
1.	Architecture logique et gestion des interactions	6
2.	Flux de données et interface utilisateur	6
3.	Optimisation de l'affichage et état du système	7
V.	Apport pédagogique et analyse de l'expérience d'apprentissage	7
1.	La concrétisation de l'abstrait (Visualisation spatiale)	7
2.	L'apprentissage actif et l'interactivité	7
3.	La théorie du double codage	7
4.	Limites et défis en contexte éducatif	8
VI.	Conclusion et perspectives	8
1.	Bilan du projet	8
2.	Apports personnels et académiques	8
3.	Perspectives d'évolution	8

I. Introduction

Dans le cadre du master en Technologies émergentes, et plus précisément du module « Réalité Augmentée et Virtuelle en Éducation », la réalisation d'une application de réalité augmentée constitue un levier essentiel pour comprendre les apports pédagogiques des technologies immersives. La réalité augmentée permet d'enrichir l'environnement réel par des contenus numériques interactifs, favorisant ainsi l'engagement des apprenants et une meilleure appropriation des savoirs complexes.

L'enseignement de l'astronomie repose sur des notions fortement abstraites, notamment la représentation spatiale de la planète Terre et de ses caractéristiques géographiques. Les supports traditionnels peinent souvent à offrir une visualisation concrète et interactive de ces concepts, ce qui peut limiter la compréhension des apprenants. Dans ce contexte, la réalité augmentée apparaît comme une solution pertinente pour rendre l'apprentissage plus immersif et expérientiel.

C'est dans cette perspective que s'inscrit l'application Planet AR, développée dans le cadre de ce module. Cette application permet de capturer une image cible afin d'afficher la planète Terre en trois dimensions, d'observer sa rotation de manière contrôlée et d'explorer les océans grâce à une interface interactive offrant des informations détaillées et une navigation séquentielle. Le projet vise ainsi à démontrer l'intérêt pédagogique de la réalité augmentée dans l'enseignement des sciences, en combinant visualisation 3D, interaction utilisateur et apprentissage actif.

II. Présentation générale du projet

Le projet Planet AR consiste en la conception et le développement d'une application pédagogique de réalité augmentée, réalisée dans le cadre du module Réalité Augmentée et Virtuelle en Éducation du master en Technologies émergentes. L'objectif principal du projet est de mettre en œuvre les concepts fondamentaux de la réalité augmentée tout en explorant son potentiel éducatif dans l'enseignement des sciences.

L'application repose sur la détection d'une image cible, permettant l'affichage de la planète Terre en trois dimensions dans l'environnement réel de l'utilisateur. Une fois la Terre visualisée, l'utilisateur peut observer le globe sous différents angles grâce à une animation de rotation contrôlable via une interface interactive. Les noms des principaux océans sont affichés directement sur le modèle 3D, facilitant leur identification et leur localisation spatiale.

Afin d'enrichir l'expérience d'apprentissage, l'application intègre également un panneau d'information interactif présentant des descriptions détaillées des océans terrestres. La navigation entre les informations se fait de manière séquentielle à l'aide de boutons « Suivant » et « Précédent », permettant à l'utilisateur d'explorer chaque océan de façon progressive et structurée.

À travers ce projet, l'application Planet AR vise à proposer une expérience immersive et interactive, démontrant l'apport de la réalité augmentée comme outil pédagogique innovant pour améliorer la compréhension de notions géographiques et astronomiques souvent perçues comme abstraites.

III. Technologies et outils utilisés

La réalisation de l'application Planet AR s'appuie sur un ensemble de technologies et d'outils spécialisés dans le développement d'environnements immersifs et interactifs, particulièrement adaptés à la réalité augmentée en contexte éducatif.

1. Unity 3D

Unity constitue le moteur de développement principal du projet. Il permet la création et la gestion des scènes 3D, l'intégration des modèles tridimensionnels de la Terre, ainsi que la mise en place des interactions utilisateur. Son environnement de développement offre une grande flexibilité pour le prototypage rapide et le déploiement d'applications de réalité augmentée.

2. Vuforia Engine

Vuforia Engine est utilisé pour la mise en œuvre de la réalité augmentée basée sur la détection d'images cibles. Cette technologie assure l'ancrage précis et stable du modèle 3D de la Terre dans l'environnement réel, garantissant une expérience immersive et fluide lors de l'utilisation de l'application.

3. Langage C#

Le langage C# est employé pour le développement des scripts assurant la logique de l'application. Il permet notamment de gérer l'animation de rotation de la Terre, l'interaction avec les boutons de l'interface utilisateur, ainsi que l'affichage dynamique des informations relatives aux océans.

4. TextMesh Pro

TextMesh Pro est utilisé pour l'affichage des textes au sein de l'interface utilisateur. Cet outil permet une meilleure lisibilité des informations affichées, notamment les noms et descriptions des océans, tout en offrant une grande qualité de rendu typographique.

5. Modèles 3D et rendu graphique

Le projet intègre un modèle 3D de la planète Terre, optimisé pour un affichage en temps réel. Le rendu graphique s'appuie sur le Universal Render Pipeline (URP), garantissant de bonnes performances tout en maintenant une qualité visuelle adaptée aux appareils mobiles.

IV. Conception et architecture de l'application

Comme illustré dans la Figure 1, l'application est structurée autour d'une scène Unity unique intégrant les composants essentiels à la réalité augmentée, notamment la caméra AR, les Image Targets et le Canvas de l'interface utilisateur. La hiérarchie de la scène met en

évidence la séparation entre les éléments de visualisation 3D et les composants de l'interface, tels que les boutons de contrôle de la rotation et d'affichage des informations. Cette organisation permet une gestion claire des interactions utilisateur et contribue à la lisibilité ainsi qu'à la maintenabilité de l'application.

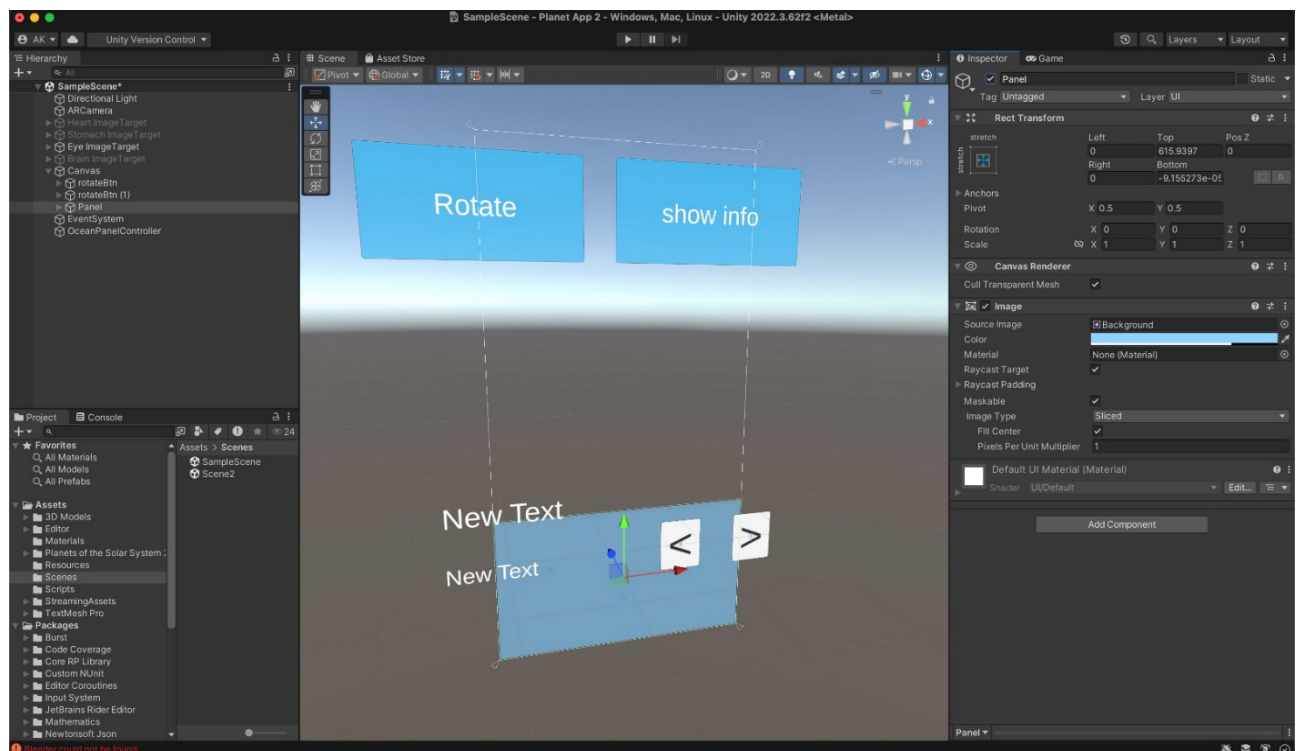


Figure 1 : Visualisation de la planète Terre en réalité augmentée avec affichage des océans.

La Figure 2 présente le rendu de l'application en situation d'exécution, après la détection de l'image cible. La planète Terre est affichée en trois dimensions et ancrée dans l'environnement réel, offrant une visualisation immersive en réalité augmentée. Les noms des principaux océans sont positionnés directement sur le globe terrestre, facilitant leur identification et leur localisation spatiale. Cette représentation visuelle, combinée aux interactions proposées par l'interface utilisateur, favorise une compréhension intuitive des caractéristiques géographiques de la planète.

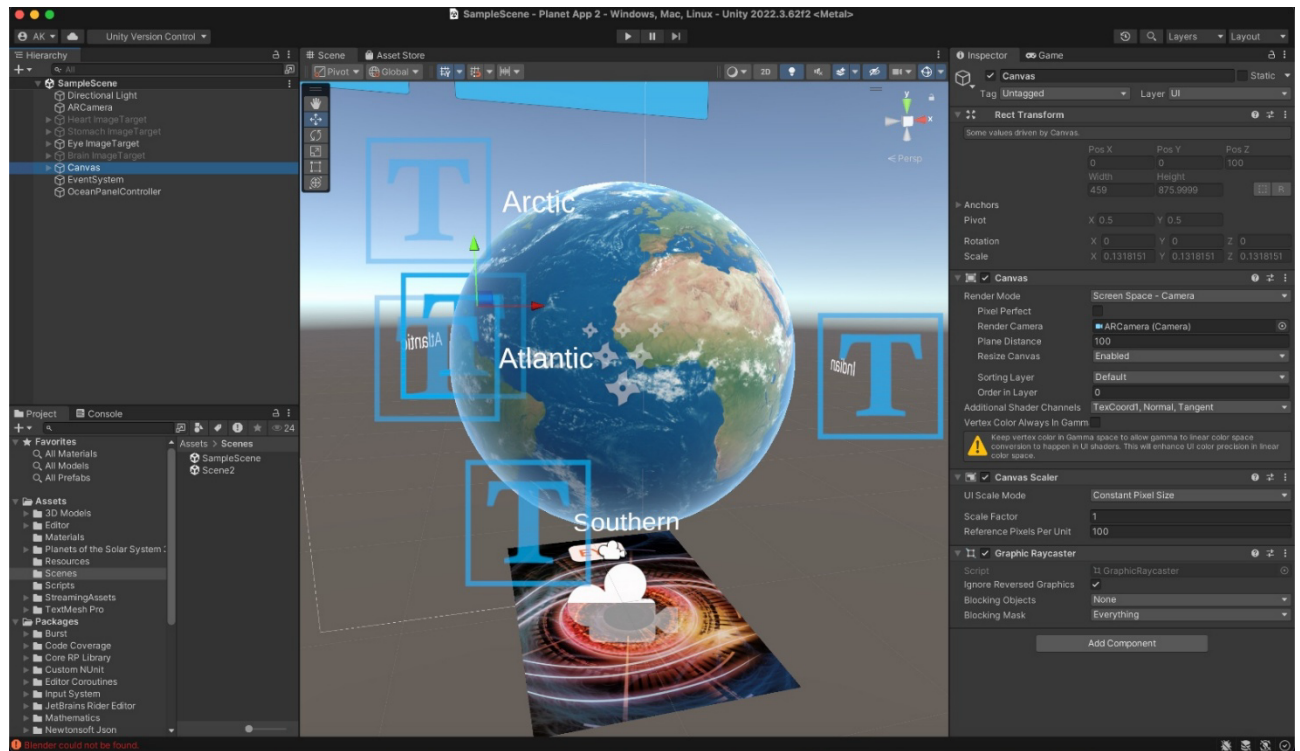


Figure 2 : Organisation de la scène Unity et interface utilisateur de l'application Planet AR.

1. Architecture logique et gestion des interactions

L'intelligence de l'application repose sur une architecture orientée composants, où chaque comportement est piloté par des scripts C# spécifiques attachés aux objets de la scène.

Contrôle de l'animation (animationClick.cs) : Ce script assure la dynamique visuelle de l'astre. Il utilise un écouteur d'événements (**AddListener**) configuré au démarrage pour lier le bouton de l'interface à la fonction de bascule de rotation. La rotation est calculée en temps réel dans la méthode **Update** en utilisant **transform.Rotate** sur l'axe vertical, pondérée par **Time.deltaTime** pour garantir une fluidité constante quelle que soit la puissance de l'appareil.

Système de navigation pédagogique (OceanPanelController.cs) : La gestion des connaissances est centralisée dans ce contrôleur qui manipule des structures de données de type tableaux (**string[]**) pour stocker les noms et descriptions des océans.

2. Flux de données et interface utilisateur

L'interface utilisateur (UI) communique avec le moteur logique via un système de navigation séquentielle.

Navigation Circulaire : Les méthodes **NextOcean()** et **PreviousOcean()** intègrent une logique de bouclage. Lorsque l'utilisateur atteint la fin de la liste des océans, l'indice est réinitialisé à zéro (et inversement), permettant une exploration continue sans interruption.

Mise à jour dynamique : Chaque interaction déclenche la méthode **UpdateUI()**, qui synchronise les composants **TextMeshPro** avec les données stockées, assurant que l'information affichée correspond toujours à l'état actuel de la navigation.

3. Optimisation de l'affichage et état du système

Une gestion d'état est mise en place via la méthode **showPanel()** pour optimiser l'expérience utilisateur :

Bascule de visibilité : Le script gère l'activation/désactivation du panneau d'information et modifie dynamiquement le texte du bouton de contrôle ("show info" / "hide info").

Interaction avec Vuforia : Pour améliorer la lisibilité lors de la consultation des textes longs, l'application peut désactiver temporairement les objets liés à Vuforia (`vuforiaObject.SetActive()`), permettant ainsi de stabiliser l'affichage et de se concentrer sur le contenu textuel sans dépendre du suivi de l'image cible.

V. Apport pédagogique et analyse de l'expérience d'apprentissage

L'intégration de la réalité augmentée dans l'enseignement de l'astronomie et de la géographie avec Planet AR répond à plusieurs enjeux didactiques majeurs.

1. La concrétisation de l'abstrait (Visualisation spatiale)

L'un des plus grands défis de l'enseignement des sciences de la Terre est la difficulté pour les apprenants de se représenter des objets à une échelle monumentale.

Apport RA : En ancrant un modèle 3D de la Terre dans l'espace physique de l'élève, l'application transforme une image bidimensionnelle (livre) en un objet tangible. Cela facilite la compréhension de la sphéricité et de la rotation terrestre, concepts souvent mal maîtrisés.

2. L'apprentissage actif et l'interactivité

Contrairement à une vidéo passive, Planet AR place l'utilisateur au centre de son apprentissage :

Contrôle de l'animation : Grâce au script `animationClick.cs`, l'apprenant décide quand arrêter la rotation pour observer un point précis. Cette interaction renforce le sentiment de contrôle et l'engagement cognitif.

Navigation séquentielle : L'utilisation du `OceanPanelController.cs` permet une exploration à son propre rythme. L'élève ne subit pas un flux d'informations ; il "appelle" l'information au moment où il est prêt à la traiter, respectant ainsi sa charge cognitive.

3. La théorie du double codage

Selon la théorie de Paivio, l'apprentissage est plus efficace lorsque l'information est présentée sous forme verbale (texte) et visuelle (image 3D) simultanément.

Mise en pratique : L'affichage dynamique des noms des océans directement sur le modèle, couplé aux descriptions détaillées dans le panneau UI, permet une meilleure mémorisation et une association immédiate entre le nom géographique et sa position spatiale.

4. Limites et défis en contexte éducatif

Il est important de noter que l'usage de la RA en classe comporte des défis :

Équipement : Nécessite des appareils mobiles performants pour maintenir la stabilité de Vuforia.

Attentionnalité : Le côté "impressionnant" de la technologie (l'effet "Wow") peut parfois distraire l'élève de l'objectif pédagogique réel (les données sur les océans). C'est pourquoi l'interface a été conçue pour être sobre et focalisée sur le contenu.

VI. Conclusion et perspectives

La réalisation de l'application Planet AR s'inscrit dans une démarche d'innovation pédagogique visant à renouveler l'enseignement des sciences de la Terre et de l'astronomie. Ce projet a permis de concrétiser le potentiel de la réalité augmentée en transformant des concepts géographiques souvent perçus comme abstraits en une expérience visuelle, interactive et mémorable.

1. Bilan du projet

Sur le plan technique, l'intégration du moteur Vuforia Engine au sein d'Unity a permis de garantir une stabilité d'affichage indispensable à une utilisation fluide en milieu éducatif. La logique développée en C# a offert une interactivité simple mais efficace, permettant à l'apprenant de devenir acteur de son exploration. L'application répond avec succès aux objectifs initiaux : ancrer un modèle 3D précis dans l'environnement réel et fournir un support d'information dynamique sur les océans.

2. Apports personnels et académiques

Ce travail a été l'occasion d'approfondir la maîtrise des outils de développement immersif tout en menant une réflexion sur la didactique des sciences. Il a mis en lumière l'importance de l'ergonomie (UI/UX) dans les outils numériques éducatifs : une interface doit être intuitive pour ne pas entraver le processus d'acquisition des connaissances.

3. Perspectives d'évolution

Bien que fonctionnelle, l'application Planet AR constitue une base qui ne demande qu'à être enrichie. Plusieurs axes de développement sont envisageables :

Expansion du système solaire : Intégrer des fiches détaillées pour chacune des autres planètes et leurs lunes respectives.

Gamification : Ajouter un module de quiz interactif où l'élève devrait identifier un océan ou une planète en pointant sa caméra vers la bonne "Image Target".

Interactivité avancée : Permettre à l'utilisateur de modifier l'inclinaison de l'axe terrestre pour observer l'impact sur les saisons, renforçant encore la valeur pédagogique du simulateur.

En conclusion, la réalité augmentée ne remplace pas l'enseignant, mais elle s'affirme comme un médiateur cognitif puissant. Planet AR démontre qu'avec des outils accessibles comme Unity, il est possible de créer des ponts entre le monde numérique et le monde physique, ouvrant ainsi de nouvelles voies vers une éducation plus immersive et inclusive.