

**Thème : Transfert et intégration de données 4D du projet Châteaux
rhénans dans le cube de réalité virtuelle**



Encadrant : Mathieu Koehl

Etudiant : Mamady KOUROUMA G5

Année académique : 2023-2024

Ecole : INSA-Strasbourg

Remerciements

En préambule de ce rapport de Projet de Recherches technologiques (PRT), je souhaite adresser mes remerciements distingués et toute ma gratitude aux personnes qui ont contribué de manière significative à la réalisation de ce travail de recherches technologiques que j'ai trouvé très enrichissant pour mon parcours académique.

Tout d'abord, je tiens à remercier chaleureusement Monsieur Mathieu Koelh encadrant du dit projet, pour avoir accepté de superviser ce travail, prodigué ses conseils et accompagné mes réflexions et expériences.

Je tiens également à exprimer toute ma reconnaissance à Madame Solène Meignen ingénieur pédagogique et responsable de la gestion du Cube VR à l'INSA, pour son soutien indéfectible depuis le début de ce projet. Merci de m'avoir initié à la manipulation du cube et d'avoir facilité mes contacts avec d'autres membres des INSA, notamment avec Monsieur **Philippe Seitier** et **Monsieur Hamid le FLEURIER** de l'INSA Toulouse qui m'ont tous apporté leurs conseils précieux pour la réussite de ce projet.

Un tout grand merci également à **Rigaud Daéren**, ancien étudiant pour avoir pris le temps de répondre à mes interrogations, contribuant ainsi à la réalisation des objectifs visés dans ce projet.

Table des matières	
Remerciements.....	2
Résumé du PRT.....	4
Abstract	4
Introduction.....	5
Chapitre 1 : Etat de l'art sur l'intégration des données 4D dans un cube de réalité virtuelle.....	7
1.1) Description du cube et du château	7
1.2) Présentation du château Wasenbourg.....	8
1.3) Travaux préalables.....	8
1.4) Conclusion.....	12
1.5) Les travaux à effectuer	12
Chapitre 2 : Intégration des données 4D dans le cube VR	13
2.1) Protocole d'intégration de données 4D dans le cube de réalité virtuelle.....	13
2.2) Récapitulatif de l'intégration des données 4D dans un cube de réalité virtuelle	17
Chapitre 3 : Interactions dans le château	18
3-1) Création d'un menu principal.....	18
3-2) Autres interactions développées dans le château :	20
3.3) Récapitulatif des diverses interactions conçues par les deux étudiants	23
3-4) La méthodologie de travail utilisée	24
3-5) Les aspects novateurs de mon travail	24
3-6) Le public cible de ce travail :	24
Conclusion et perspectives	26
Liste des figures	27
Références Bibliographiques	28
Annexes	29

Résumé du PRT

Mots clés : Immersion, cube VR, interactions, Unity 3D, programme INTERREG, langage C#, virtuel Concept, données 4D, processus d'intégration, phases de construction et destruction

Keywords: Immersion, VR cube, interactions, Unity 3D, INTERREG program, C# language, Virtual Concept, 4D data, integration process, construction and destruction phases.

Dans une démarche visant à préserver et revaloriser les patrimoines culturels, en particulier les châteaux rhénans français et allemands, dans le cadre du programme INTERREG, les premières modélisations du château de Wasenbourg ont déjà été réalisées par un ancien étudiant de l'INSA (promotion 2023) et intégrées dans un cube de réalité virtuelle. Ce Projet de Recherches technologiques (PRT) a permis de mettre en place un protocole d'intégration des données 4D dans ce cube, tout en développant des interactions complexes pour améliorer l'immersion de l'utilisateur.

Diverses fonctionnalités ont été implémentées, telles que la création d'un menu principal servant d'interface entre l'utilisateur et le château dans le cube, des simulations de destruction et de reconstruction du château grâce au langage C#, l'ajout d'une `tabletPrefab` permettant des mesures de distances et de surfaces dans le château, l'ajout d'un audioguide pour la communication des histoires du château, ainsi que le déplacement d'objets. Toutes ces fonctionnalités sont pilotées par le logiciel Unity 3D, en association avec les visualisations 3D proposées par le cube de réalité virtuelle. Ce projet représente ainsi une avancée significative dans l'intégration des données 4D, ouvrant de nouvelles perspectives pour la préservation et la valorisation du patrimoine architectural.

Abstract

As part of the INTERREG program to preserve and enhance cultural heritage, in particular French and German Rhine castles, the first models of Wasenbourg castle have already been produced by a former INSA student (class of 2023) and integrated into a virtual reality cube. This Technological Research Project (PRT) has made it possible to set up a protocol for integrating 4D data into this cube, while developing complex interactions to enhance user immersion.

Various functionalities were implemented, such as the creation of a main menu serving as an interface between the user and the castle in the cube, simulations of castle destruction and reconstruction using the C# language, the addition of a `tabletprefab` enabling distance and surface measurements in the castle, the addition of an audioguide for communicating castle stories, as well as object movement. All these functions are controlled by Unity 3D software, in association with the 3D visualizations provided by the virtual reality cube. This project represents a significant advance in the integration of 4D data, opening up new perspectives for the preservation and enhancement of architectural heritage.

Introduction

Dans une démarche visant à préserver et revaloriser les patrimoines culturels, en particulier les châteaux rhénans français et allemands, dans le cadre du programme INTERREG, les premières modélisations du château de Wasenbourg ont déjà été réalisées par un ancien étudiant de l'INSA (promotion 2023) et intégrées dans un cube de réalité virtuelle. Ce Projet de Recherche et Technologie (PRT) a permis de mettre en place un protocole d'intégration des données 4D dans ce cube, tout en développant des interactions complexes pour améliorer l'immersion de l'utilisateur.

Diverses fonctionnalités ont été implémentées, telles que la création d'un menu principal servant d'interface entre l'utilisateur et le château dans le cube, des simulations de destruction et de reconstruction du château grâce au langage C#, l'ajout d'une `Prefab` permettant des mesures de distances et de surfaces dans le château, ainsi que le déplacement d'objets. Toutes ces fonctionnalités sont pilotées par le logiciel Unity 3D, en association avec les visualisations 3D proposées par le cube de réalité virtuelle. Ce projet représente ainsi une avancée significative dans l'intégration des données 4D, ouvrant de nouvelles perspectives pour la préservation et la valorisation du patrimoine architectural.

Au cours de la dernière décennie, les avancées significatives dans les technologies d'acquisition de données 3D-4D, telles que la photogrammétrie et la lasergrammétrie, ont été remarquables. Ces technologies génèrent d'énormes ensembles de données, permettant la modélisation précise d'objets du monde réel, en produisant des maquettes 3D et 4D. Pour la visualisation de ces maquettes, de nouvelles technologies, dont le cube de réalité virtuelle, ont émergé et sont au cœur de notre étude.

Notre priorité dans ce projet est de définir un protocole d'intégration de données 4D dans ce cube de réalité virtuelle et de développer des interactions spécifiques. Ces interactions visent à offrir une compréhension immersive des phases de construction et de destruction d'un château. L'utilisation de l'outil Unity 3D et de la maquette 4D déjà intégrée dans le cube de réalité virtuelle de l'INSA, réalisée par un ancien étudiant en topographie (promotion 2023), constitue la base de notre approche.

La réalité virtuelle, devenue un principe incontournable, permet de simuler la présence physique d'un utilisateur dans un environnement artificiel tridimensionnel. Cette innovation trouve des applications diverses et s'adresse à plusieurs secteurs professionnels tels que la construction, l'architecture, l'ingénierie, le design/architecture d'intérieur, la médecine, le tourisme, l'archéologie, et bien d'autres.

Les applications éducatives permettront aux étudiants et aux amateurs d'histoire d'explorer de manière interactive les châteaux, enrichissant ainsi leur connaissance de l'histoire architecturale. Dans le domaine du tourisme, les visiteurs auront l'opportunité de vivre une expérience immersive tout en explorant des châteaux historiques. Enfin, pour la recherche, cette plateforme offre un outil précieux aux historiens, architectes et archéologues pour des analyses approfondies, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives dans divers domaines professionnels.

Problématiques :

Les premières modélisations des châteaux rhénans, réalisées dans le cadre du projet Interreg, ont été intégrées avec succès dans le cube de réalité virtuelle de l'INSA. Les objectifs majeurs de ce projet de Recherches technologiques (PRT) sont les suivants :

- Définir un protocole d'intégration des données 4D dans le cube de réalité virtuelle.
- Créer un menu principal qui sera affiché au début du jeu.
- Développer des interactions spécifiques avec les objets, notamment la simulation de destruction et de reconstruction du château pour comprendre les différentes phases de sa construction et de sa destruction.

Chapitre 1 : Etat de l'art sur l'intégration des données 4D dans un cube de réalité virtuelle

1.1) Description du cube et du château

Le cube immersif conçu par VirtuelConcept est un espace de 9 mètres carrés dans lequel l'utilisateur, voire un groupe, est plongé dans un environnement virtuel. Imaginez entrer dans une pièce où le sol et les murs sont des écrans. Ce dispositif vise à simuler la présence physique d'un utilisateur à l'intérieur d'un environnement artificiel. Différents dispositifs, généralement des masques de réalité virtuelle, facilitent cette immersion unique, bien que d'autres dispositifs soient également disponibles.

Le ConceptCube s'inspire des caves américaines mais à une échelle plus réduite, mesurant environ 3x3x3 mètres. Il est composé de cinq écrans de projection 3D et d'un système de suivi 3D, capable d'accueillir jusqu'à cinq personnes simultanément, permettant ainsi une immersion de groupe. Le système autorise plusieurs personnes à visualiser, explorer, vérifier et interagir avec un projet modélisé en 3D. Parmi les interactions possibles, citons l'ouverture des portes, le déplacement des éléments, le changement des textures et des matériaux, la simulation d'animations, et bien d'autres.

Cette technologie innovante est utilisée dans divers domaines d'activité tels que le génie civil, la médecine, l'architecture, l'archéologie, l'éducation, et bien d'autres encore. Chaque domaine l'exploite pour répondre à ses besoins spécifiques. Dans notre cas particulier, nous l'utiliserons dans le cadre de l'éducation, du tourisme et de l'archéologie, comme mentionné dans l'introduction.

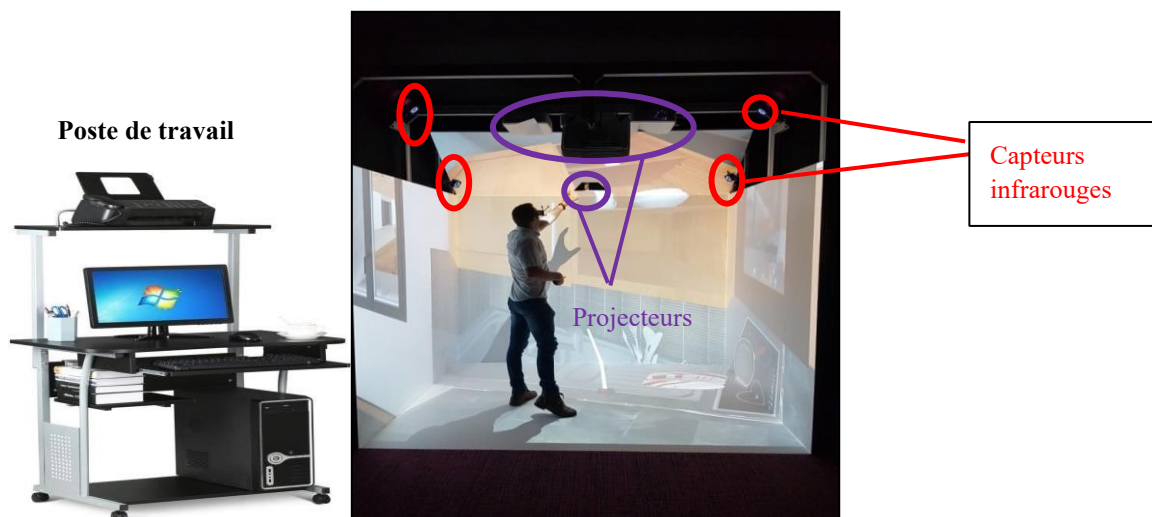


Figure 1: Description du cube de réalité virtuelle/ <https://creat-home.com/cube-3d-realite-virtuelle-angers-49/>

1.2) Présentation du château Wasenbourg

Le château du Wasenbourg est une ruine du XIII^e siècle situé dans le département du Bas-Rhin, au cœur des Vosges du Nord. Il culmine à 432 mètres sur la colline du Reisberg.

Il surplombe la ville de Niederbronn-les-Bains dont il dépend administrativement et se situe dans la forêt entre Niederbronn et Oberbronn. On peut l'apercevoir de la route départementale 1062, entre Haguenau et Bitche, à la sortie du village. L'édifice fait l'objet d'un classement au titre des monuments historiques depuis le 6 décembre 1898. (source : Wikipédia).



Figure 2: Présentation du Château Wasenbourg/Wikipédia

1.3) Travaux préalables

Peu d'articles traitent de l'intégration des données 4D dans un cube de réalité virtuelle ainsi que du développement d'interactions. La majorité se concentre sur l'utilité de cette technologie émergente dans divers domaines tels que la construction, et la médecine et tant d'autres. D'autres publications abordent le sujet de manière différente, mais elles ont contribué à élargir ma compréhension du cube de réalité virtuelle en relation avec les patrimoines culturels. Par exemple : Caputo et ses collaborateurs (2016) explorent les TECHNIQUES D'INTERACTION ET DE NAVIGATION GESTUELLES POUR LES EXPÉRIENCES MUSÉALES VIRTUELLES.

Dans cet article, ils mettent en lumière l'amélioration potentielle des musées virtuels par rapport à leurs homologues traditionnels, notamment en facilitant l'interaction avec les objets pour extraire des informations et des contenus multimédias. L'article aborde également la Sélection d'objets, où l'utilisateur peut choisir un objet en le touchant du doigt. Toutefois, dans ce scénario, l'utilisateur doit faire glisser et déposer chaque objet sur un point d'ancrage dans la scène pour déclencher l'affichage complet des informations (voir figure 3). Cette approche se révèle pratique lorsque l'utilisateur souhaite sélectionner un objet sans nécessairement le regarder directement. Cela s'avère particulièrement utile lorsque l'utilisateur souhaite explorer librement son environnement visuel ou, dans des contextes spécifiques, comparer un deuxième objet en détail.



Figure 3: Technique de sélection d'objets. L'objet sélectionné est tiré vers le point d'ancrage. Les autres éléments de la scène restent visibles et potentiellement disponibles pour d'autres actions. (Caputo 2016).

Dans l'article de Jiménez Fernández-Palacios (2017), le patrimoine culturel est présenté comme une ressource précieuse, témoin de notre passé, qui devrait être préservée pour les générations futures. Dans cet article j'ai pu comprendre que la création de représentations 3D numériques de monuments et de sites s'avère une méthode fiable à des fins de conservation et historiques.

Kalarat, K. (2014), dans sa cartographie de la façade de l'architecture sino-portugaise en réalité virtuelle, souligne l'importance cruciale de l'environnement virtuel pour immerger efficacement l'utilisateur. L'article met en avant la nécessité pour l'utilisateur d'explorer le contenu de l'environnement virtuel et d'interagir en modifiant les perspectives de manière transparente (Kalarat 2014).

Koebel et ses collaborateurs (2017) explorent l'expérience de réalité virtuelle pour explorer les archives du pavillon suisse à l'exposition d'art « Biennale di Venezia ». Ils visent à rendre les archives des expositions passées plus compréhensibles en créant un environnement exploratoire interactif grâce à la technologie innovante de réalité virtuelle (RV) (Koebel 2017)

Un autre article, comme celui de Williams et ses collaborateurs (2019) sur la conception d'éléments d'interaction en réalité mixte pour les interactions homme-robot (HRI), met en lumière le cadre du cube d'interaction réalité-virtualité comme une perspective intéressante pour conceptualiser ces éléments (Percarin 2013).

Diverses thèses de doctorat ont également contribué à la compréhension de mon sujet. La thèse de Bouvier (2009) sur la présence en réalité virtuelle propose une refondation théorique de cette technologie immersive. Il nous parle de l'historique de la réalité virtuelle en se basant sur le travail de Morton Heilig [Hei62] qui a créé le Sensorama (voir la figure 4 pour un aperçu du dispositif), considéré comme le premier système de réalité virtuelle, il permettait de simuler une balade en bicyclette dans le quartier de Brooklyn. Pour cela, Heilig a créé un dispositif proposant un écran grand angle permettant une vision stéréoscopique, une restitution sonore spatialisée, un siège vibrant, un ventilateur et un diffuseur d'odeur. (Bouvier 2009).



Figure 4: le Sensorama (Bouvier 2009)

La thèse de Kharroubi (2019) aborde la classification et l'intégration des nuages de points 3D dans un environnement de réalité virtuelle, offrant ainsi une perspective complémentaire.

Dans cette thèse, Kharroubi aborde également la méthode "OVRPlayerController" en tant qu'autre moyen permettant de naviguer dans un environnement virtuel. Vous pouvez voir

L'illustration de la figure 5 ci-dessous, qui présente le château de Jehay dans un environnement virtuel, avec l'utilisation du casque Oculus Rift S. Cette thèse m'a permis d'acquérir des connaissances sur d'autres méthodologies d'intégration du nuage de points dans un environnement de réalité virtuelle.

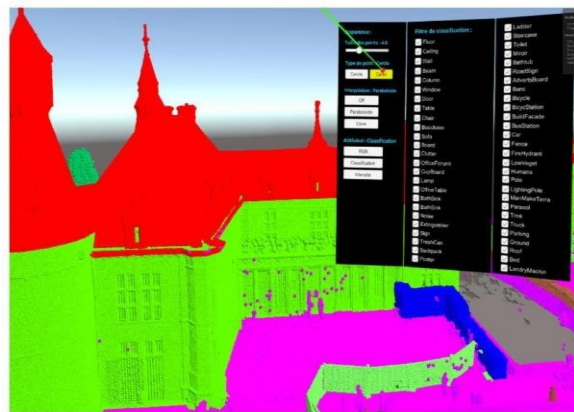


Figure 5: Casque oculus Rift S avec les deux manettes et les capteurs (à gauche), et la scène/ Kharroubi(2009)

Malgré cette diversité de sources, j'ai observé qu'à l'INSA, seul l'ancien étudiant Daéren s'est penché sur ce sujet lors de son projet de fin d'études en 2023, et mon travail constitue une extension des travaux qu'il avait initiés.

Daéren avait élaboré deux interactions dans le cube, comprenant notamment :

Intégration des UIDialogues : ce sont des boîtes de dialogues interactives que Daéren a intégrées dans le château afin d'améliorer la description des histoires du château. Ces éléments sont présents dans tout le château et permettent de retracer l'historique du lieu lorsque le joueur les pointe. Que j'ai trouvé très intéressant pour faciliter la compréhension de l'utilisateur.

La figure 6 ci-dessous est une illustration de Daéren qui représente un exemple de paramétrisation du dialogue Data pour la boîte de dialogue décrivant la cour intérieure du château Wasenbourg se trouvant dans le cube VR. En dessous de cette boîte de dialogue un bouton « valider » permet de valider le texte et le masquer.

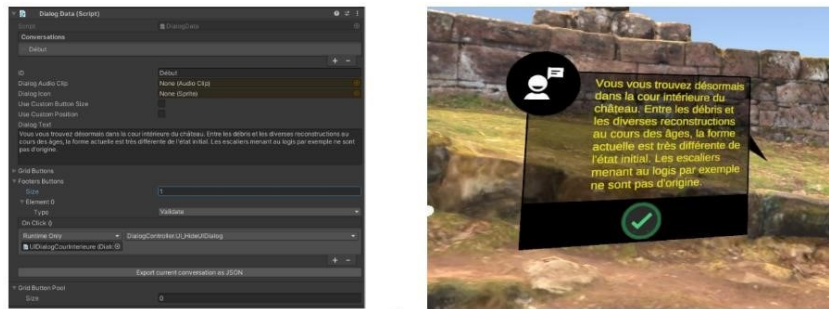


Figure 6 : Représentation de l'UIDialogue dans la scène virtuelle (Rigaud, 2023)

Affichage du château à différentes époques : Une fonctionnalité offre la possibilité d'afficher le château à différentes périodes historiques. Ceci a été possible en intégrant dans les Assets des pictogrammes en noir et blanc au format JPEG qui permettent de représenter le château en ruine et en état historique représentant un château en ruines et un château en bon état.

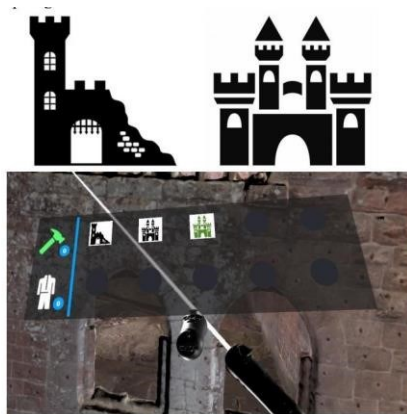


Figure 7: Pictogrammes utilisés dans le menu interactif dans la représentation VR (Rigaud, 2023)

Nous pouvons conclure que mon travail constituera un guide précieux pour les futurs étudiants souhaitant intégrer des données 4D dans un cube de réalité virtuelle. En ce qui concerne les châteaux, les avantages seront considérables dans divers domaines, notamment :

Éducation : Les étudiants et les amateurs d'histoire pourront explorer ces châteaux de manière interactive et approfondir leurs connaissances sur leur histoire architecturale.

Tourisme : Les touristes bénéficieront d'une expérience immersive tout en visitant des châteaux historiques.

Recherche : Les historiens, architectes et archéologues pourront utiliser cette plateforme pour des analyses plus approfondies.

Ainsi, ce travail représente une contribution nécessaire dans le domaine de la réalité virtuelle.

1.4) Conclusion

À la lumière des divers travaux examinés, il est évident qu'ils ont tous, de manière directe ou indirecte, contribué à approfondir ma compréhension du sujet, offrant ainsi la possibilité d'une analyse approfondie sur la relation entre la réalité virtuelle et le patrimoine culturel.

Il est important de noter que l'étude de l'ancien étudiant Daéren, servant de base à mon projet, a constitué une source initiale cruciale. En outre, les ressources telles que les vidéos de formation de Virtuel Concept sur Unity et le cube 3D ont enrichi ma compréhension. En intégrant également des articles de Google Scholar et des thèses de doctorat, comme indiqué dans la bibliographie, ma recherche a bénéficié d'une diversité de perspectives et de connaissances.

1.5) Les travaux à effectuer

Les travaux que j'ai effectué pour ce projet s'articule à quatre niveaux : -

Définir un protocole d'allumage du cube de réalité virtuelle

- Définir un protocole d'intégration de données 3D-4D dans le cube de réalité virtuelle -
Création d'un menu principal qui sera affiché au début du jeu.
- Développement de quelques interactions avec les objets

Chapitre 2 : Intégration des données 4D dans le cube VR

2.1) Protocole d'intégration de données 4D dans le cube de réalité virtuelle

Ce protocole vise à faciliter l'intégration de données 4D dans le cube de réalité virtuelle de l'INSA pour d'autres utilisateurs. Pour incorporer un modèle 4D dans un cube de réalité virtuelle, veuillez suivre la procédure ci-dessous :

1ère étape : acquisition des données

Pour intégrer un modèle 4D dans le cube, il est essentiel de collecter préalablement les données du terrain. Cela peut être réalisé par diverses méthodes, telles que la photogrammétrie, l'utilisation de scanners, des stations totales, et d'autres techniques. L'acquisition de ces données est cruciale pour le processus de modélisation ultérieur.

2ème étape : Modélisation des données

La deuxième phase implique le traitement des données terrain au bureau, visant à élaborer un modèle 4D étroitement représentatif du terrain réel pour la phase de modélisation. Ce modèle sera ultérieurement utilisé pour l'intégration dans le cube de réalité virtuelle. Pour ce faire, le modèle doit être exporté dans un format compatible avec le logiciel Unity 3D, un logiciel de visualisation 3D associé au cube VR. Les formats pris en charge par Unity incluent Fbx, Obj, .3DS, DAE etc.

3ème étape : Intégration du modèle 4D dans le logiciel Unity 3D

Pour intégrer le modèle acquis lors de la phase 2 et déjà exporté dans l'un des formats mentionnés précédemment, il nous faut suivre les sous-étapes suivantes :

- **Création d'un nouveau projet dans Unity 3D :** On lance le logiciel Unity Hub, qui nous offre la possibilité de créer un nouveau projet ou d'ouvrir un projet existant, comme illustré dans la figure 8 ci-dessous :

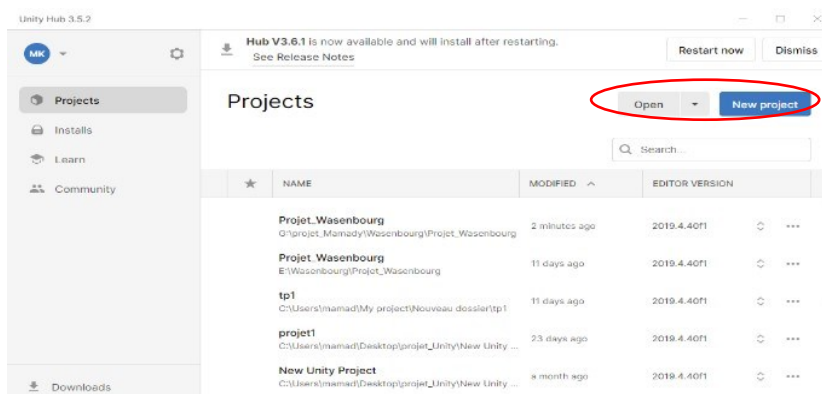


Figure 8: Espace Unity

Sur la figure 8 ci-dessus, il est possible d'initier un nouveau projet en cliquant sur « New Project » ou d'ouvrir un projet existant en effectuant un double-clic sur celui-ci. Toutefois, la méthode recommandée consiste à ouvrir un projet préconfiguré avec le modèle (Template). Pour ce faire, dupliquez le modèle fourni, renommez-le, puis revenez à l'espace Unity Hub. Cliquez sur la

petite flèche à côté de « Open », sélectionnez « Add Project », recherchez le projet que vous avez dupliqué et ajoutez-le. Enfin, double-cliquez sur le projet ajouté pour l'ouvrir. Cette approche garantit que le nouveau projet s'ouvre avec tous les packages prédéfinis.

Une alternative consiste à choisir l'option « New Project », ce qui générera un nouveau projet vierge. Cependant, dans cette configuration, vous devrez importer tous les packages nécessaires à votre projet.

➤ Importation du modèle 4D dans le nouveau projet

Pour importer les trois formats mentionnés ci-dessus, on choisira le dossier complet contenant le modèle et les textures, puis on le fera glisser dans le dossier « asset_model » d'Unity.

- Pour le format FBX (Filmbox):

Le format Fbx est un format de fichier propriétaire créé par Kaydara, et acquis ultérieurement par Autodesk. Il est beaucoup utilisé dans la modélisation, l'industrie et dans l'animation 3D permettant de garantir l'interopérabilité entre les moteurs géométriques et les applications de tessellation pour la visualisation en réalité virtuelle ou augmentée. L'extension de fichier associée à ce format est .fbx (Copyright © 2023 CAD Interop).

Pour importer ce format de fichier, vous choisissez le modèle 4D et le faites glisser directement dans la scène Unity 3D. Ensuite, en cliquant sur le modèle, la fenêtre « Inspector » s'ouvre généralement à droite de l'écran, présentant les paramètres liés au modèle. En défilant vers le bas, vous cliquez sur « Apply » pour que les paramètres s'ajustent au modèle. Il vous suffira alors de sélectionner le modèle et de le faire glisser dans la scène.

Pour attribuer une texture au modèle, on sélectionne la texture, on l'ajuste au modèle dans la scène, et automatiquement Unity crée un « matériau » qui contient la texture. Si l'on souhaite changer la texture, il suffit de cliquer sur ce matériau et de faire glisser la nouvelle texture dans la zone « albedo » (voir figure 9 ci-dessous), un paramètre du matériau situé dans la fenêtre Inspector.

Pour ajouter des détails géométriques à la texture, si disponible, on peut sélectionner cette texture géométrique et la faire glisser dans l'onglet « normal map » situé dans la fenêtre « Inspector », juste en dessous de « albedo ». Consultez la figure 9 ci-dessous. Ce normal map est une texture spéciale utilisée pour simuler des détails géométriques sur la surface du modèle, généralement employée pour améliorer l'apparence visuelle en faisant référence à des détails tels que la rugosité, les bosses ou les creux.

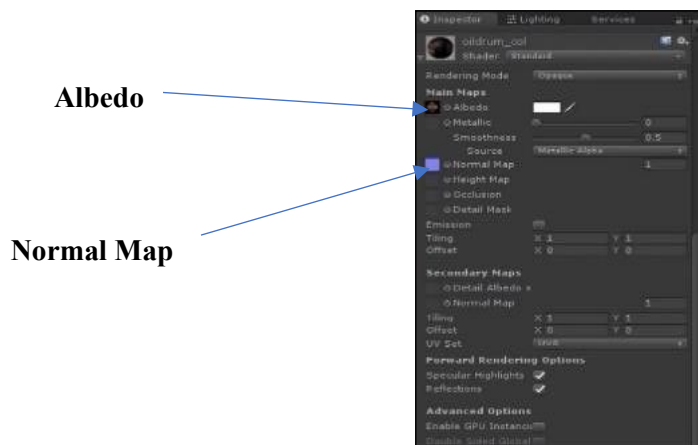


Figure 9: Paramètre inspector présentant L'albedo et Normal map

- Pour les formats OBJ, .3DS et DAE :

Le format de fichier OBJ, également connu sous le nom de Wavefront .obj, a été créé par Wavefront Technologies, les développeurs du logiciel de modélisation 3D Maya, initialement pour leur package Advanced Visualizer. Depuis lors, il est devenu un format de fichier couramment utilisé et a émergé comme l'un des standards pour l'échange de données entre différents logiciels (source : Wikipédia).

Le format de fichier .3DS est associé au maillage 3D Studio (DOS) et est utilisé par Autodesk 3D Studio.

Quant au format DAE (Digital Asset Exchange), l'extension de fichier .dae représente le type de fichier "Échange d'actifs numériques COLLADA" (.dae).

Pour importer ces trois types de fichier On procédera de la même manière que le précédent format :

On sélectionne le modèle 4D et la texture, puis on le fait glisser dans la scène, et automatiquement, la texture s'adapte au modèle si l'export avec le logiciel 3D a été bien effectué. Un matériau se créera, et si ce n'est pas le cas, on peut faire un clic droit, puis choisir « Create -> Materials », et ensuite faire glisser le matériau dans la fenêtre « albedo » de la fenêtre Inspector. Avec ce matériau, on pourra changer la texture du modèle à tout moment. À noter que si vous avez plusieurs éléments composant votre modèle, vous devriez créer un matériau pour chaque élément.

Une autre méthode consiste à le faire automatiquement en cliquant dans la fenêtre Inspector sur l'onglet « Extract Materials », puis sélectionner le dossier de textures qui a été exporté lors de l'export du projet avec le logiciel de modélisation (par exemple : Blender). Pour chaque objet, un fichier de matériau, au format MAT, est créé dans le même répertoire que le dossier de textures. Voir la figure 10 ci-dessous présentant la fenêtre « Extract Materials »

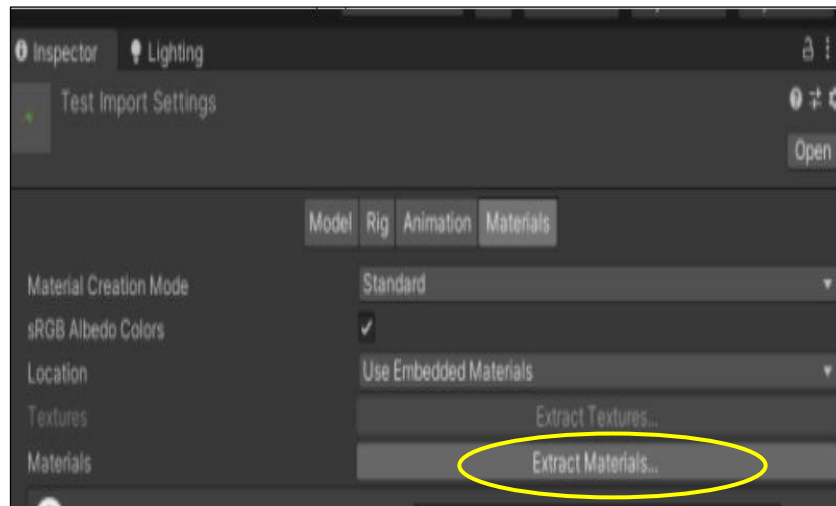


Figure 10: Paramètre inspector présentant l'outil Extract Materials

4ème étape : Export du modèle au format exécution pour le cube :

Pour exporter le modèle contenant les différentes interactions, il suffit de cliquer sur l'onglet "Fichier", puis sur "BUILD Settings". Ajoutez toutes les scènes créées (voir figure 11 ci-dessous) et cliquez sur "OK" pour que le logiciel compile tout ce que vous avez fait dans le modèle et l'exporte en format exécutable (exe) pour son utilisation dans le cube.

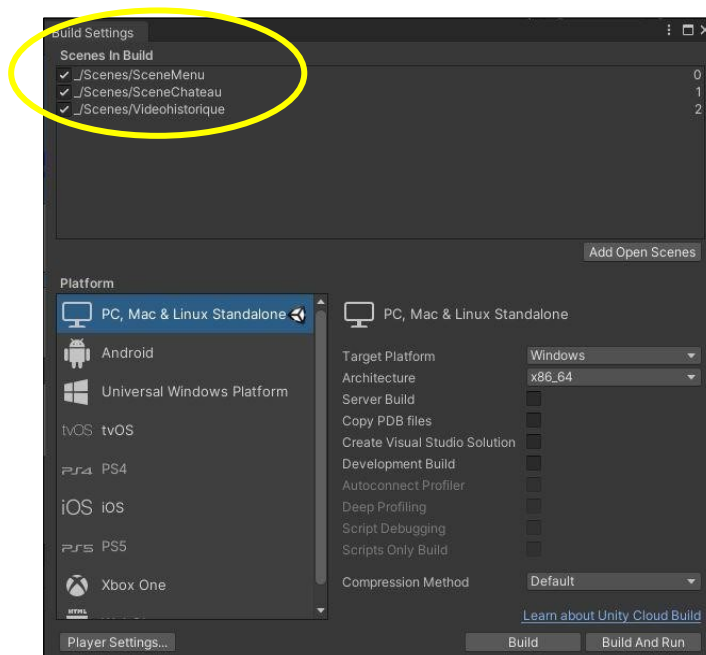


Figure 11: L'onglet BUILD pour l'export au format exe

NB : Pour le protocole d'allumage du cube de réalité virtuelle, veuillez-vous référer à l'annexe.

2.2) Récapitulatif de l'intégration des données 4D dans un cube de réalité virtuelle

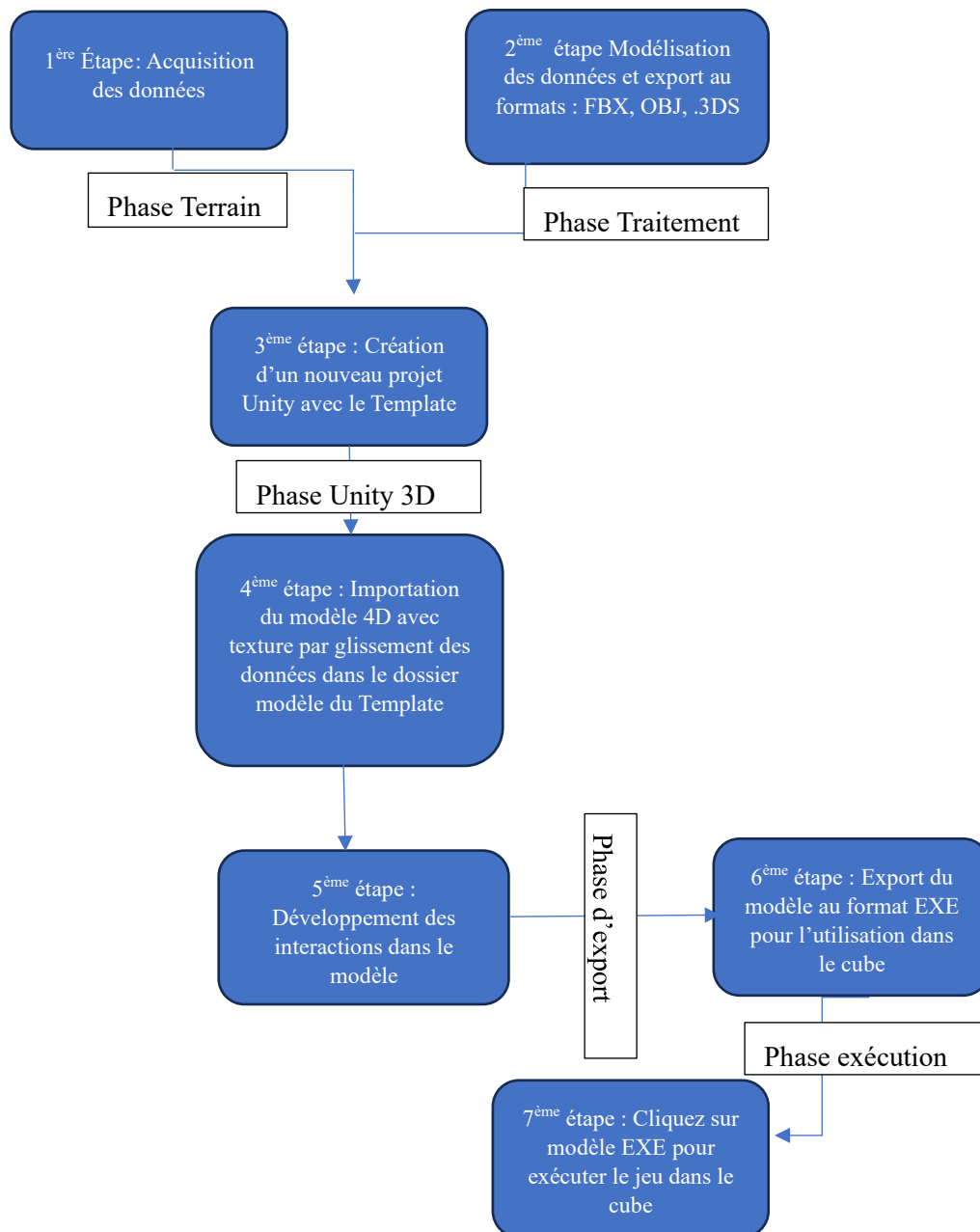


Figure 12: Bilan récapitulatif du protocole d'intégration des données 4D dans le cube de réalité virtuelle

Chapitre 3 : Interactions dans le château

Une autre composante de ce projet impliquait le développement d'interactions à l'intérieur du château lorsqu'il est intégré dans le cube. Nous avons réussi à mettre en place les interactions suivantes :

3-1) Création d'un menu principal

À ce stade, j'ai conçu le menu principal qui s'affiche au début du jeu et qui est considéré comme l'intermédiaire entre le joueur et les différentes scènes de jeu. Ce menu comprend trois boutons, comme illustré dans la figure 8 ci-dessous présentant ce menu principal. Pour créer ce menu, nous avons instauré un "Canvas" en procédant ainsi : un clic droit dans la fenêtre hiérarchie -> UI -> Canvas. Ensuite, dans les paramètres de l'inspecteur de ce canvas, nous avons configuré le mode de rendu en mode "World Space". Cette configuration nous autorise à naviguer avec nos boutons dans le cube, étant un espace mondial référençant l'environnement tridimensionnel global où l'interaction avec nos boutons dans le cube est possible. Pour faciliter cette interaction à l'aide de la manette, nous avons éliminé l'outil "Graphic Raycaster" dans le même paramètre de l'inspecteur. En complément, nous avons ajouté un "World Raycaster (script)" et un "Interactive Canvas [TargetDefault]", sans oublier d'intégrer un "Box Collider" permettant de détecter le clic il est essentiel d'ajuster la taille de ce "Box Collider" afin qu'il englobe entièrement le Canvas. Les boutons qui seront créés seront considérés comme des éléments enfants de ce Canvas. Pour ce faire, faites un clic droit sur le Canvas > UI -> Bouton. Veuillez-vous référer à la figure 13 ci-dessous pour une illustration de ces éléments.

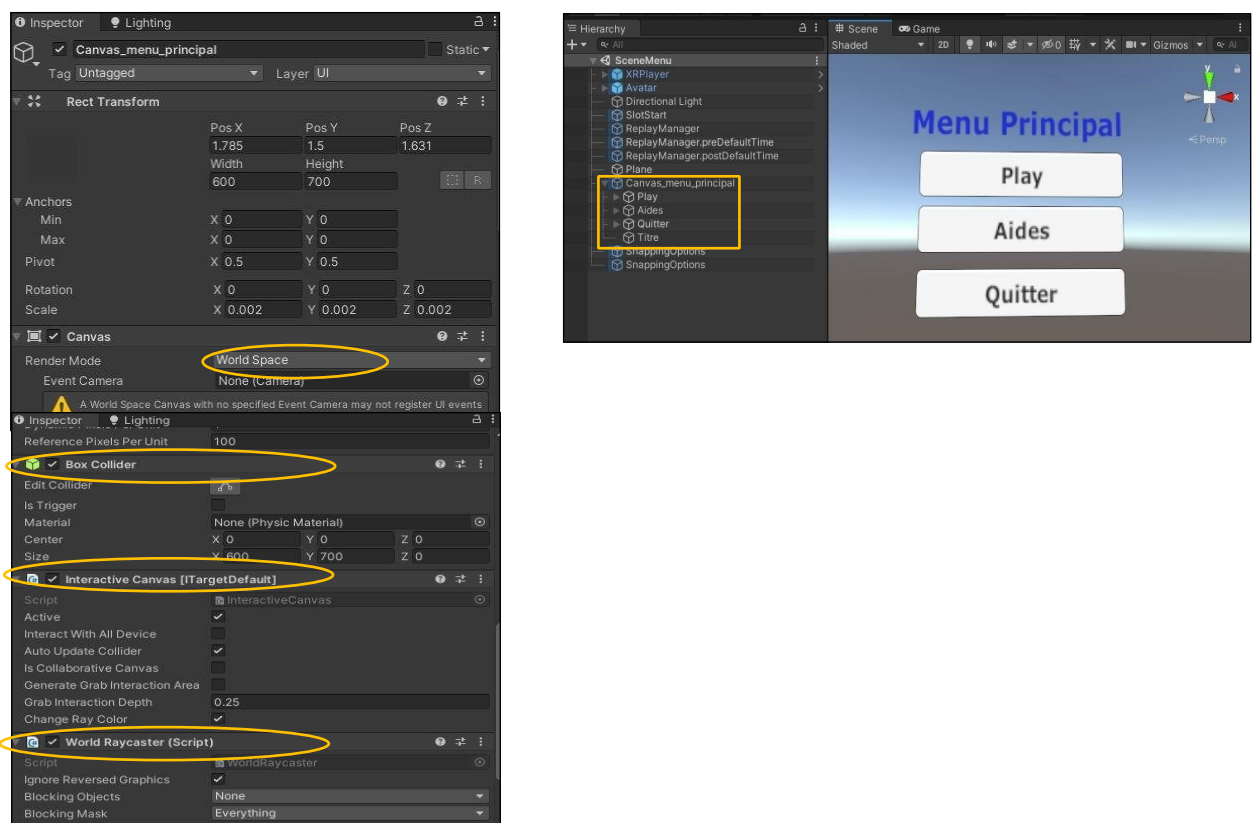


Figure 13: à gauche les paramètres inspector du Canvas / à droite le menu principal créé

- **Le bouton Play** : Pour créer ce bouton on fera un clic droit sur le Canvas ->UI->bouton.

Le bouton "Play" est conçu pour déclencher un changement de scène, donnant ainsi accès directement à la scène de jeu contenant le château Wasenbourg. La mise en place de cette transition de scène requiert une compréhension du script C#.

C# est un langage de programmation orienté objet développé par Microsoft en 2001. Il est fréquemment utilisé pour créer divers types d'applications, notamment des applications Windows, des applications web, des applications mobiles, des jeux vidéo, et dans le domaine du développement d'applications d'entreprise. Dans notre cas, nous avons employé le langage C# pour élaborer les interactions avec les objets du château. Le principe sous-jacent implique l'association de ce script C# au bouton, de sorte qu'en cliquant sur le bouton, le script déclenche l'affichage de notre scène de jeu du château. Vous pouvez voir les explications détaillées dans la figure 14 ci-dessous.

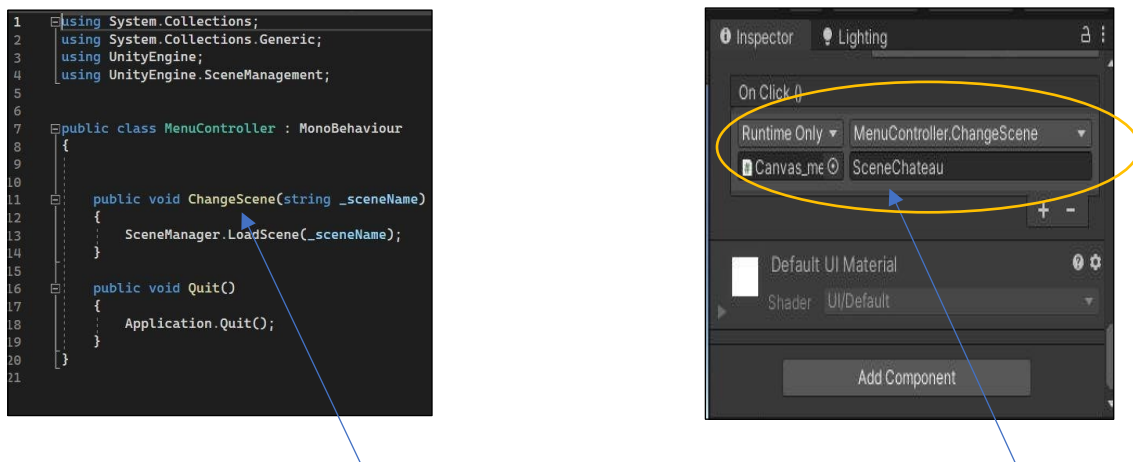


Figure 14: à gauche Script pour le changement de scène / à droite fenêtre Inspector avec la scène qui sera affichée

- Le bouton Aides :

Ce bouton a pour fonction d'afficher une scène distincte qui comprend une vidéo explicative de 9 minutes relatant l'histoire du château. Cette vidéo a été produite par l'agence touristique d'Alsace, offrant ainsi à l'utilisateur une vision d'ensemble de l'histoire du château.

La configuration de ce bouton a également impliqué l'élaboration d'un script C# de changement de scène, comme illustré dans la figure 15 suivante.

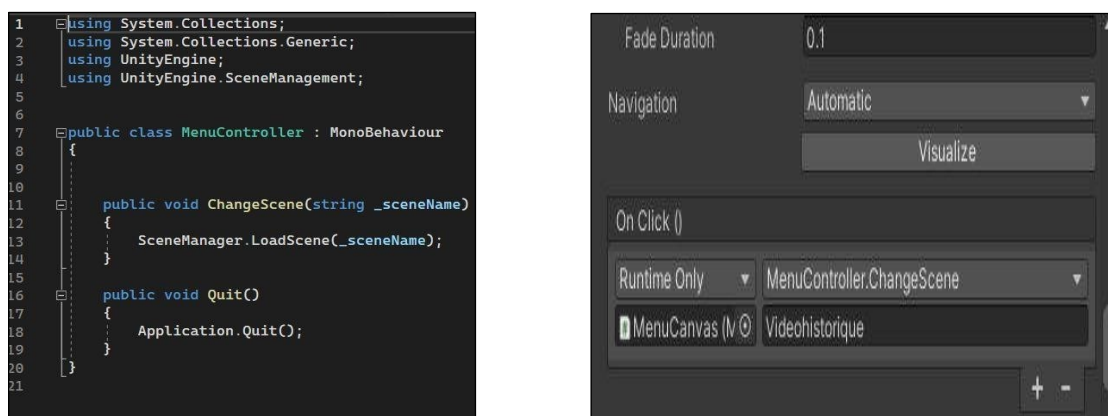


Figure 15: à gauche Script pour le changement de scène / à droite fenêtre Inspector avec la scène vidéo historique qui sera affichée

- **Le Bouton Quitter** : Tel que son nom l'indique, ce bouton a pour fonction de permettre à l'utilisateur de quitter le jeu. Son fonctionnement repose sur un script dédié à la fermeture du jeu, détaillé dans la figure 16 ci-dessous.

```
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4 using UnityEngine.SceneManagement;
5
6
7 public class MenuController : MonoBehaviour
8 {
9
10
11     public void ChangeScene(string _sceneName)
12     {
13         SceneManager.LoadScene(_sceneName);
14     }
15
16     public void Quit()
17     {
18         Application.Quit();
19     }
20 }
21
```

Figure 16: Script pour quitter la scène

3-2) Autres interactions développées dans le château :

J'ai mis en place diverses interactions dans la scène du château de Wasenbourg, comprenant notamment la simulation de destruction et de reconstruction du château, l'intégration d'une *tabletPrefab* pour effectuer des mesures de distance et de surface, l'ajout d'un audio clip s'exécutant pendant le défilement du texte, ainsi que des interactions avec les portes d'entrée du château et le déplacement d'objets tels que des tables, chaises et parchemins.

- **Simulation de destruction et de reconstruction du château** :

Dans le cadre du développement des interactions du château, nous avons choisi de mettre en place une méthode de simulation permettant de revenir à l'état actuel (en ruine) et une autre pour retourner à l'état historique du château.

Pour concrétiser cette méthode, nous avons utilisé le modèle historique créé par Daéren, garantissant ainsi des murs représentant l'état historique. En parallèle, un script a été élaboré pour initier la phase de destruction du château. Comme illustré dans la figure 17 ci-dessous, ce script simule la destruction du château de haut en bas, ramenant ainsi le château à son état actuel en ruine.

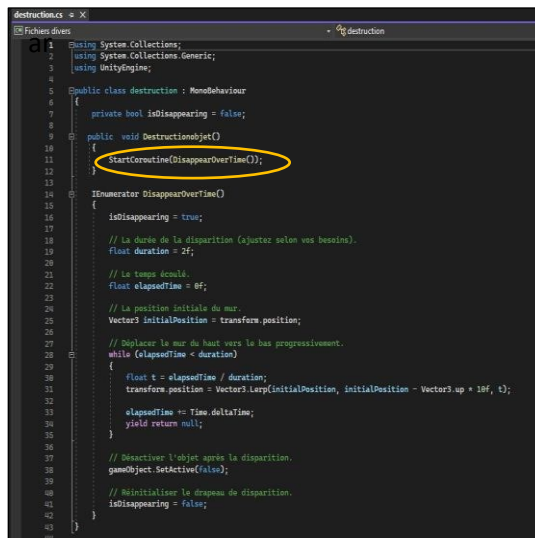


Figure 17: Script pour la simulation de destruction du château

Grâce à ce script, en utilisant la manette du cube pour cliquer sur le mur du château, la destruction est initiée, ramenant ainsi le château à son état actuel. Dans ce script, l'utilisation de l'outil

« **startCoroutine(DisappearOverTime())** » permet de détecter le clic sur le mur et d'effectuer cette destruction du haut vers le bas.

Concernant la **reconstruction** des murs pour revenir à l'état historique, nous avons introduit des briques à proximité du château. Ces briques ont été conçues à l'aide d'objets 3D dans Unity, auxquels des textures ont été associées. L'utilisateur a la possibilité de les prendre avec la manette et de simuler la reconstruction du mur. Le script prefab "Moving Object" a été associé aux briques, facilitant ainsi cette manipulation, comme illustré dans la figure 18 ci-dessous.

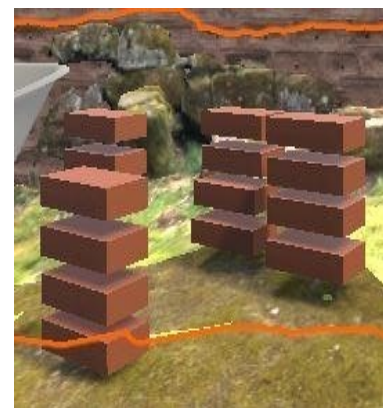
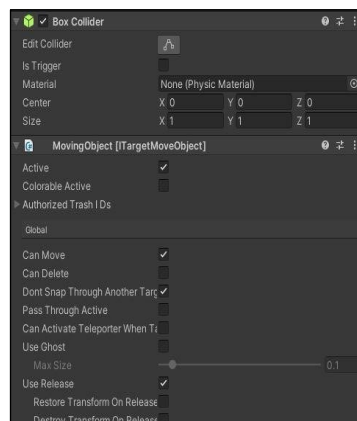


Figure 18: à gauche Script prefab de déplacement des briques / les briques à déplacer pour simuler la reconstruction

- **L'ajout d'une tabletPrefab** : J'ai intégré une tabletPrefab présente dans le Template, offrant la possibilité d'effectuer des mesures de distances au laser ainsi que par l'utilisation de points. Elle permet également de réaliser des mesures de surface, ce qui favorise une interaction efficace dans le cube. Cela revêt une importance particulière pour un topographe souhaitant mesurer avec précision les distances et les surfaces. Voir l'illustration dans la figure 19 ci-dessous :

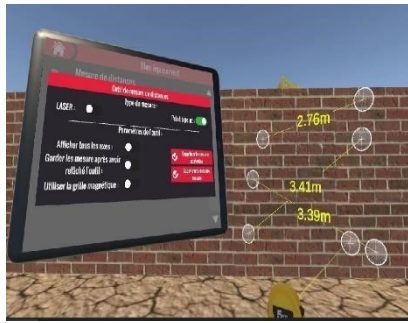


Figure 19: TabletPrefab pour les mesures de distances et de surfaces

- **L'ajout d'un audio clip ou audioguide:** Nous avons incorporé des audio clips qui s'exécutent pendant le défilement du texte. Cela a été réalisé en intégrant une voix qui récite le contenu des boîtes de dialogue. Cette approche vise à améliorer la communication des informations historiques à l'utilisateur. Consultez la figure 20 ci-dessous pour une illustration.

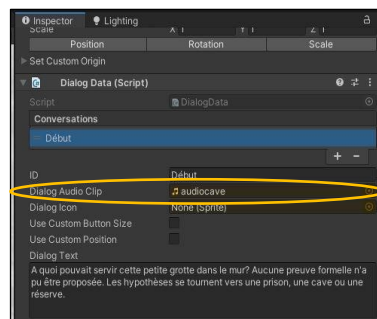


Figure 20: Audioguide pour la lecture

- **Déplacement des objets (table chaise, parchemin) :** Toujours dans l'optique de développer des interactions au sein du château, nous avons intégré des chaises en 3D et avons créé une table en utilisant des Game Objects 3D, notamment le cube et le cylindre disponibles dans le logiciel Unity que nous utilisons pour la modélisation 3D. Nous avons également ajouté des textures à ces éléments. Pour permettre à l'utilisateur de déplacer ces chaises et la table dans le château, nous avons associé le script **MovingObject** à ces objets. Voir l'illustration dans la figure 21 cidessous :

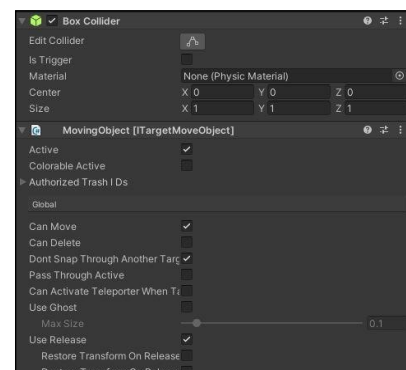
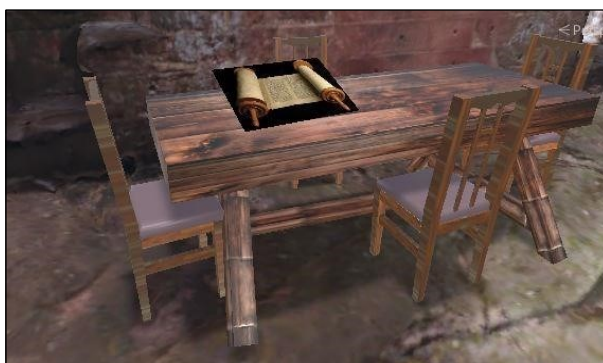


Figure 21: à gauche les chaises 3D et tables intégrées/ à droite le script de déplacement

- **Interactions avec les portes d'entrées du château** : J'ai incorporé des portes d'entrée en utilisant des Game Objects (cubes 3D) et associé à ces portes le script "Door(Rotating)" préalablement défini dans le Template. Ce script permet l'ouverture et la fermeture des portes. Avec un angle d'ouverture de la porte de **-59.4057** et d'un angle de fermeture de **24.27571**. Consultez le script présent dans la figure 22 ci-dessous.

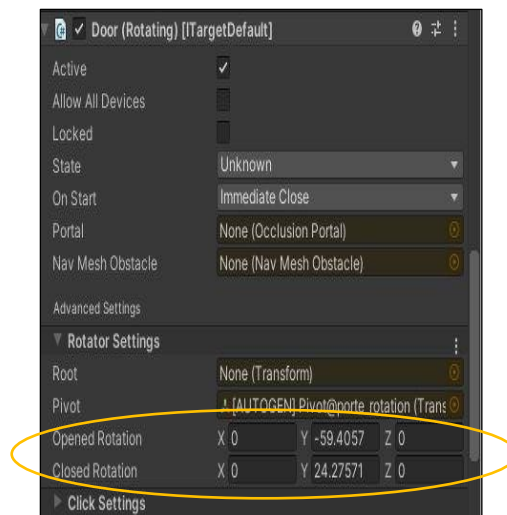


Figure 22: Script DOOR(Rotating) pour l'ouverture et fermeture des portes

3.3) Récapitulatif des diverses interactions conçues par les deux étudiants

Etudiants	Tâches effectuées	Importance
Rigaud (2023)	L'intégration des UI Dialogues	Ces éléments sont présents dans tout le château et permettent de retracer l'historique du château lorsque le joueur les pointe.
	Affichage du château à différentes époques	Possibilité d'afficher le château à différentes périodes historiques.

Kourouma (2024)	Conception d'un menu principal	Le menu principal qui s'affiche au début du jeu permettant le changement de scène ce menu est composé de trois boutons (Play , Aides et Quitter)
	Simulation de destruction et de reconstruction du château	Permet de simuler la destruction du château pour revenir à l'état actuel ainsi que la reconstruction pour revenir à l'état historique
	Ajout d'une tabletPrefab pour les mesures	Permettant de prendre des mesures de distance et de surface
	Ajout d'un audio clip pour le défilement du texte	Pour la communication des histoires du château
	Interactions avec les portes d'entrée du château et déplacement des objets	Ouvrir et fermer la porte du château . Déplacement des objets

Figure 23: Tableau récapitulatif des différentes interactions développées par les deux étudiants dans le cube

3-4) La méthodologie de travail utilisée

Pour parvenir à ces résultats, les approches suivantes ont été adoptées :

- ➔ Acquérir une maîtrise du logiciel Unity qui est déjà configuré avec le cube VR,
- ➔ Maîtriser le langage C# pour le développement d'interactions variées,
- ➔ Utiliser le modèle du Concept virtuel pour exploiter des préfabriqués existants.

3-5) Les aspects novateurs de mon travail

Ce qui rend ce travail unique, c'est sa contribution significative dans divers domaines, en mettant particulièrement l'accent sur l'éducation, le tourisme et l'archéologie. Son caractère distinctif réside dans sa capacité à immerger l'utilisateur dans un cube de réalité virtuelle de manière réaliste. En imaginant entrer dans une pièce où le sol et les murs sont des écrans, ce projet offre la possibilité d'interagir avec les objets et d'apprendre leur histoire. Ainsi, les interactions développées constituent des aspects novateurs de ce projet, le distinguant ainsi des autres.

3-6) Le public cible de ce travail :

Ce travail s'intéresse plus particulièrement à l'éducation, le tourisme et l'archéologie dont les raisons sont entre autres :

Éducation : Les étudiants et les amateurs d'histoire pourront explorer ces châteaux de manière interactive et approfondir leurs connaissances sur leur histoire architecturale.

Tourisme : Les touristes bénéficieront d'une expérience immersive tout en visitant des châteaux historiques.

Recherche : Les historiens, architectes et archéologues pourront utiliser cette plateforme pour des analyses plus approfondies.

Ainsi, ce travail représente une contribution nécessaire dans le domaine de la réalité virtuelle.

Conclusion et perspectives

En conclusion, ce projet PRT sur l'intégration de données 4D dans le cube de réalité virtuelle a été une expérience captivante et instructive. Des étapes initiales de définition du protocole d'allumage du cube à la mise en œuvre d'interactions complexes au sein du château de Wasenbourg, nous avons exploré les multiples facettes de la réalité virtuelle.

Les défis, tels que l'importation des modèles 4D, la création du menu principal, la simulation de la destruction et de la reconstruction du château, l'ajout d'une tabletPrefab pour les mesures, ainsi que le déplacement et l'intégration des objets, ont été relevés avec succès grâce à l'utilisation efficace de Unity, offrant une expérience immersive aux utilisateurs.

Les interactions élaborées, comme la simulation historique du château, apportent une dimension éducative et culturelle à cette expérience en réalité virtuelle. La possibilité de déplacer des objets dans l'environnement virtuel renforce l'immersion, offrant une expérience utilisateur complète.

Diverses perspectives s'offrent à ce projet, car de nombreuses autres fonctionnalités peuvent être intégrées dans le château, notamment :

Simulation de la vie quotidienne : Proposez des simulations de la vie quotidienne dans le château à différentes époques, offrant aux utilisateurs un aperçu de la manière dont les gens vivaient, travaillaient et interagissaient.

Exploration des sous-sols et des passages secrets : Introduisez des éléments de découverte en permettant aux utilisateurs d'explorer les sous-sols, les passages secrets et les zones cachées du château.

Jeu de rôle historique : Concevez des scénarios de jeu de rôle historique où les utilisateurs peuvent incarner des personnages de l'époque et vivre des événements historiques spécifiques.

Simulations de batailles : Pour les châteaux ayant une histoire militaire, autorisez les utilisateurs à lancer des simulations de batailles historiques pour une meilleure compréhension des stratégies militaires employées.

Événements culturels : Organisez des événements culturels virtuels tels que des concerts, des expositions d'art ou des banquets royaux, permettant aux utilisateurs d'y assister et d'apprécier l'expérience.

Mes remerciements vont à toutes les personnes ayant contribué au succès de ce projet, notamment à Monsieur Mathieu Koelh, Madame Solène Meignen et Monsieur Philippe Seitier. Leurs conseils et leur soutien ont été cruciaux tout au long du processus.

En définitive, ce projet ouvre des perspectives passionnantes pour l'utilisation de la réalité virtuelle dans des domaines tels que l'éducation, le tourisme, l'archéologie, et bien d'autres. Il représente une étape importante dans l'exploration des applications de la technologie 3D-4D dans le domaine de la réalité virtuelle.

Liste des figures

Figure 1: Description du cube de réalité virtuelle/ https://creat-home.com/cube-3d-realite-virtuelle-angers-49/	7
Figure 2: Présentation du Château Wasenbourg/Wikipédia	7
Figure 3: Technique de sélection d'objets. L'objet sélectionné est tiré vers le point d'ancrage. Les autres éléments de la scène restent visibles et potentiellement disponibles pour d'autres actions.(Caputo 2016).	8
Figure 4: le Sensorama (Bouvier 2009)	9
Figure 5: Casque oculus Rift S avec les deux manettes et les capteurs (à gauche), et la scène/ Kharroubi(2009)	9
Figure 6 : Représentation de l'UIDialog dans la scène virtuelle(Rigaud, 2023)	10
Figure 7: Pictogrammes utilisés dans le menu interactif dans la représentation VR (Rigaud, 2023)	10
Figure 8: Espace Unity	12
Figure 9: Paramètre inspector présentant L'albedo et Normal map	13
Figure 10: Paramètre inspector présentant l'outil Extract Materials	14
Figure 11: L'onglet BUILD pour l'export au format exe	14
Figure 12: Bilan récapitulatif du protocole d'intégration des données 4D dans le cube de réalité virtuelle	15
Figure 13: Á gauche les paramètres inspector du Canvas / Á droite le menu principal créé	16
Figure 14: Á gauche Script pour le changement de scène / Á droite fenêtre Inspector avec la scène qui sera affichée	17
Figure 15: Á gauche Script pour le changement de scène / Á droite fenêtre Inspector avec la scène vidéo historique qui sera affichée	17
Figure 16: Script pour quitter la scène	18
Figure 17: Script pour la simulation de destruction du château	18
Figure 18: Á gauche Script prefab de déplacement des briques / les briques à déplacer pour simuler la reconstruction	19
Figure 19: TabletPrefab pour les mesures de distances et de surfaces	19
Figure 20: Audioguide pour la lecture	19
Figure 21: Á gauche les chaises 3D et tables intégrées/ Á droite le script de déplacement	20
Figure 22: Script DOOR(Rotating) pour l'ouverture et fermeture des portes	20
Figure 23: Tableau récapitulatif des différentes interactions développées par les deux étudiants dans le cube	21

Références Bibliographiques

- [1] *VirtuelConcept*. (2017). *Concept Cube*. URL : <https://www.virtuelconcept32.com/conceptcube/>
- [2] *Imagin-VR*. (2018). *Cube VR*. URL : <https://www.imagin-vr.com/cube-vr>
- [3] *Wikipedia*. (2023). *Château du Wasenbourg*. URL : https://fr.wikipedia.org/wiki/Ch%C3%A2teau_du_Wasenbourg. Consulté le 04/01/2024.
- [4] *Filetype Advisor*(2023). *DAE extension*. URL : <https://www.filetypeadvisor.com/fr/extension/dae>. Consulté le 09/01/2024
- [5] *CADinterop*. (2023). *Formats de maillage FBX*. URL : <https://www.cadinterop.com/fr/les-formats/maillage/fbx.html>
- [6] *FileFormat*. (2023). *OBJ File Extension*. URL: <https://docs.fileformat.com/fr/3d/obj/>
- [7] *FileFormat*. (2023). *3DS File Extension*. URL: <https://docs.fileformat.com/fr/3d/3ds/>
- [8] *RIGAUD, Daëren* (2023). *Restitution 4D du château de Wasenbourg dans le cadre du projet INTERREG VI(Rapport de PFE, INSA-Strasbourg-Topographie)*. Disponible sur <http://eprints2.insa-strasbourg.fr/5073/>
- [9] *BOUVIER, P.* (2009). *LA PRÉSENCE EN RÉALITÉ VIRTUELLE, UNE APPROCHE CENTRÉE UTILISATEUR*(Thèse de doctorat, Université Paris-Est).http://monge.univ-mlv.fr/~bouvier/these/these_Patrice_Bouvier.pdf
- [10] *KHARROUBI A.*(2019). *CLASSIFICATION ET INTEGRATION DES NUAGES DE POINTS 3D DANS UN ENVIRONNEMENT DE REALITE VIRTUELLE*(Rapport de PFE, LIEGE Université Géomatics). <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/242705/1/KHARROUBI%20Abderrazzaq%20ORBi.pdf>
- [11] *Bekele, M.K., Pierdicca, R., Frontoni, E., Malinverni, E.S., & Gain, J.* (2018). *A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage*. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 11(2), 1–36. Disponible sur : <https://doi.org/10.1145/3145534> [Accédé: 05/01/2024]
- [12] *Caputo, F.M., Ciortan, I.M., Corsi, D., De Stefani, M., & Giachetti, A.* (2016). *Gestural interaction and navigation techniques for virtual museum experiences*. In *AVI CH*, pages 32–35. Disponible sur : <https://ceur-ws.org/Vol1621/paper6.pdf> [Consulté le: 05/01/2024]
- [13] *Loaiza Carvajal, D.A., Morita, M.M., & Bilmes, G.M.* (2020). *Virtual museums: Captured reality and 3D modeling*. *Journal of Cultural Heritage*, 45, 234–239. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.04.013> [Consulté le: 05/01/2024]
- [14] *Chong, H.T., Lim, C.K., Ahmed, M.F., Tan, K.L., & Mokhtar, M.B.* (2021). *Virtual reality usability and accessibility for cultural heritage practices: Challenges mapping and recommendations*. *Electronics*, 10(12), 1430. Disponible sur : <https://doi.org/10.3390/electronics10121430> [Consulté le: 05/01/2024]
- [15] *Jiménez Fernández-Palacios, B., Morabito, D., & Remondino, F.* (2017). *Access to complex reality-based 3D models using virtual reality solutions*. *Journal of Cultural Heritage*, 23, 40–48. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.09.003> [Consulté le: 05/01/2024]
- [16] *Kalarat, K.* (2014). *Relief mapping on the facade of Sino-Portuguese architecture in virtual reality*. In *2014 Fourth International Conference on Digital Information and Communication Technology and its Applications (DICTAP)* (pp. 333–336). IEEE. Disponible sur : <https://doi.org/10.1109/DICTAP.2014.6821706> [Consulté le: 05/01/2024]
- [17] *Koebel, K., Agotai, D., Arisona, S., & Oberli, M.* (2017). *Biennale 4D—a journey in time: Virtual reality experience to explore the archives of the Swiss Pavilion at the “Biennale di Venezia” art exhibition*. In *2017 23rd International Conference on Virtual System & Multimedia (VSMM)* (pp. 1–8). IEEE. Disponible sur : <https://doi.org/10.1109/VSMM.2017.8346280>. Consulté le 05/01/2024.
- [18] *Pescarin, S., Pietroni, E., Rescic, L., Wallergård, M., Omar, K., & Rufa, C.* (2013). *NICH: A preliminary theoretical study on natural interaction applied to cultural heritage contexts*. In *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)* (Vol. 1, pp. 355–362). IEEE. Disponible sur : <https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2013.6743760>. Consulté le 05/01/2023.
- [19] *Williams, T., Szafir, D., & Chakraborti, T.* (2019). *The reality-virtuality interaction cube: A framework for conceptualizing mixed-reality interaction design elements for HRI*. In *2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)* (pp. 520–521). IEEE. Disponible sur : <https://doi.org/10.1109/HRI.2019.8673071>. Consulté le 05/01/2024.

Annexes

Protocole d'allumage , de calibration et d'extinction du cube de réalité virtuelle de l'INSA-Strasbourg

Ce protocole a pour objectif de guider les utilisateurs lors de la **mise en marche**, de la **calibration** et de l'**extinction** du cube de réalité virtuelle se trouvant dans le laboratoire topographique de l'INSA-Strasbourg

En effet lorsque vous ouvrez le cube, un poste de traitement est visible à gauche, permettant d'allumer l'ensemble du cube. Pour ce faire, veuillez suivre les étapes suivantes :

1^{ère} étape : Allumage du poste : Directement derrière le clavier, vous trouverez une rallonge avec un bouton noir. Appuyez sur ce bouton pour allumer le poste :

Figure 1 : Bouton rallonge à cliquer



2^{ème} étape : allumage du clavier :

À proximité de l'écran se trouve une unité centrale avec un bouton au-dessus. Assurez-vous de cliquer sur ce bouton pour allumer le clavier.

Figure 2 : Bouton UC à cliquer



3^{ème} étape : Allumage du son

Juste en dessous de l'unité centrale se trouve un petit haut-parleur. Cliquez dessus pour activer le son.

Figure 3 : Bouton haut-parleur à cliquer



4^{ème} étape : Allumage des projecteurs :

Lorsque vous observez l'écran de votre ordinateur, vous verrez l'interface de la **figure 4** ci-dessous, qui permet d'activer les outils internes de l'espace DEC. Cochez le bouton vert, puis cliquez sur "**Allumer les outils**".

Bouton à cocher

Bouton à cliquer

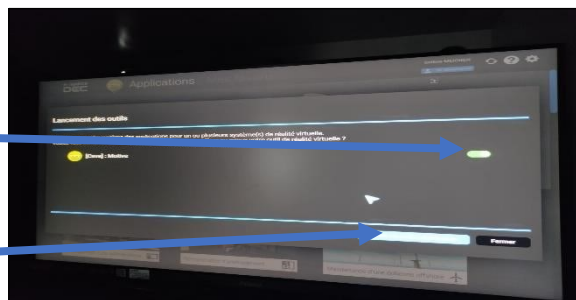
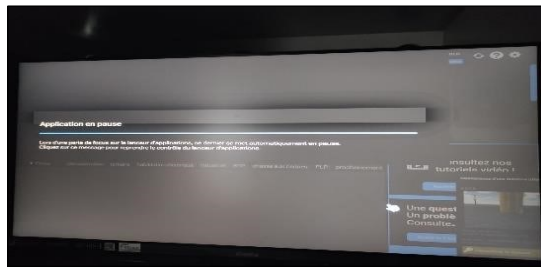


Figure 4 : l'interface pour activer les outils

NB : Par la suite il vous affichera l'interface suivante :



Ne cliquez sur rien, patientez simplement, et l'**interface TRACKER** de la figure 5 ci-dessous s'affichera automatiquement. Vous pouvez regarder les caméras du cube et vous verrez qu'elles sont allumées comme l'indique la figure 6.

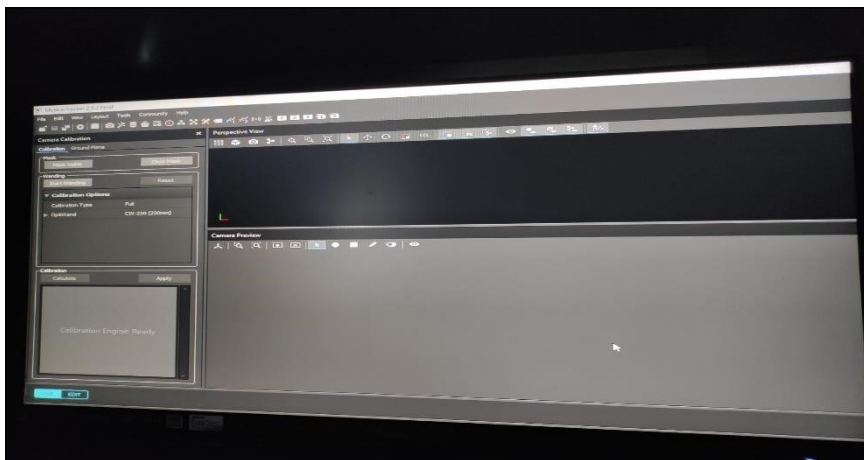


Figure 5 : L'interface Tracker



Figure 6 : Caméras allumées

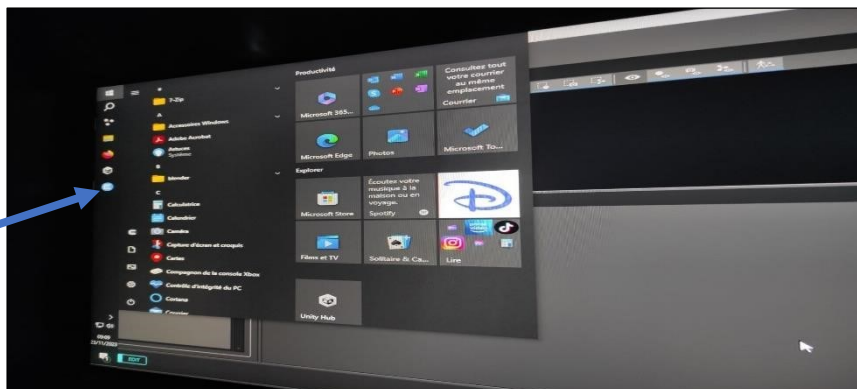
Maintenant, pour allumer les projecteurs, appuyez sur la touche Windows du clavier.



Et vous verrez à gauche de l'écran l'interface ci-dessous : Cliquer sur ce bouton pour afficher

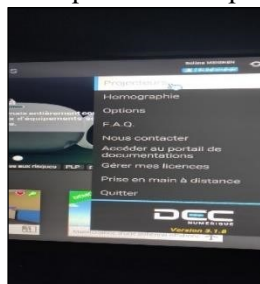
L'interface DEC:

Bouton DEC à cliquer



Maintenant vous pouvez cliquer sur les « paramètres » puis sur projecteurs

Bouton Projecteur à cliquer



Et il vous affichera l'interface de gestion des projecteurs indiquée sur la **figure 7** ci-dessous : Cliquer sur tout allumer

Bouton à cliquer pour allumer les Projecteurs

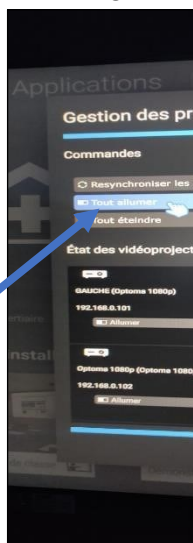


Figure 7 : L'interface Gestion des projecteurs

Vous pouvez regarder dans le cube et vous verrez que les projecteurs sont allumés : Voir figure 8 ci-dessous :



Figure 8 : Projecteurs allumés

Normalement tout est ok vous pouvez maintenant cliquer sur le bouton Windows pour aller dans votre dossier et lancer le jeu.

NB : En cas de problème de calibration, où les quatre côtés de l'écran du cube sont mal positionnés comme indiqué dans la **figure 9** ci-dessous, et que votre jeu ne s'affiche pas en 3D, suivez ces étapes.



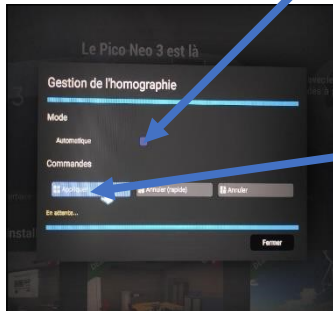
Figure 9 : Ecran mal calibré

Cliquez sur le bouton Windows du clavier puis sur DEC et cliquer sur les paramètres puis sur **homographie** vous verrez cette interface indiquée sur la figure 10 ci-dessous :



Cliquer sur Homographie

Puis décocher « Automatique » et cliquer sur « Appliquer »



bouton appliquer à cliquer

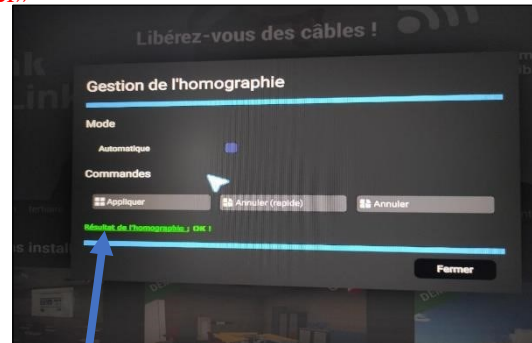


Figure 10 : A gauche Gestion de L'homographie / A droite homographie OK

Si tout se passe bien vous verrez ce message vert "résultat de l'homographie OK "

Puis fermer cette interface , normalement tout sera ok

Et pouvez regarder dans le cube ou verrez que la calibration a été bien effectuée : voir figure 11 ci-dessous:



Figure 11 : Écran calibré le logo virtuel Concept se positionne très bien

Maintenant on va s'intéresser sur comment éteindre le cube :

1^{ère} étape : éteindre les projecteurs :

Cliquez sur le bouton Windows puis sur DEC il vous affichera à nouveau l'interface DEC. Vous cliquez sur paramètre se trouvant en haut à droite puis sur projecteurs voir **figure 12 ci-dessous** :

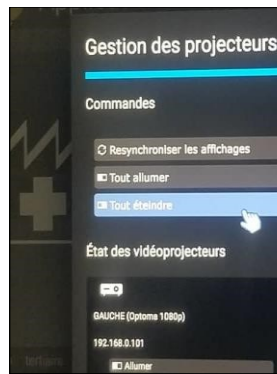


Figure 12 : Gestionnaire des projecteurs

Vous pouvez cliquer sur éteindre les projecteurs et fermer la fenêtre.

2^{ème} étape : éteindre l'ordinateur

Vous pouvez le faire comme vous le faites avec votre ordinateur voir la **figure 13 ci-dessous** :



Figure 13 : Eteindre le poste