

École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy  
Université de Lorraine

Mémoire de Master Design Global,  
Spécialité « Architecture Modélisation Environnement »



**CONCEPTION DE SERIOUS GAMES EXPLOITANT LES TECHNOLOGIES DE RÉALITÉ AUGMENTÉE  
POUR LA VALORISATION DU PATRIMOINE CULTUREL BÂTI**

Présenté par  
Tommy MESSAOUDI

Travail suivi par :  
Pascal HUMBERT, Ingénieur de recherche au MAP-CRAI  
Gilles HALIN, Directeur du MAP-CRAI

Lieu du stage :  
MAP-CRAI  
École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy  
2 rue Bastien Lepage, 54000 Nancy, France

**Remerciements :**

Je souhaite tout d'abord adresser mes remerciements aux personnes qui m'ont apporté leurs aides et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire de recherche et au bon déroulement de ce stage.

Je tiens à remercier Monsieur Gilles HALIN, qui, en tant que Directeur du Laboratoire MAP-CRAI et maître de stage, a toujours été à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que pour l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer.

Mes remerciements également à Monsieur Pascal HUMBERT : Ingénieur de Recherche au MAP-CRAI à L'ENSAN et tuteur, pour sa patience et pour son regard critique, ouvert et constructif sur les travaux effectués. Également pour ses conseils et son apprentissage dans les aspects purement informatiques, et ses explications claires me permettant d'avancer dans mes réflexions. Et sa bonne humeur.

Merci à tout le personnel du laboratoire pour leur sympathie me permettant de travailler dans de très bonnes conditions.

J'exprime ma gratitude aux doctorants et stagiaires du laboratoire pour leur bonne humeur, notamment Anaïs GUILHEM, Frédéric GIRAUD, et les autres qui sauront se reconnaître.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire. Notamment aux doctorants Kevin JACQUOT et Mohamed Anis GALLAS.

Merci à toi mon oncle...

## Sommaire

Abréviations .....	4
Liste des figures .....	5
Listes des tableaux .....	5
Liste des illustrations .....	5
1. INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE.....	7
2. STRUCTURE D'ACCUEIL .....	9
2.1. Contexte de travail .....	9
2.2. Sujet du stage recherche : conception de Serious Games exploitant les technologies de Réalité Augmentée pour la valorisation du patrimoine culturel bâti .....	10
3. ÉTAT DE L'ART : Réalité Augmentée, Serious Game et patrimoine.....	10
3.1. La Réalité Augmentée.....	10
3.2. Méthode de scénarisation en lien avec les Serious Games .....	17
3.2.1. Définition du concept .....	17
3.2.2. Méthode de scénarisation « interactive » .....	18
3.2.3. Le Serious Game.....	20
3.3. La création d'une application interactive .....	22
3.4. Réalité Augmentée pour la mise en valeur du patrimoine culturel bâti.....	24
3.4.1. Projet de restitution du Château de Cherbourg .....	24
3.4.2. Projet Cluny 2010.....	26
3.4.3. le projet Héritage 3D.....	27
3.4.4. Le projet Jumièges 3D .....	28
3.4.5. Le projet LifePlus : Pompéi .....	30
3.4.6. Le projet TerraNumerica à Paris .....	31
4. MÉTHODES ET CHRONOLOGIE DU PROJET .....	35
4.1. Propositions et cas d'études.....	35
4.3.1. Contexte : Renaissance Toul 2013 .....	35
4.3.2. Objectifs et contraintes.....	36
4.3.3. L'édifice retenu pour l'expérimentation.....	41
4.2. Choix de l'environnement de développement.....	46

4.2.1 Autodesk Maya 2010 .....	46
4.2.2. Unity 3D .....	46
4.2.3. Plug-in Vuforia par Qualcomm .....	47
4.2.4. Tests et expérimentation : Unity avec Vuforia .....	48
4.4. Scénarisation de l'application.....	58
4.4.1. Contenu de la future application .....	58
4.4.2. Schéma de navigation et écrans .....	62
4.5. Développement de l'application .....	63
4.5.1. Le choix du langage .....	63
4.5.2. Le support de médiation.....	63
5. RÉSULTATS ET PROBLÈMES RENCONTRÉS.....	64
5.1. Résultats .....	64
5.2. Problèmes rencontrés .....	67
6. DISCUSSION.....	68
7. CONCLUSION .....	69
8. PERSPECTIVES .....	70
9. BIBLIOGRAPHIE .....	71
10. WEBOGRAPHIE .....	72
11. ANNEXES.....	73
11.1. Compte-rendu.....	73
11.2. Fiches techniques logiciels.....	83
11.3. Analyse des monuments de Renaissance de Toul. ....	87

## Abréviations

2D / 3D :	2 Dimensions / 3 Dimensions
AGP :	Arts Graphiques et Patrimoines
C# :	C sharp
CAO :	Conception Assistée par Ordinateur
DEL :	Diode ÉlectroLuminescente
DXF :	Draxing eXchange Format
FPS :	First Personal Shooter
GAMSAU :	Groupe de recherche pour l'Application des Méthodes Scientifiques à l'architecture et à l'Urbanisme
GPS :	Global Positioning System
GUI :	Graphic User Interface
iOS :	i Operating System
MAACC :	Modélisation pour l'Assistance à l'Activité Cognitive de la Conception
MAP-CRAI :	Modèle et simulation pour l'Architecture, l'urbanisme et le Patrimoine – Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie
MCC :	Ministère de la Culture et de la Communication
MVI :	Maquette Virtuelle Interactive
NTIC :	Nouvelles Technologies de l'Informations et de la Communication
R&D :	Recherche et Développement
RA :	Réalité Augmentée
RV :	Réalité Virtuelle
SDK :	Software Development Kit
UDK :	Unreal Development Kit
UMPC :	Ultra mobile Personal Computer
UML :	Unified Modeling Language
UT :	Unreal Tournament

## Liste des figures

- Figure 1 : Paul Milgram's Virtuality Continuum
- Figure 2 : Classification des supports de médiation en Réalité Augmentée
- Figure 3 : Répartition des actions dans le physique et le psychologique
- Figure 4 : Schéma simple d'un système interactif

## Listes des tableaux

- Tableau 1 : Classification des applications de Réalité Augmentée

## Liste des illustrations

- Illustration 1 : Technique de reconnaissance par marqueur
- Illustration 2 : Images montrant 2 types de salle Immersive (en sphère à gauche et en écrans à droite)
- Illustration 3 : Terminaux Mobile Dédié pour le projet du cabinet de Charles III
- Illustration 4 : Terminaux Mobiles Personnels, et Prêtés.
- Illustration 5 : Lunette avec Ordinateur Portatif
- Illustration 6 : Google glass, lunettes de Réalité Augmentée par Google
- Illustration 7 : Image d'une vidéo futuriste sur la Réalité Augmentée par lentille de contact
- Illustration 8 : Premier Serious Game, America's Army
- Illustration 9 : Écran de jeu de Drakerz, jeu de duel en Réalité Augmentée par marqueur
- Illustration 10 : FPS (Virtuix Omni) joué avec des lunettes de Réalité Augmentée et un tapis roulant
- Illustration 11 : Respectivement le château en RA et le Château virtuel reconstitué.
- Illustration 12 : Vue de l'abbaye de Cluny en réel et sa vue en Réalité Augmentée à travers une borne
- Illustration 13 : Types et degrés de liberté des bornes Ray-On de Cluny 2010
- Illustration 14 : Dispositif de marqueur de reconnaissance pour le cabinet de Charles III
- Illustration 15 : UMPC, Terminal Mobile Dédiée (SAMSUNG Q1 ultra) pour le cabinet de Vincennes
- Illustration 16 : Vestiges de l'abbaye de Jumièges
- Illustration 17, 18 : Respectivement vue réelle de l'abbaye (église Saint-Pierre) de Jumièges et vue virtuelle (Augmentée) en correspondance

- Illustration 19 : Vestige de Pompéi avec des personnages en Réalité Augmentée
- Illustration 20 : Équipement nécessaire pour LifePlus
- Illustration 21 : Rue du Panthéon (Paris) avec informations en RA
- Illustration 22, 23, 24 : Respectivement les lunettes d'observations, Terminal Mobile Personnel et espace Immersif.
- Illustration 25 : Maquette virtuel du plan relief de Toul (Unity 3D)
- Illustration 26 : Portion du plan relief virtuel de l'application plan relief de Toul
- Illustration 27 : La maison de l'Apothicaire à Toul (2011 Petit, O.)
- Illustration 28 : Entrée de la maison de l'apothicaire avec son oculus (2011, Petit, O.)
- Illustration 28 : Cuire décoratif avec mortier et pilon de la maison de l'Apothicaire (2011, Petit, O.)
- Illustrations 30, 31 : Fenêtres avec gravure (devises à gauche et date à droite) de la Maison de l'Apothicaire)
- Illustration 32 : Vue aérienne du plan relief de Toul, maison de l'apothicaire en rouge.
- Illustration 33 : Vue de plein pied de la Maison de l'Apothicaire virtuelle (Unity 3D)
- Illustration 34 : Type de support marqueur proposé par Vuforia
- Illustration 35 : Image de synthèse de l'objet 3D utilisé pour les tests
- Illustration 36 : Marqueur de reconnaissance pour l'objet 3D « CibleEnfeu»
- Illustration 37 : Paramètres de l'objet « ImageTarget » dans Unity 3D
- Illustration 38 : Hiérarchie d'objet et vue 3D dans Unity 3D
- Illustration 39 : Paramètre de la caméra de RA dans Unity 3D
- Illustration 40 : Détection du marqueur par Web Cam, affichage de l'objet 3D sur l'écran de l'ordinateur
- Illustration 41 : Patron et son cube, marqueur 3D par Vuforia
- Illustration 42 : Marqueur 3D physique pour Unity 3D
- Illustration 43 : Détectabilité du marqueur 3D dans Unity avec Vuforia
- Illustration 44 : Utilisation du marqueur 3D pour l'apparition d'un modèle 3D
- Illustration 45 : Visualisation provisoire de la maison de l'Apothicaire vu sur l'iPad
- Illustration 46 : Parcours prévu pour le jeu sur le plan relief de Toul numérisé
- Illustration 48 : L'iPad, support de médiation choisi pour l'application

## 1. INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE

L'introduction de nouvelles technologies, d'une part interactives (Réalité Augmentée, interface multimodale, interface multi-tactile) d'autre part mobile, offre de nouveaux horizons à la valorisation du patrimoine architectural via des applications interactives exploitant à la fois la connaissance 2D et 3D du bâti, mais aussi son histoire et son architecture. Le but de cette valorisation est de mettre l'utilisateur (archéologue, historien, scientifique ou grand public) face à l'architecture observée ancienne ou non et de lui transmettre une connaissance sur la construction, la conservation et la dégradation, du bâti visé. Afin d'arriver à ce résultat, il est primordial de réfléchir aux formes de navigation et d'interaction 3D à prendre en compte, mais aussi aux éléments de connaissance à transmettre relativement au public visé. Cette réflexion peut prendre la forme d'un scénario qui deviendra l'élément principal, qui guidera dans chacune des étapes la conception du projet final. Sa spécificité va tenir au fait que l'application sera orientée Serious Game. Au laboratoire de recherche de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy, le MAP-CRAI, nous avons la possibilité d'étudier et de mettre en place ces différents éléments que constituent l'interactivité 3D particulière du Serious Game et l'utilisation de la Réalité Augmentée. Dans le présent mémoire, nous nous intéressons à cette problématique :

Comment concevoir un Serious Game exploitant les technologies de Réalité Augmentée pour valoriser le patrimoine culturel bâti ?

En effet la question de l'association d'un Serious Game et de la Réalité Augmentée au sein d'un système semble être une approche intéressante pour valoriser le patrimoine quel qu'il soit. L'interactivité qui sera mise en place sera particulière du fait que le réel va largement intervenir lorsque l'utilisateur va acquérir de l'information sur un édifice, ou autres ouvrages architecturaux. Il serait facile de dire que la réalisation de ce type d'application se fait de la même façon qu'un jeu purement virtuel et en 3D. Nous aurons bien évidemment quelques principes qui seront similaires, cependant les problèmes liés à la gestion de la caméra vont être appréhendés d'une autre façon. Nous rappelons que la Réalité Augmentée, est une visualisation du réel à travers un support, et ce « réel » va être enrichi par d'autres types d'informations (2D et/ou 3D). La notion de Serious Game fusionnée à la Réalité Augmentée, va proposer des parcours ludo-éducatifs. Ce/ces parcours vont pouvoir fournir de la connaissance à l'utilisateur, acteur de son apprentissage, tout en s'amusant : là est le principe du Serious Game. L'application aura une scénarisation précise envers un type de public particulier.

Nous étudierons ce problème dans le cadre d'un projet du laboratoire qui est de concevoir un prototype d'application en Serious Game, exploitant les technologies de Réalité Augmentée pour valoriser une portion de ville et un bâtiment en particulier.

Ce présent mémoire de recherche va s'organiser comme suit :

1. Dans un premier temps, nous allons vous présenter la structure d'accueil où j'ai eu la possibilité d'aboutir à ces recherches.
2. Dans un deuxième temps, nous proposerons un état de l'art des différentes notions principales du sujet : la Réalité Augmentée, le Serious Game lié à sa scénarisation en relation avec la valorisation du patrimoine.
3. Dans un troisième temps, nous nous intéresserons à la méthode utilisée pour réaliser un prototype appliqué à un cas concret. Ce cas a été choisi suivant plusieurs critères que nous énoncerons par la suite.
4. Enfin dans un quatrième temps, nous réfléchirons aux résultats et fonctionnalités en n'oubliant pas les problèmes rencontrés et éventuelles solutions envisagées. La réalisation du projet étant de longue durée, nous ne parlerons que de l'aspect test dans ce mémoire, car aucun prototype d'application n'a été produit pour le moment.

## 2. STRUCTURE D'ACCUEIL

### 2.1. Contexte de travail

La structure d'accueil dans laquelle nous avons réalisé notre travail de stage est : MAP-CRAI, École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy.

Le CRAI (Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie), créé en 1987, est un laboratoire de recherche intégrant de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy. Celui-ci fait partie des quatre équipes qui constituent l'Unité Mixte de Recherche numéro 3495 (UMR). La structure MAP-CRAI (Modèle et simulation pour l'Architecture, et le Patrimoine) relève de deux comités, le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) et le MCC (Ministère de la Culture et de la Communication).

L'UMR-MAP (Unité Mixte de Recherche- Modèle et simulation pour l'Architecture, et le Patrimoine) a été créée en 1998. Elle regroupe quatre équipes de recherche se trouvant également dans des Écoles Nationales Supérieures d'Architecture. Ces équipes que nous énoncerons par la suite travaillent sur des sujets mettant en jeu l'aspect informatique appliqué au patrimoine culturel architectural, en ayant un objectif de production d'outils et de méthodes d'aide à la conception. Les 4 laboratoires sont constitués par le MAP-ARIA (Application et Recherche en Informatique pour l'Architecture) intégré dans l'ENSA de Lyon, MAP-GAMSAU (Groupe de recherche pour l'Application des Méthodes Scientifiques à l'Architecture et à l'Urbanisme) se trouvant à l'ENSA de Marseille, le MAP-MAACC (Modélisation pour l'Assistance à l'Activité Cognitive de la Conception) à l'ENSA Paris La Villette et enfin le MAP-CRAI localisé à l'ENSA de Nancy.

Chaque laboratoire possède sa spécialité. Particulièrement, le MAP-ARIA est spécialisé dans la maîtrise d'outils multimédias, servant notamment à la valorisation de la culture architecturale, et le MAP-MAAC est plutôt expert dans le domaine de la cognition lors de la conception. Les MAP-CRAI et MAP-GAMSAU ont comme activité principale la représentation d'images de synthèse, la mesure optique et s'intéressent aux problématiques du patrimoine. Plus précisément, notre laboratoire d'accueil, le MAP-CRAI, conduit des projets de recherches, appliqués dans le domaine de la 3D, de la simulation d'ouvrages, des outils et méthodes aidant à la conception architecturale qu'elle soit urbaine ou technique. Ce type de recherche est conduit avec d'autres partenaires : organismes d'État, de grands centres de recherche comme l'INRIA et avec des industriels publics et privés.

## **2.2. Sujet du stage recherche : conception de Serious Games exploitant les technologies de Réalité Augmentée pour la valorisation du patrimoine culturel bâti**

Lors de la réalisation de ce projet, nous nous sommes heurtés à plusieurs problèmes en termes de scénarisation qui portent essentiellement sur la liaison entre les caractéristiques du Serious Game, et les technologies de Réalité Augmentée pour se diriger vers un seul objectif : la valorisation du bâti. En effet, nous verrons par la suite que ce type de valorisation est en plein développement.

Dans ce mémoire de recherche, nous nous intéressons particulièrement à l'aspect technologique et technique de la Réalité Augmentée et sur l'objectif de ceux-ci. Toutefois afin de produire une application orientée Serious Game, la scénarisation et ses principes ne doivent pas être négligés notamment pour les parcours d'acquisition des connaissances.

Afin de produire ce type d'application qui est le Serious Game, il s'agira pour le/les concepteurs :

- d'obtenir toutes les informations et connaissances qu'ils voudront transmettre à travers l'appareil que l'on appellera *support de médiation*,
- d'articuler ces connaissances à travers une scénarisation qui permettra une acquisition cohérente de ceux-ci
- de développer l'application à l'aide d'un modèle UML (Unified Modeling Language) qui permettra de structurer l'ensemble des données et fonctionnalité (types d'interactions mises en place) de l'application interactive en Réalité Augmentée. Ce langage graphique est basé sur l'approche par l'objet, et c'est notre cas (Debauwer & Van Der Heyde, 2005).

## **3. ÉTAT DE L'ART : Réalité Augmentée, Serious Game et patrimoine**

### **3.1. La Réalité Augmentée**

De nos jours, la « Réalité Augmentée » possède diverses définitions, car elle va intervenir dans plusieurs domaines et chacun d'eux va proposer des objectifs différents. Ce principe fait partie d'un ensemble que nous développerons, où la réalité et la virtualité vont intervenir à plus ou moins fort degré, l'un par rapport à l'autre.

La Réalité Augmentée c'est « l'élargissement de la réalité à la dimension d'un média-monde » (D.GODEFREDI). C'est un système qui va permettre d'intégrer des objets

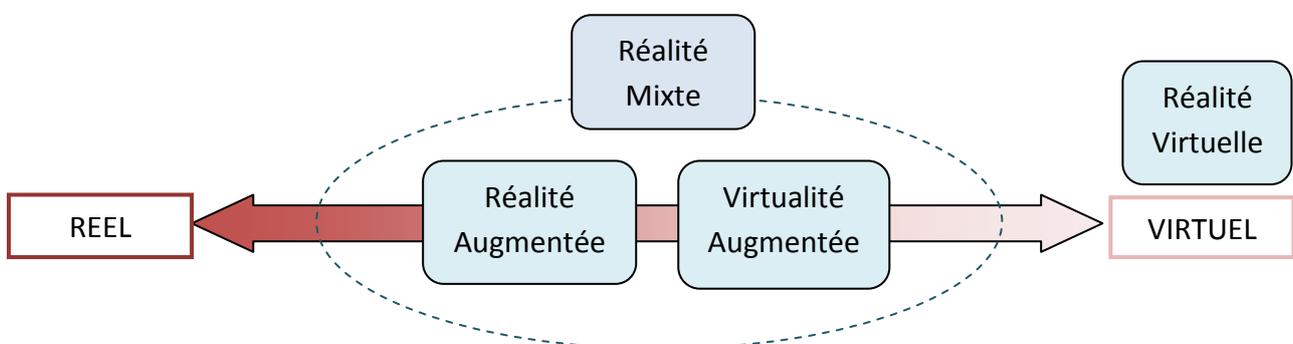
virtuels à des images réelles. Cette notion désigne les systèmes informatiques capables de superposer un modèle virtuel 2D ou 3D à la perception que nous avons naturellement de la réalité et ceci en **temps réel (Alvarez 2008)**. Elle va désigner aussi différentes techniques qui vont permettre d'incruster de façon réaliste des objets virtuels dans une séquence d'images (Bimber, O. et al ,2005). L'effet de Réalité Augmentée peut s'appliquer et agir sur nos principaux sens : la perception visuelle (superposition d'images virtuelles aux images réelles), la perception proprioceptive (bras à retour de force) comme les perceptions tactiles ou auditives, même haptique. La Réalité Augmentée est utilisée et intervient dans divers domaines, de par la création d'applications multiples (jeux vidéos, l'éducation par le jeu, chasses aux trésors virtuelles), le cinéma, la TV (postproduction, studios virtuels, retransmissions sportives...), les industries (conception, design, maintenance, assemblage, pilotage, robotique), voire même le médical.

Très proche du concept de Réalité Augmentée, il y a aussi la Virtualité Augmentée (Augmented Virtuality) où cette fois-ci nous allons enrichir un environnement quasiment virtuel avec des objets réels. La « quantité » de virtuel est largement supérieure à celle du réel : là est la différence avec la Réalité Augmentée (Wilson, 2012).

La Réalité Virtuelle est une réalité « synthétique ». On va chercher tout simplement à modéliser ou reproduire la réalité telle qu'elle est ou telle qu'elle l'était. Dans ce cas-là, le réel n'intervient qu'à un degré 0.

La Réalité Mixte (Mixed Reality), va être la fusion entre la Réalité Augmentée et la Virtualité Augmentée, et va se référer à la fusion du monde réel et virtuel afin de produire de nouveaux environnements et des visualisations où les objets physiques et numériques coexistent et interagissent en temps réel.

Nous en concluons que ces notions vont faire intervenir un ratio entre le réel et le virtuel (Milgram, P.) (Figure 1).



**Figure 1 : Paul Milgram's Virtuality Continuum**

De nos jours lorsque qu'on parle de Réalité Augmentée, on parle de technologie (support) et de technique (recalage des deux mondes).

### **La technique :**

La technique va désigner la méthode utilisée pour « recalcr » justement l'objet 2D et/ou 3D avec le réel. Deux techniques principales vont être développées par la suite.

La première va se faire par détection de marqueur spécifique (illustration 1). La caméra de l'appareil va détecter ces entités physiques spécifiques et va pouvoir afficher une image virtuelle conçue et positionnée par rapport à celui-ci lors de la conception de l'application. Nous verrons des exemples de projets qui utilisent ce type de techniques pour produire de la Réalité Augmentée.

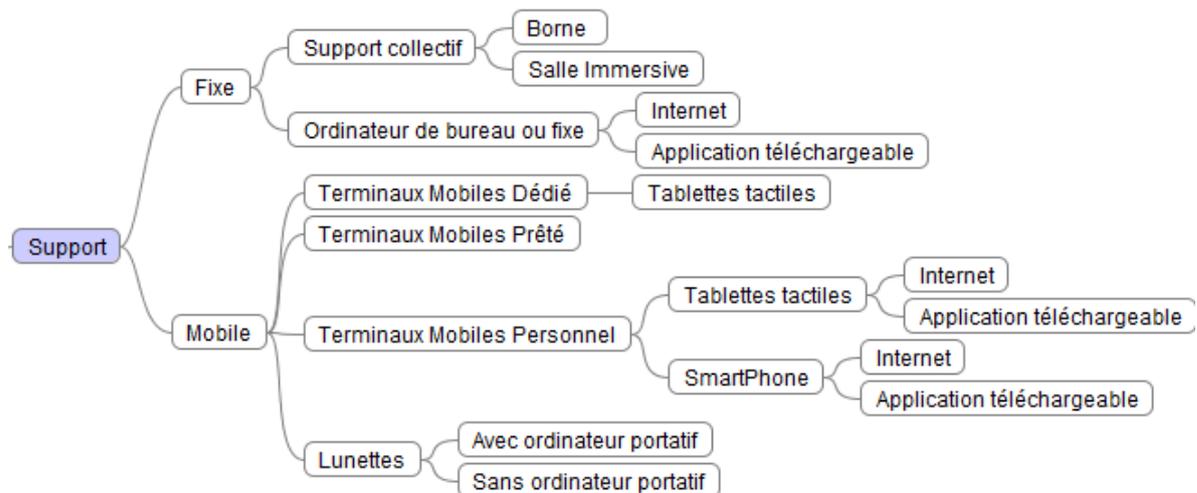


**Illustration 1 : Technique de reconnaissance par marqueur**

Un second type de technique de recalage a été identifié : c'est la géolocalisation. Cette technique est utilisée, mais demande des compétences en programmation assez avancées lors de la réalisation de l'application. Nous montrerons dans une prochaine partie différents projets qui utilisent cette composante de géolocalisation. Pour se faire l'application va utiliser les données GPS de l'appareil, et par l'intermédiaire de programme informatique va afficher un modèle 2D ou 3D à des coordonnées précises. L'application exploitera ces informations pour justement recalcr un bâtiment virtuel sur le bâtiment réel par exemple.

### La technologie :

Après avoir analysé les principales techniques, nous nous intéressons à la technologie qui la supporte. Lorsqu'on entend technologie, on veut bien sûr parler des supports de médiations qui vont permettre d'afficher notamment l'effet de Réalité Augmentée. Après avoir recherché et analysé de nombreux projets de valorisation du patrimoine, nous proposons ce classement listant ces différents types de support (figure 2) :



**Figure 2 : Classification des supports de médiation en Réalité Augmentée**

Tous ces supports vont être munis d'une caméra, excepté les salles immersives. Comme nous pouvons le constater, il y a bien des supports fixes et des supports mobiles. Chacun d'eux va être utilisé pour des objectifs bien distincts. Nous le verrons dans une prochaine partie en étudiant différents projets de valorisation.

Concernant les appareils fixes, nous retrouvons les ordinateurs, et des bornes (tablette de grandes tailles = voir projet Cluny 2010). Il y a également ce que l'on appelle les salles immersives où l'utilisateur va être plongé dans un environnement soit équipé de grands écrans de projection, soit un seul écran formant un arc, ou un hémisphère. Muni d'un système de stéréoscopie, l'utilisateur porte des lunettes pour visualiser en relief comme la Géode de la cité des sciences et de l'industrie (illustration 2).



**Illustration 2 : Images montrant 2 types de salle immersive (en sphère à gauche et en écrans à droite)**

Nous pouvons dénombrer plusieurs types de terminaux mobiles pour la Réalité Augmentée.

Les Terminaux Mobiles Dédiés sont des supports qui vont être créés uniquement pour le projet. Nous avons par exemple le SAMSUNG Q1 ultra (illustration 3) qui a été créé pour le projet du château de Vincennes, notamment pour la restitution du cabinet de Charles III.



**Illustration 3 : Terminal Mobile Dédié pour le projet du cabinet de Charles III**

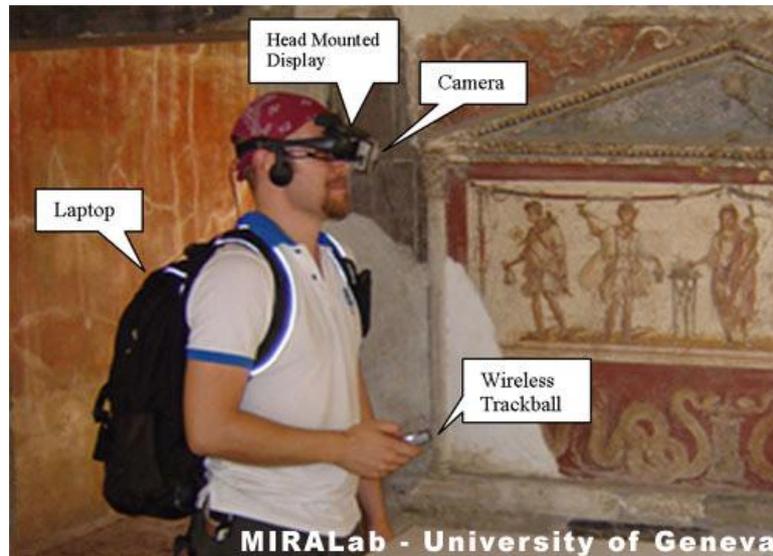
Nous avons également les Terminaux Mobiles Prêtés. Ces terminaux sont principalement des appareils de la vie de tous les jours tels que les Smartphones (android, iOS), ainsi que les tablettes tactiles (illustration 4). De manière générale, les projets qui proposent de prêter des supports sont des projets qui donnent la possibilité de télécharger leur application sur des Terminaux Mobiles Personnels. De cette façon, l'utilisateur peut choisir d'utiliser son appareil pour effectuer la visite.



**Illustration 4 : Terminaux Mobiles Personnels, et Prêtés.**

Un autre type de support que des écrans permettent de visualiser de la Réalité Augmentée. On parle des lunettes. Nous avons deux types :

- Les lunettes avec ordinateurs portatifs : est une technologie assez encombrante par le fait que l'utilisateur doit transporter un ordinateur dans un sac à dos si celui-ci se déplace avec le système (illustration 5). Cependant, cette contrainte est rattrapée par les graphismes et la qualité de la Réalité Augmentée. Ce système de lunettes emploie des caméras afin d'intercepter la vision du monde réel puis de réafficher la vue augmentée à travers les oculaires.



**Illustration 5 : Lunette avec Ordinateur Portatif**

- Les lunettes sans ordinateur portatif : l'utilisateur qui portera ces lunettes doit tout de même avoir un Smartphone (TMP), car c'est dans ce dispositif que se trouve l'application. C'est le cas des Google Glass (illustration 6). Ce type de technologie permet à l'utilisateur de visualiser des informations concernant certains bâtiments, de voir quel itinéraire emprunter pour aller d'un point à un autre par exemple. Mais il ne permet pas pour le moment de voir un édifice altéré, reconstituer par la Réalité Augmentée.



**Illustration 6 : Google glass, lunettes de Réalité Augmentée par Google**

Nous pouvons conclure cette partie en rappelant qu'il y a une diversité de technologie permettant de faire la réalité Augmentée. Lors de la création d'un projet mettant en œuvre de la Réalité Augmentée, il faudra bien choisir quelle technologie et quelle technique sera la plus appropriée en termes de praticité et d'un point de vue rentabilité.

Plusieurs projets de recherche se développent concernant les nouvelles technologies permettant d'utiliser la Réalité Augmentée. L'utilisation d'un système de lentilles oculaires serait une perspective à venir (illustration 7). Ces lentilles de contact seront constituées d'éléments d'affichages intégrés dans les lentilles comprenant un circuit intégré, avec DEL (Diode ÉlectroLuminescente) et antennes pour une communication sans fil.



**Illustration 7 : Image d'une vidéo futuriste sur la Réalité Augmentée utilisant des lentilles de contact**

## 3.2. Méthode de scénarisation en lien avec les Serious Games

### 3.2.1. Définition du concept

Le concept de scénario ou de scénarisation, a été de plus en plus développé dans un nombre important de domaines notamment dans le monde du numérique où il a subi une émergence caractéristique en cohérence avec les innovations du savoir-faire en matière de jeux, conception d'application et d'évolution technologique. Il est devenu inévitable et omniprésent pour développer des applications telles que les jeux. Dans les applications ludiques ou Serious Games, la scénarisation est définie comme étant la trame qui va servir au développement de l'histoire. D'un point de vue informatique, l'implémentation d'un scénario à vue éducative correspond à implémenter un habillage (habillage sonore, et graphique), une histoire et des règles de jeu.

Dans notre domaine, qui est la « conception de jeux sérieux », la phase de scénarisation est caractérisée par la description des activités futures d'un système à développer, où va être décrit le comportement de l'utilisateur (cognitif, psychologique), et de l'outil d'interface qui va répondre à l'utilisateur après une action. Le but principal sera d'anticiper les usages du système par les concepteurs et les utilisateurs finaux (acteurs principaux de la réalisation). Dans notre cas, l'application que nous développons, va mettre en scène un édifice culturel historique qui va mettre l'utilisateur dans un état de collecte de connaissances. Il apprendra, donc nous serons également dans l'aspect éducatif. La façon d'appréhender la scénarisation d'une application ne va pas être la même que pour un jeu vidéo-ludique (purement ludique), car il y a bien l'intégration d'un objectif d'apprentissage lors de la création de l'application en Serious Game. Lors de la création d'un jeu vidéo-ludique l'aspect « sérieux » n'est pas pris en compte.

L'objectif éducatif va donc engendrer chez l'apprenant l'orchestration d'un ensemble d'activités d'apprentissage. La notion de scénarisation consiste précisément en la manière : **d'organiser les unités de contenus** afin de mettre en place un découpage de ces unités en « pages-écrans » c'est-à-dire l'acquisition de la part de l'utilisateur d'une information précise à un moment donné.

Un travail parallèle, mais en relation directe avec cet agencement, consistera à faire un **découpage de l'interface** avec des écrans types munis de modes de navigation schématisés (navigation permettant d'accéder à ces informations).

L'association de ces deux phases est comprise dans l'expression : **scénario interactif**.

### 3.2.2. Méthode de scénarisation « interactive »

Après avoir recherché et analysé plusieurs méthodes de scénarisation dans le monde du Serious Game, nous pouvons remarquer la présence de quatre temps forts pour développer une bonne scénarisation interactive.

Tout d'abord, il s'agira de **nommer** chaque séquence du scénario et lui **attribuer un objectif**, pour ensuite **définir un schéma de navigation**, de **créer et identifier les contenus et leurs types** en rapport avec ce que l'on veut montrer, et enfin **réaliser des visuels caractéristiques** avec l'apparition des différents systèmes d'interactivités.

A ce titre, ces quatre notions peuvent être développées de la façon suivante :

- Nommer chaque séquence et lui donner un objectif : dans cette phase, il sera important de donner des mots-clés pour chaque séquence à laquelle l'utilisateur va être confronté et y associer un objectif pour orienter les utilisateurs dans son apprentissage ;

Pour satisfaire avec succès à la compréhension de cette notion, quelques questions soulevées par Dansereau (2004) doivent être préalablement posées :

« Doit-on penser à un pictogramme (icône) pour symboliser la séquence du changement d'état du système et favoriser son repérage par la suite ? Le ou les

objectifs, identifié(s) par séquence, sont-ils compris dans la mission de l'application ? Y a-t-il trop d'objectifs par séquence, des idées inutiles ? Le titre de chaque séquence suggère-t-il clairement ce que l'on annonce ? »

- Définir un schéma de navigation ou story-board (scénario) : il faudra dans cette partie structurer de manière logique, de façon hiérarchisée les connaissances et le contenu : « Quelles informations doit intervenir à ce moment là ? ». Ceci pour pouvoir établir un schéma ou « graphe » de navigation à partir du menu principal jusqu'aux différentes extrémités de l'arborescence. Ce story-board va servir à savoir dans quel ordre vont intervenir ces différents écrans. Une première représentation sera esquissée pour pouvoir vérifier de tâche en tâche et bien sûr pendant le maquettage, l'ergonomie du système. Nous verrons par la suite à quoi ressemblera notre schéma de navigation et par ailleurs celui-ci sera en perpétuelle évolution.
- Créer et identifier les contenus et leurs types pour chaque séquence : on dénombre plusieurs types de contenus : par exemple textuel, iconique, interactif, sans oublier les modèles 3D dans notre cas. Ces éléments nous donnent la possibilité des créé des modes d'interactions différents pour naviguer dans l'information.
- Esquisser les séquences en page-écran type : c'est à ce moment là que l'on va attitrer le contenu sur ces différentes pages-écrans de manières cohérentes, tout en gardant la hiérarchie définie à la deuxième partie. Il s'agira également de placer les éléments de navigation pour passer d'une page-écran à l'autre. Le story-board permettra d'avoir une vue d'ensemble de ce à quoi va ressembler l'application une fois terminée, avec tous les éléments formalisés. Il nous servira en quelque sorte de repère pour l'avancement et dans le cas de rencontre de problèmes.

La scénarisation présente une phase déterminante dans la conception d'une application. Nous verrons dans l'aspect concret, ce que nous avons retenu de cette méthode, et les éléments qui n'ont pas pu être mis en place. Cette façon de procéder est une proposition qui a déjà fait ses preuves, mais la confrontation à certains problèmes est possible. Nous verrons que la scénarisation va se faire en parallèle à la conception concrète du produit, notamment dans la schématisation de la navigation et de l'agencement des contenus ainsi que la façon (fonction) pour arriver à naviguer entre ces contenus. Pour la réalisation d'un Serious Game, des éléments spécifiques sont à prendre en compte et nous allons les analyser.

### 3.2.3. Le Serious Game

Le Serious Game, « jeu sérieux » est une application informatique dont l'intention prioritaire est de faire fusionner de manière logique les aspects sérieux (Serious) comme l'apprentissage, la communication, l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo. Cette association va s'opérer par l'implémentation d'un scénario utilitaire qui d'un point de vue informatique correspond à implémenter un habillage (graphique et sonore) avec un récit, des règles en vue de s'écarter du simple divertissement (Alvarez 2008). Pour réaliser ce type de jeu, il faut prendre en compte différents aspects : des aspects psychologiques, mais surtout des aspects cognitifs, car celui-ci va faire intervenir de nombreux processus mentaux chez l'utilisateur tel que la motivation, l'apprentissage, l'imagination et encore bien d'autres aspects (Leja, 2003).

Ce type de jeu tient ses origines des États-Unis par le lancement d' « America's Army » (un FPS = First-Person Shooter) (illustration 8) en 2002 pour le jour de fête nationale. Celui-ci est basé sur le moteur de jeu Unreal Tournament (UT, ancien UDK), se joue en réseau et propose d'effectuer des exercices d'entraînements militaires et des missions de combats en essayant de reproduire la réalité. Il se distingue des autres par le fait que les meilleurs joueurs reçoivent un courrier officiel de l'armée américaine leur proposant d'intégrer les rangs.



**Illustration 8 : Premier Serious Game, America's Army**

Après avoir défini ce qu'était un Serious Game, et même si son origine était en 2002, on peut dénombrer plusieurs jeux anciens qui pourraient en effet convenir aux caractéristiques du jeu sérieux comme la console Atari, Pepsi Invaders (orienté pour la publicité = advergaming).

On constate donc que tous les jeux peuvent être détournés à des fins utilitaires : comme Pacman qui demande des capacités psychomotrices, car ce jeu demande à l'utilisateur d'être capable d'enchaîner de plus en plus rapidement des séries de mouvements.

C'est pour cette raison que nous allons bien différencier le jeu sérieux du jeu ludique détourné. En effet le Serious Game s'appuie sur une base vidéoludique en s'écartant du simple divertissement. Lorsque l'on prend un jeu purement ludique, le détournement du « sérieux » dans ce jeu se fait de manière cognitive, c'est-à-dire que c'est l'utilisateur qui va mentalement se donner un objectif de réalisation. Alors que dans le Serious Game, dès la phase de création il y a obligatoirement une dimension « sérieuse » (apprentissage) qui est créée, d'où la création d'une scénarisation utilitaire ou pédagogique associée à l'aspect ludique du jeu vidéo (Varano et al, 2009).

La notion de jeu ludo-éducatif et le Serious Game peuvent être deux entités qui se ressemblent fortement grâce à leurs approches similaires d'apprentissage cependant on peut constater quelques différences. On peut dire que le genre ludo-éducatif est une sous-catégorie du Serious Game.

Le panel d'intervention des Serious Game est assez large : l'éducation, la formation, la défense, la santé, la simulation, communication, marketing, muséographie et bien d'autres encore. Cependant dans le domaine de l'architecture patrimoniale on ne dénombre pas de jeu sérieux, et c'est en cours de développement.

#### **Relation avec la réalité Augmentée :**

Dans le monde du jeu vidéo, les technologies de Réalité Augmentée commencent à émerger. Récemment plusieurs jeux fonctionnant avec des caméras font interagir des objets réels avec des objets virtuels (illustration 9). Et c'est notamment par l'intermédiaire de marqueurs que des objets 2D et/ou 3D apparaissent sur des écrans prévus à cet effet. Comme nous l'avons dit dans l'état de l'art de la Réalité Augmentée, la technique de marqueur est basée sur une détection d'images spécifiques permettant l'affichage d'objet virtuel par l'intermédiaire d'un support de médiation.



**Illustration 9 : Écran de jeu de Drakerz, jeu de duel en Réalité Augmentée par marqueur**

Une des technologies aussi beaucoup utilisées dans les jeux de FPS sont les lunettes de Réalité augmentée et/ou de Réalité Virtuelle, celle-ci couplée à un tapis roulant omnidirectionnel sensible la pression afin de parcourir le monde en 3D tout en restant sur place sur le lieu où l'on se trouve (illustration 10). Le joueur devient la manette.



**Illustration 10 : FPS (Virtuix Omni) joué avec des lunettes de Réalité Augmentée et un tapis roulant**

Au cours de ce mémoire, nous essayerons de mettre en place une méthode de scénarisation en vue d'un Serious Game pour la valorisation du patrimoine culturel bâti.

Nous développerons quelques notions de ce qu'est un Serious Game et identifier les éléments principaux à mettre en place afin d'en réaliser un.

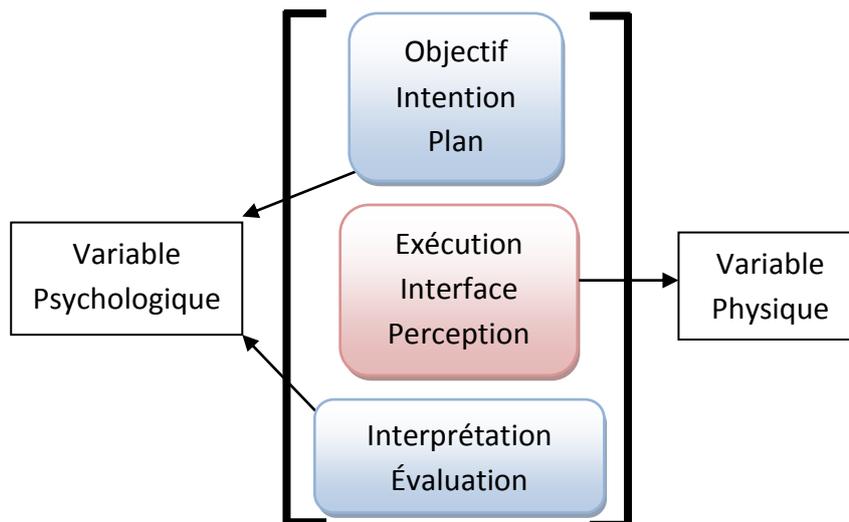
### **3.3. La création d'une application interactive**

Lorsque l'on veut créer une application interactive, il est très important de prendre en compte plusieurs éléments sans quoi le résultat ne serait pas fiable et crédible.

Tout d'abord lorsque l'on parle d'application, on parle d'interactivité. C'est-à-dire qu'il y a bien quelque chose en particulier entre l'utilisateur et la machine, afin qu'il y ait une communication. Cet élément, appelé l'interface, va relier ces deux entités. Le but d'une application interactive est d'arriver à un langage qui va être compris par la machine pour que celle-ci change d'état après l'action d'interaction. Pour cela, il est primordial de respecter certaines règles :

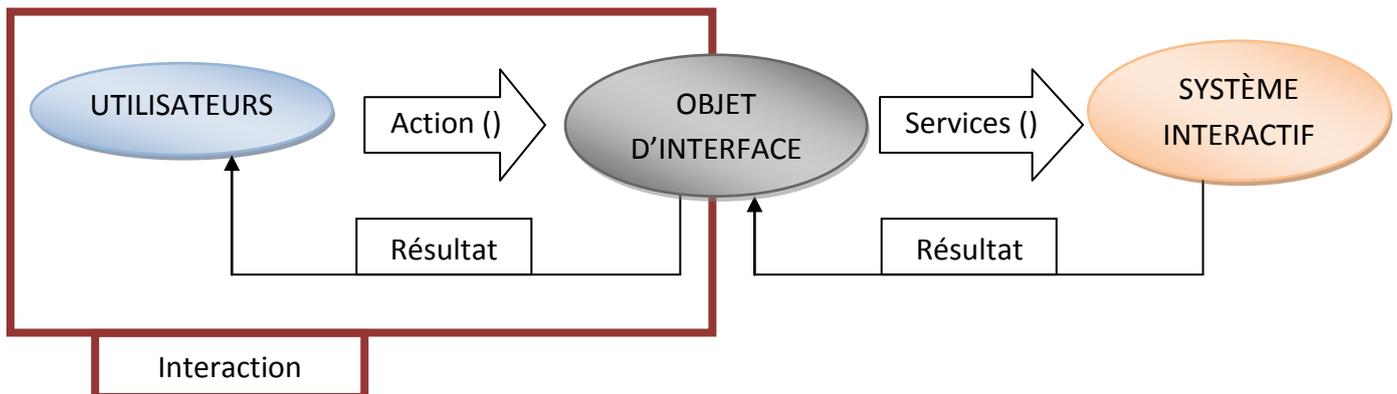
- Tout d'abord « concevoir des interactions », implique qu'il faut s'intéresser à la cible, le besoin de faire cette application. L'interactivité doit être mise en place, non pas pour les concepteurs, mais prévue et créée en fonction des besoins des utilisateurs.
- La conception, définie comme l'action de produire, concevoir une chose, un objet (objectif) pendant une durée précise (contrainte), consiste donc à atteindre un objectif sous contraintes. En pensant à cette notion, plusieurs questions doivent être posées :
  - En termes d'objectifs : quelles sont les attentes ? Qui va utiliser le produit ? Pourquoi ce nouveau produit ?
  - En termes de contraintes : quel matériel doit être utilisé ? Quels standards doivent être adoptés ? Durée ? Coût ?
  - En termes de compromis : quelles contraintes peuvent être allégées pour que d'autres soient respectées ?

Lorsque l'on parle de l'utilisateur, il faudra connaître ses différents aspects qui entreront en jeu lorsqu'il sera soumis à « une interface » : les types d'erreurs humaines que l'on peut rencontrer comme les aspects cognitifs, psychologiques, sociaux, et ergonomiques (Varano, 2011) (figure 3).



**Figure 3 : Répartition des actions dans le physique et le psychologique**

Pour le développement de l'application, il faudra s'interroger sur les limites de l'ordinateur (IHM), la plateforme et les outils utilisés. Dans notre cas, il faudra bien choisir le support de médiation en fonction de ce que l'on veut en faire.



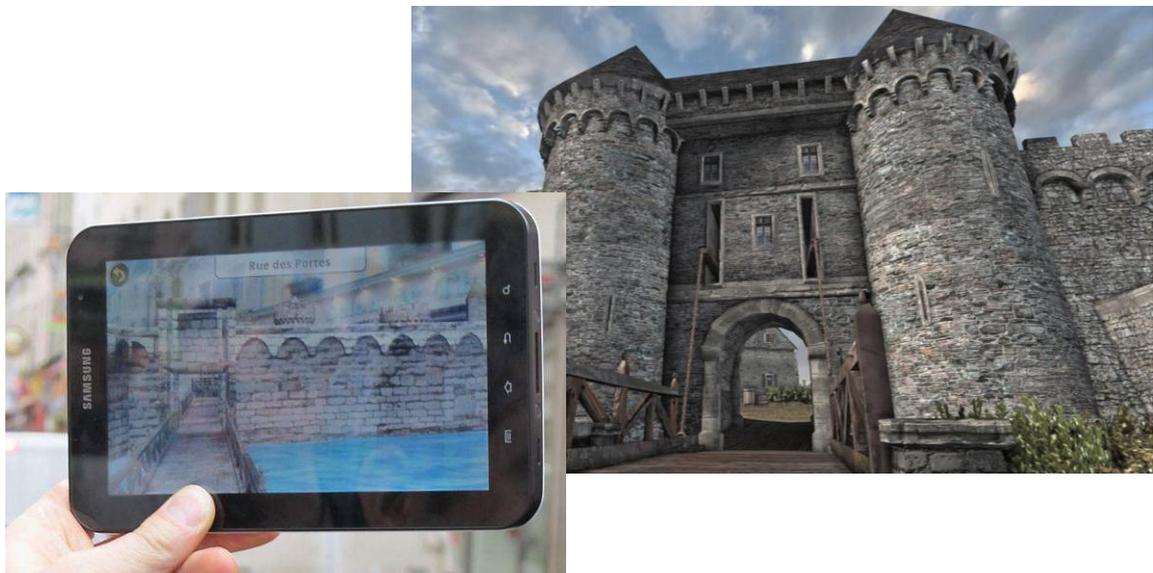
**Figure 4 : Schéma simple d'un système interactif**

### 3.4. Réalité Augmentée pour la mise en valeur du patrimoine culturel bâti

Une phase de recherche et d'analyse de projet de valorisation utilisant les techniques et technologies de Réalité Augmentée a été nécessaire. Dans cette partie nous allons vous présenter une partie de ces différents projets. Nous verrons qu'il existe différents supports de médiation, plusieurs objectifs de valorisation et à différente échelle (site, bâti, urbain). Les projets de valorisation du patrimoine font de plus en plus appel à la Réalité Augmentée. Ces différents projets vont être présentés, car ils ont chacun leurs spécificités. « Le patrimoine est, en substance, ce qui est transmis à une collectivité, par les ancêtres, les générations précédentes, et qui est considéré comme un héritage commun » (Fevres, 2012).

#### 3.4.1. Projet de restitution du Château de Cherbourg

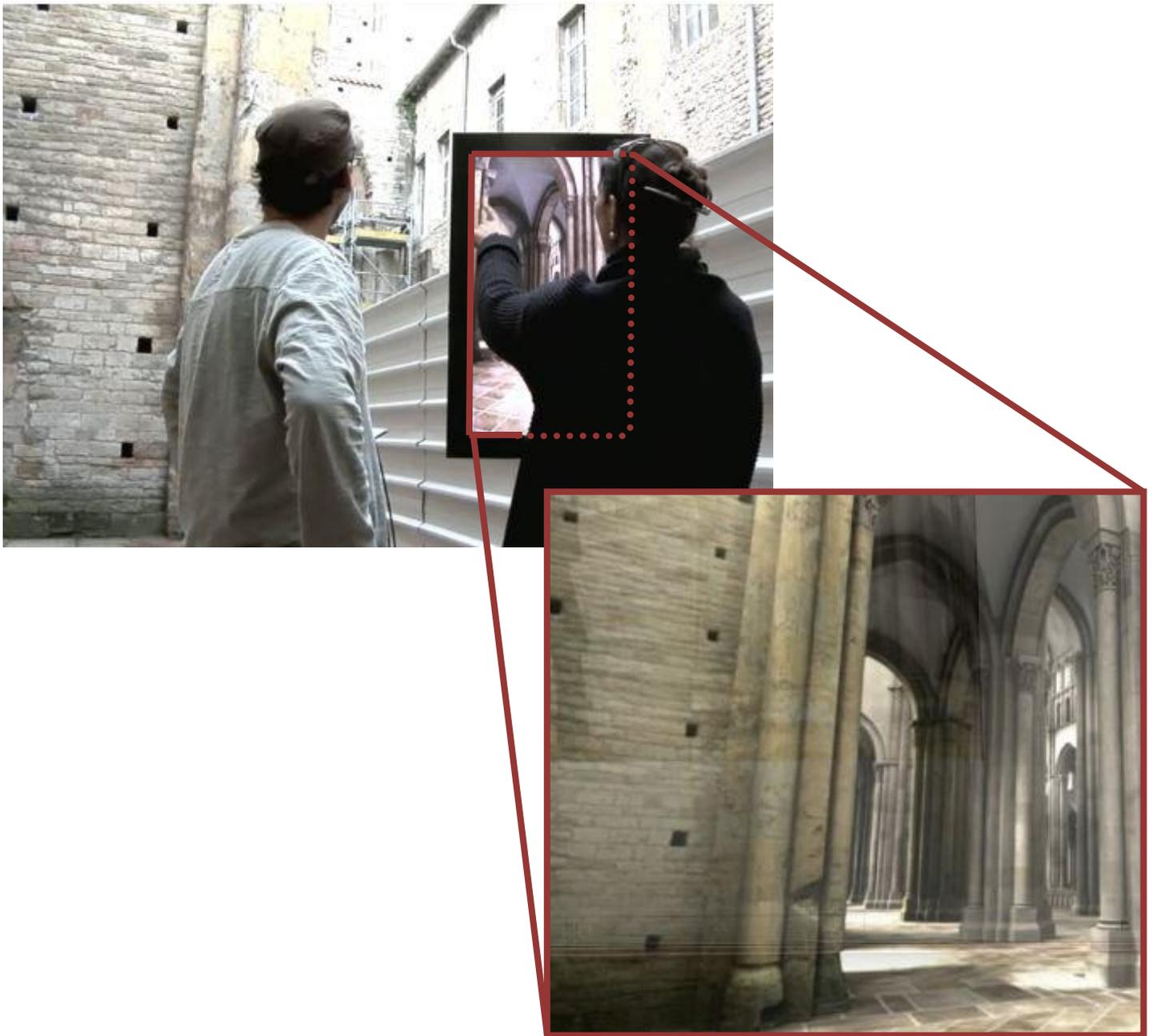
À Cherbourg un château fort a été détruit et 90 % des personnes vivant dans cette ville ne savent pas qu'il a existé. Au sein de la ville, des vestiges visibles tendent à penser qu'il y avait bien un édifice : ce sont bien là les empreintes de la destruction du château de Cherbourg. Un programme de reconstitution a été effectué afin de montrer aux utilisateurs, à l'aide de la Réalité Augmentée, un bâtiment remis dans son contexte tel qu'il l'était à l'époque où il était complet et mettre en valeur ce patrimoine. Le support de médiation utilisé sera un Terminal Mobile Prêté, avec la possibilité de télécharger l'application sur son Terminal Mobile Personnel (illustration 11).



**Illustration 11 : Respectivement le château en RA et le Château virtuel reconstitué.**

Créé par la société Biplan, le projet est une application en Réalité Virtuelle s'appuyant sur un système de géolocalisation. L'utilisateur muni de son support de médiation va pouvoir se positionner sur un des sept points de la ville prévus à cet effet et va pointer son appareil vers une direction indiquée afin de voir le château apparaître en surimpression.

### 3.4.2. Projet Cluny 2010



**Illustration 12 : Vue de l'abbaye de Cluny en réel et sa vue en Réalité Augmentée à travers une borne**

Ce projet concerne la mise en valeur de l'abbaye de Cluny. Cet édifice a été détruit (8 % restants). Une application en Réalité Augmentée a été créée, afin de montrer à différents publics comment était l'abbaye lorsque celle-ci était complète. Pour cela les concepteurs de l'application ont mis en place des bornes fixes de Réalité Augmentée à des endroits stratégiques tout au long du parcours de la visite pour avoir des vues les plus caractéristiques. Les visiteurs peuvent en effet observer le bâti tel qu'il était à l'époque où il

était complet (illustration 12). On peut voir la superposition entre les fragments existants du bâti et les fragments virtuels préalablement reconstitués. Les bornes mises en place sont appelées bornes « Ray-On » et elles ont la particularité de capter les conditions lumineuses extérieures, pour les reproduire en continu (l'orientation, l'intensité de la lumière naturelle changent lorsque la journée passe) sur la simulation numérique : ce système se nomme « **fastlight** » (créé par OnSitu). De ce fait, le réel et le virtuel sont étroitement liés. Étant fixes et de grande taille, ces bornes sont mises dans la catégorie des supports de médiations collectives (illustration 13).



**Illustration 13 : Types et degrés de liberté des bornes Ray-On de Cluny 2010**

### **3.4.3. le projet Héritage 3D**

Ce projet a vu le jour en 2009 à l'occasion du festival « futur en Seine » et concerne la restitution du cabinet de Charles III au château de Vincennes. Cependant, ce n'est pas seulement l'architecture qui est proposée, mais aussi l'aménagement intérieur (les meubles, les peintures, les tapisseries) l'environnement complet du cabinet.

Afin de faire vivre cette expérience aux utilisateurs, les concepteurs ont équipé la pièce de marqueurs (illustration 14). Ces marqueurs vont permettre l'affichage des objets 2D et 3D (meubles, murs, tapisseries et d'autres ouvrages culturels) détectés par l'appareil créé spécialement pour l'occasion : des UMPC (Ultra Mobile PC, des appareils dédiés au projet) (illustration 15).



**Illustration 14 : Dispositif de marqueur de reconnaissance pour le cabinet de Charles III**



**Illustration 15 : UMPC, Terminal Mobile Dédicée (SAMSUNG Q1 ultra) pour le cabinet de Vincennes**

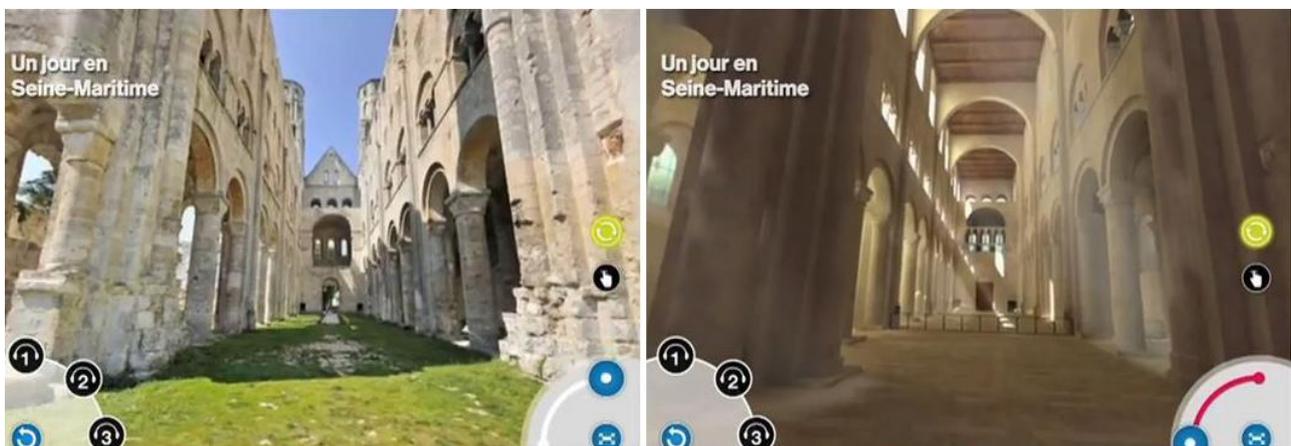
#### **3.4.4. Le projet Jumièges 3D**

Jumièges 3D est un projet de restitution effectué sous l'initiative du département Seine-Maritime pensé pour la valorisation de l'abbaye de Jumièges. L'édifice construit entre 1040 et 1067, exemple de l'art Roman a subi de nombreuses destructions telles que

l'abbatiale Notre-Dame, le cloître, la petite église Saint-Pierre, le grand dortoir du XVIII<sup>e</sup> siècle et bien d'autres parties caractéristiques (illustration 16). À la vue de ces dégradations, les visiteurs de ce site sont mal à l'aise lors de la lecture de son histoire.



**Illustration 16 : Vestiges de l'abbaye de Jumièges**



**Illustration 17, 18 : Respectivement vue réelle de l'abbaye (église Saint-Pierre) de Jumièges et vue virtuelle (Augmentée) en correspondance**

Ces visiteurs vont être munis d'un iPad (support de médiation utilisé) avec l'application « Jumièges 3D » (créée par AGP Arts Graphiques et Patrimoines), et à l'aide du GPS interne de l'appareil, ils verront leur localisation sur un plan. Sur ce même plan, il y aura la présence de quatre points de visualisation où l'utilisateur devra se rendre pour effectuer des haltes. À chacune de ces haltes, il devra orienter la caméra de la tablette ou de son iPhone vers l'édifice détruit. Par une interaction de « glisser », l'utilisateur affichera la vue virtuelle du

bâti telle qu'il était à l'époque où il était complet (illustration 17, 18). Une interactivité spécifique a été mise en place pour permettre ces manipulations. Parallèlement à cette phase d'interaction, l'utilisateur pourra écouter des commentaires, des interviews, faire des zooms sur des éléments particuliers de l'édifice, spécifique à chaque point de visualisation de l'abbaye. De plus pour chacun d'eux, apparaîtra la fonction, « l'architecture, et l'histoire » du lieu.

Pour chaque étape, un jeu court sera proposé par l'application : une seule et unique question qui concernera les gravures, sculptures ou autres.

### **3.4.5. Le projet LifePlus : Pompéi**

Ce projet est un peu particulier, car il ne va pas seulement reconstituer des éléments architecturaux disparus, mais il va aussi reproduire les habitudes de vie des habitants de Pompéi (Italie, région de la Campanie), avant la catastrophe due à la gigantesque éruption volcanique. Ce site maintenant archéologique a bénéficié d'un programme de restitution de Réalité Virtuelle.

L'utilisateur qui voudra visiter ce site et tester ce programme de Réalité Augmentée se verra s'équiper de lunettes dédiées (pour l'application produite) avec un ordinateur embarqué (illustration 20). Grâce à ce système, le visiteur verra déambuler des personnages de l'époque dans un environnement réel (illustration 19). L'objectif de cette application est de restituer ces vestiges vides, et de recréer le quotidien des habitants qui y vivaient.



**Illustration 19 : Vestige de Pompéi avec des personnages en Réalité Augmentée**



**Illustration 20 : Équipement nécessaire pour LifePlus**

### 3.4.6. Le projet TerraNumerica à Paris



**Illustration 21 : Rue du Panthéon (Paris) avec informations en RA**

Ce projet est un projet de grande envergure faisant intervenir des enjeux technologiques majeurs. La ville de Paris avec ses richesses (patrimoines architecturaux, urbanisme, muséographie) a été le cas d'étude. Celui-ci a été un projet R&D et son but est de créer une gigantesque base de données urbaine 3D (illustration 21).

Initialement, c'est un projet à but prioritairement scientifique. Par la suite ces données vont être utilisées pour le grand public, en vue de créer des applications que nous allons énoncer par la suite.

Pour réaliser ce projet, les acteurs ont fait appel à un large panel de compétences allant de la chaîne de numérisation jusqu'au développement et la mise en support du produit, en passant par la structuration des données hétérogènes. Une diversité de supports de médiation va être exploitée notamment pour la Réalité Augmentée et Réalité Virtuelle : espace Immersif, lunettes d'observation et mobile avec application téléchargeable sur internet (illustration 21, 22, 23). Les lunettes d'observation vont servir à visualiser la ville en

3D recalée par GPS et obtenir de l'information sur des bâtiments culturels de Paris. Dans l'espace immersif, l'utilisateur muni de lunettes stéréoscopiques va se balader au sein de la ville virtuelle de Paris en toute liberté. Et enfin l'utilisateur va pouvoir télécharger l'application sur son Smartphone (support mobile). Celle-ci peut lui permettre de se localiser et se diriger vers des points culturels de la ville afin de visualiser par exemple des vestiges d'édifices qui pourront être restitués au complet à travers son support de médiation.



**Illustration 22, 23, 24 : Respectivement les lunettes d'observations, Terminal Mobile Personnel et espace Immersif.**

Nous pouvons donc dire que ce projet va créer des contenus visuels réalistes et interactifs. Même si ce n'est pas orienté exclusivement vers le patrimoine, les applications développées vont créer une interaction de l'environnement virtuel avec des flux de données réels. Ce projet a créé de nombreux outils pour différents domaines d'applications : l'urbanisme, la culture (qui va notamment englober tout ce qui est patrimoine, art loisirs et jeux), éducation.

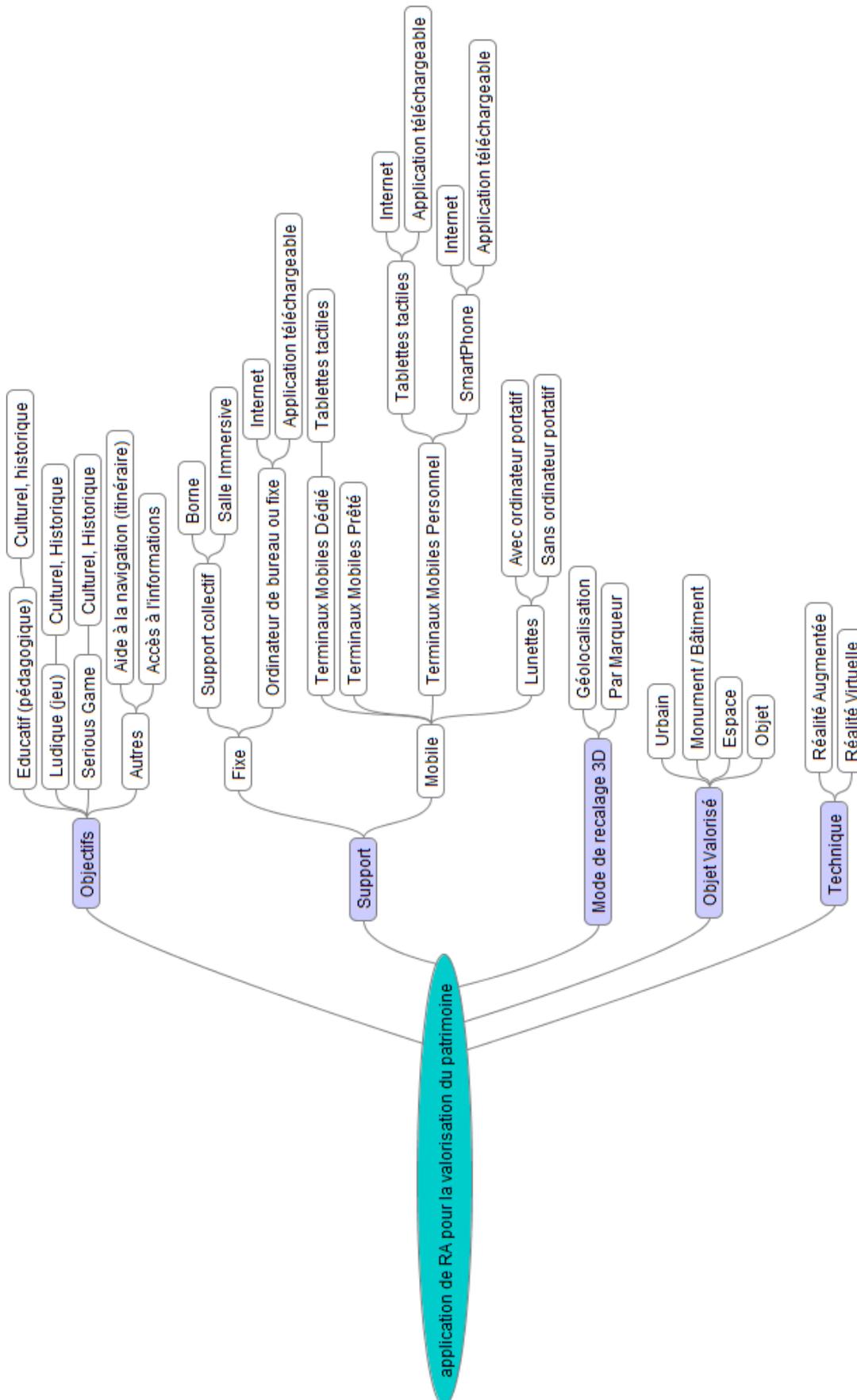
Tableau à ajouter à l'impression

**Tableau 1 : classification des applications de Réalité Augmentée  
analysées**

**Légende :**

- Cult/Hist : Culture/Historique
- GPS : Global Positioning System
- I : Incomplet
- LAOP : Lunettes Assistées par Ordinateur Portable
- LOF : Lunettes d'Observation Fixe
- RA : Réalité Augmenté
- RV : Réalité Virtuelle
- SI : Salle Immersive
- Tchng : Technique
- TMD : Terminal Mobile Dédié
- TME : Terminal Mobile Emprunté
- TMP : Terminal Mobile Personnel

Après avoir analysé tous ces projets, nous avons pu effectuer une classification complète (figure 4), ce qui nous a permis de construire le tableau ci-dessus (tableau 1).



**Figure 4 : Classification des applications Réalité Augmentée pour la valorisation du patrimoine**

## 4. MÉTHODES ET CHRONOLOGIE DU PROJET

### 4.1. Propositions et cas d'études

#### 4.3.1. Contexte : Renaissance Toul 2013

Pour l'année 2013, la ville de Nancy et la communauté urbaine du Grand Nancy célèbrent une période importante de la Lorraine, l'événement « Renaissance 2013 », en valorisant son patrimoine. Toul a également participé à cette manifestation grâce à sa richesse patrimoniale et son importance historique. Dans la suite de ce mémoire, nous présenterons les différents moyens de valorisation notamment le parcours « rallye découverte » au sein de cette ville.

Ce « rallye découverte » organisé par les professeurs des lycées du bassin toulouais proposait plusieurs productions. Celui-ci était ouvert dans un premier temps pour les cordées de la réussite (la journée du 12/04/2013) qui est le public qui nous intéresse et dans un deuxième temps pour le grand public (le lendemain).

Ce public est notre cible, car ce sont des jeunes collégiens et nous voulons leur faire découvrir le patrimoine de la Renaissance de Toul. Cependant, il n'est pas facile d'intéresser des jeunes avec de l'histoire, c'est pour cela que la production d'un jeu sérieux utilisant les nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication serait intéressante. Grâce à cette application, ils pourront acquérir des connaissances culturelles de leur ville tout en s'amusant.

Ces personnes en groupe (constitué de plusieurs élèves et d'un professeur) partent donc à la découverte des monuments de la Renaissance. Ils sont également munis d'une liste de questions et d'un plan du parcours. Tout au long du parcours, les professeurs qui les encadrent veillent à ce qu'ils répondent à un questionnaire (pour petit et grand, charades, mots croisés, devinettes) leur permettant de résoudre les énigmes en lien direct avec le patrimoine architectural de la ville. Ces visites dans ces différents édifices de la Renaissance seront enrichies par de la musique, des pièces de théâtre sur lesquelles il y aura des interrogations.

Nous prendrons ce jeu comme base afin de réaliser un parcours à la fois éducatif et ludique dans le but d'acquérir de la connaissance sur le patrimoine de Toul. Cependant, nous avons des contraintes pour la réalisation de celui-ci. Une analyse de tous les édifices de la Renaissance de Toul a été effectuée, même ceux ne faisant pas parties du « Rallye découverte » afin de choisir celui qui serait le plus approprié pour faire nos tests. Tous les monuments sont en annexes dans : Listing des monuments importants de la ville de Toul d'un point de vue architectural.

Parmi les richesses de Toul, il y a également les fortifications de Vauban. En effet la ville actuelle présente encore des fronts bastionnés en très bon état. Il y a quelques années, le

laboratoire MAP-CRAI a numérisé une partie des plans-reliefs de Toul, une maquette miniature de la ville à l'époque de la Renaissance. Et dans le cadre d'un projet, cette numérisation a été intégrée dans une application interactive (2011). Nous allons donc exploiter ce modèle virtuel de Toul afin de pouvoir créer une correspondance entre la ville actuelle et la ville de Toul à l'époque où la maquette a été réalisée.

#### 4.3.2. Objectifs et contraintes

C'est dans le contexte de Renaissance Toul 2013 que va se faire ce projet de valorisation. Un intérêt particulier a été porté sur l'utilisation des plans-reliefs virtuels (illustration 25) dans notre future application dont le public serait des élèves des cordées de la réussite, un label créé pour promouvoir l'égalité des chances et la réussite des jeunes face à l'entrée dans l'enseignement supérieur.

L'objectif est donc de concevoir un Serious Game sur iPad en utilisant les technologies de Réalité Augmentée et les plans-reliefs de Toul. Pendant ce grand événement, un rallye dans la ville a été organisé pour promouvoir le patrimoine de la renaissance de Toul avec des jeux et énigmes : aspect éducatif et ludique. Nous avons tenté d'intervenir dans ce Rallye afin d'élaborer une scénarisation liée à une interactivité spécifique mettant en jeu les plans-reliefs (pour constater les différences de l'époque), en utilisant la Réalité Augmentée. Tout ceci sera enrichi par des connaissances sélectionnées sur le bâti. Le but étant de centraliser et d'articuler ces différents éléments au sein d'un même support de médiation : l'iPad.



**Illustration 25 : Maquette virtuel du plan relief de Toul (Unity 3D)**

Les cibles visées sont donc des élèves des cordées de la réussite, des collégiens. Ils vont se munir d'un support de médiation muni de l'application que nous aurons créée. Ceux-ci devront se rendre à un point précis de la ville afin de commencer le jeu. Les groupes d'élèves munis de leur appareil vont effectuer un parcours pédagogique bien précis jusqu'à arriver sur le bâti qui sera notre cas de valorisation que nous énoncerons par la suite. Pendant cet acheminement, le support va afficher une vue aérienne du plan-relief virtuel de Toul et les élèves vont voir leur position directement sur le plan tel un GPS. Les élèves se verront donc progresser d'une part dans les rues de Toul 2013 et d'autre part dans les rues de la maquette numérisée. Les élèves pourront également, à des points définis, passer d'une vue aérienne à une vue de plain-pied pour constater les différences entre le réel et le virtuel, observer notamment une augmentation ou une diminution du nombre de bâtiments en comparant les deux époques. Des questions sur les rues et bâtiments adjacents seront posées comme dans une chasse au trésor, où ici on cherche à amener l'utilisateur devant l'édifice étudié.

Nous allons ensuite vous présenter les contraintes liées à ce projet. En 2011 une application a été créée pour valoriser le plan-relief de Toul et dans une optique de visite virtuelle. Cette portion est la partie qui a le moins changé par rapport à la ville actuelle (illustration 26).



**Illustration 26 : Portion du plan relief virtuel de l'application plan relief de Toul**

Le Rallye est un parcours qui occupe l'ensemble de la ville cependant nous devons choisir une étape du parcours qui se trouve obligatoirement sur la portion du plan-relief : ceci est la première contrainte.

Pour notre application nous prévoyons de mettre en place un système de marqueurs afin de visualiser des objets 3D et poser des questions sur ces objets qui seront des ouvrages architecturaux par exemple. De plus, nous couplerons cette technique avec la géolocalisation. Nous souhaitons que les utilisateurs puissent se repérer sur le plan-relief grâce à leur position. Pour cela, le choix d'assembler précisément le réel avec le virtuel était une solution. Un problème majeur se pose lorsque l'on veut produire de la Réalité Augmentée c'est le recalage de ces deux mondes. En l'occurrence ici ceci se fera par l'intermédiaire de la géolocalisation.

Cependant avant de vouloir faire naviguer l'utilisateur au sein du modèle 3D du plan-relief, il faut tout d'abord savoir si ce dernier se superpose correctement au réel. En effet c'est une maquette qui a été numérisée, il se peut qu'il y ait eu des erreurs lors de la chaîne de numérisation. Il se peut que lors de l'acquisition numérique qu'il y ait des problèmes, comme des ajustements inadaptés, et/ou des problèmes d'acquisitions. La reproduction du modèle n'étant jamais parfaite.

Nous avons donc superposé une image du réel et une image du virtuel. Pour cela nous avons récupéré une vue orthographique du dessus d'une part de la ville actuelle (sur Géoportail) et d'autre part une vue orthographique du dessus du plan-relief virtuel dans l'application Unity 3D (le moteur de jeu pour réaliser l'application). On veillera bien à ce que la ville virtuelle repose bien sur un plan horizontal auquel cas la superposition serait faussée.

Sur le logiciel Photoshop, nous afficherons la ville réelle de Toul (image fixe) puis nous mettrons par-dessus en transparence la portion de ville virtuelle (image flottante).

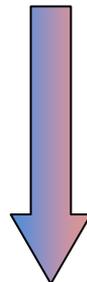
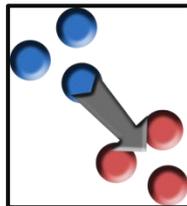
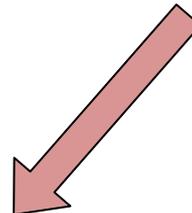
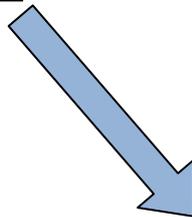
Nous procéderons ensuite à un recalage trois-points. Trois points communs aux deux images sont désignés (des points caractéristiques) comme le centre de la cathédrale, la pointe de la demi-lune par exemple. Le résultat de cette technique est une superposition de chaque paire de points annonçant un recalage correct.



Ville de Toul réelle vue du dessus



Portion du plan-relief de Toul Virtuel





Légende :



Limite du plan relief de Toul acquis



point de recalage des 2 parties à superposer

Nous remarquons que le plan-relief fusionne relativement bien avec la ville réelle. Les rues qui nous intéressent se superposent correctement, et n'ont pas été modifiées visiblement. Nous pouvons même également remarquer quelques différences d'urbanisme.

#### **4.3.3. L'édifice retenu pour l'expérimentation**

Après avoir analysé tous les monuments de Toul faisant partie d'une part du plan-relief et d'autre part du parcours pédagogique, nous avons pu choisir l'édifice sur lequel nous allons faire notre étude. C'est **la Maison de l'apothicaire** (illustration 27). Ce bâti a été retenu, car celui-ci est riche en connaissance d'un point de vue architectural, de plus il a une grande renommée au sein de la ville de Toul grâce à son histoire.

Toul abrite de nombreux patrimoines exceptionnels de la Renaissance, des maisons très anciennes notamment la maison de l'apothicaire qui est l'un des plus beaux exemples de cette richesse. Cette maison restaurée en 2011 se localise 8 place Croix-de-Füe et montre en première caractéristique une façade jaune crépi mettant en valeur les éléments architecturaux (fenêtres, frise, porte).

La maison de l'apothicaire doit son nom aux artisans qui y vivaient et travaillaient (des apothicaires, ancêtres des pharmaciens). Le nom de cette maison est accentué par la présence de deux instruments : le pilon et le mortier. Ces deux outils se trouvent dans la coquille de pierre sculptée au-dessus du linteau de la fenêtre à meneau du premier étage du bâtiment.



**Illustration 27 : La maison de l’Apothicaire à Toul (2011 Petit, O.)**

Une autre caractéristique de cette maison est que l’entrée est réalisée avec des pilastres cannelés munis naturellement sur leur partie supérieure d’un chapiteau décoré d’anges sculptés. Ces pilastres encadrent le linteau percé d’un oculus ou œil-de-bœuf (illustration 28). Ce dernier sert à faire entrer la lumière naturelle et éclairer l’intérieur du bâti.



**Illustration 28 : Entrée de la maison de l'apothicaire avec son oculus (2011, Petit, O.)**

On remarque que les deux premiers niveaux (rez-de-chaussée et premier étage) sont séparés par un cordon sculpté d'une frise. Le deuxième niveau de la maison abrite en son centre une monumentale fenêtre de la renaissance (fenêtre à meneaux) supportant la coquille munie des deux symboles des apothicaires énoncés précédemment (illustration 29).



**Illustration 29 : Cuire décoratif avec mortier et pilon de la maison de l'Apothicaire (2011, Petit, O.)**

Le deuxième et le troisième niveau sont séparés par un autre cordon garni de formes ovales et ce dernier niveau va quant à lui abriter deux fenêtres cintrées et à entablement dont le cartouche est gravé (sur celle de gauche) d'une devise « *nasci, laborare, mori* » (naître, travailler, mourir) (illustration 30). Sur la fenêtre de droite, on peut lire une seconde gravure : la date « 1590 » (illustration 31).



**Illustrations 30, 31 : Fenêtres avec gravure (devises à gauche et date à droite) de la Maison de l'Apothicaire)**

Comme on peut le voir, cette maison est constituée de beaucoup d'éléments architecturaux accompagnés de leurs explications historiques. Au cours du Rallye de Toul, les élèves ont pu apprendre et assimiler ces notions d'architecture, il serait donc intéressant d'utiliser ce cas dans le cadre de la création de Serious Games.

Nous l'avons choisi, car il fait également partie du plan-relief de Toul numérisé. La maison de l'Apothicaire est une maison très ancienne. En naviguant au sein de la maquette de Toul numérisé, on arrive à identifier cet édifice, car il présente des ressemblances dans sa morphologie (illustration 32). Cependant, le modèle 3D de la Maison de l'Apothicaire est très simplifié (illustration 33).



**Illustration 32 : Vue aérienne du plan relief de Toul, maison de l'apothicaire en rouge.**



**Illustration 33 : Vue de plein pied de la Maison de l'Apothicaire virtuelle (Unity 3D)**

## 4.2. Choix de l'environnement de développement

### 4.2.1 Autodesk Maya 2010

Autodesk Maya 2010 est un logiciel de CAO permettant de réaliser du modeling (modélisation), des animations et du rendering (rendu) de scène 3D. Cette application offre les possibilités de réaliser des films d'animation, du compositing, et également de faire de la simulation ainsi que de la création d'objet 3D pour le jeu vidéo. C'est donc dans ce logiciel que la modélisation et les textures des différents ouvrages architecturaux se feront. Étant donné que nous travaillons sur Unity, il faudra faire attention au format de fichier utilisé. Unity va accepter l'import de fichier direct de Maya c'est-à-dire du .mb (Maya Binary file) mais accepte également le .dxf et .fbx qui sont des formats plus légers au cas où le modèle en .mb serait trop lourd en terme de données.

### 4.2.2. Unity 3D



Beaucoup de moteurs de jeu peuvent gérer la Réalité Augmentée tels que Neoaxis, Ogre3D, Cry Engine, et OpenSceneGraph. Voici les raisons qui nous ont poussées à choisir Unity 3D.

**Unity 3D** (moteur de jeu), le logiciel de production de jeu et son logiciel de développement de script **MonoDevelop**, seront deux outils que nous utilisons principalement pour la réalisation concrète du produit. Ce choix a été fait car il est l'un des plus connus en termes de développement de Serious Game.

Il permet de créer et mettre en place une interactivité adéquate pour la navigation au sein du Serious Game en Réalité Augmentée. Les différentes fonctions que nous insérerons seront présentées.

Ce moteur de jeu nous offre beaucoup de possibilités ; il permet d'importer des éléments 3D avec leurs textures, venus d'autres logiciels de CAO tels que Maya et 3DSMax (pour notre cas ce sera Maya) (Goldston, 2009). Il peut également gérer le bump Mapping, le plaquage de texture et enfin permet de créer des scripts en langage **C#, Boo et JavaScript**.

Il est muni d'une console de débogage permettant à l'utilisateur de corriger les incohérences. Un projet Unity peut contenir plusieurs scènes utilisant les mêmes données. Il a également un moteur de gestion de médias tels que les images et sons associés à des caméras.

La caméra est un objet d'Unity très important, car c'est cet élément qui permettra de visualiser le jeu. S'il n'y a pas de caméras, il n'y a pas de visuel, même si les objets 3D sont présents dans la scène.

Nous pouvons ajouter du contenu dans Unity 3D. Ces contenus vont être présentés sous formes de paquets pouvant contenir des médias (objets 2D et/ou 3D, images, sons, scripts et bien d'autres encore), téléchargeable sur le net. Ils pourront être importés et utilisés dans la scène Unity.

Ce choix d'outil a été pris, car au sein du laboratoire nous avons déjà une expérience concernant son utilisation. Deux applications ont déjà été créées :

- L'application « les plans-reliefs » de Toul qui permet une navigation au sein de la maquette numérisée (2011). C'est cette maquette que nous avons exploitée pour la création de notre application,
- « le sépulcre de Saint-Mihiel » qui propose une navigation à l'intérieur du monument, nous donnant la possibilité d'afficher des informations les concernant (2012/2013).

Unity permet de créer des applications sur une diversité de plateformes : le web, PC et Mac, flash, XBOX, PS3, Wii, et ceux qui nous intéressent le plus, iOS et Android. Nous verrons dans une prochaine partie que nous développons l'application pour un Terminal Mobile : l'iPad (iOS).

Nous avons choisi le moteur de jeu, il ne nous manquait plus qu'à savoir s'il existait des plug-ins permettant à Unity de générer de la Réalité Augmentée. Plusieurs applications ont été analysées, nous en avons sélectionné un : c'est le plug-in **Qualcomm Vuforia**.

#### 4.2.3. Plug-in Vuforia par Qualcomm



Qualcomm est le créateur de Vuforia. Ce dernier est un plug-in qui donne la possibilité de créer de la Réalité Augmentée dans Unity. C'est une technologie basée sur une reconnaissance par marqueur détectable par la caméra d'un ordinateur, ou d'un mobile (tablette ou un téléphone).

Un marqueur est constitué de deux éléments :

- Un support marqueur : nous verrons qu'il existe des supports 2D (plan) et des supports en 3D (volume)
- Une image cible : qui sera détectée et permettra d'afficher de l'information spécifique à ce marqueur (2D, 3D, textes, etc.).

De plus, le développement de l'application peut se faire sur Unity et peut être compilé pour iOS et Android.

Qualcomm ne va pas seulement proposer un plug-in, mais il va mettre à disposition un site web dédié à ce dernier afin de créer des images cibles et choisir des supports. Ces images cibles seront notées entre 0 et 5 étoiles (0 permettant une détection et un suivi lent, et 5 permettant une détection et un suivi très rapide voir immédiat). Le site web Vuforia va nous fournir ce que l'on appelle un SDK (Software Development Kit = un kit logiciel de développement) adapté et utilisable dans Unity. Ce kit de développement est un paquet que l'on pourra importer dans Unity et va contenir plusieurs préfabriqués. Un préfabriqué (prefabs dans Unity) est une entité contenant un ou plusieurs objets liés à des scripts, et une librairie spécifique de Vuforia. Dans ce paquet nous avons plusieurs préfabriqués dont les principaux sont :

- « ARCaméra » : qui est une caméra simple dont les scripts qui lui sont assignés, permet de la relier avec la caméra de notre ordinateur. Elle va proposer des paramètres qui nous intéresseront par la suite.
- « ImageTarget » : est un objet 3D contenant une face. C'est sur cette face que nous afficherons les images cibles qui vont être détectées par la « ARCaméra », donc par la webcam.
- « Multi-Target » : est un objet similaire au précédent, mais va présenter six faces organisées en cube. Chaque face aura une image cible respective.

Le site Vuforia va nous permettre également de créer des paquets contenant le ou les images cibles que nous avons créées avec leurs supports. Voir en annexes « la création d'images sur le site Vuforia ». Nous pouvons créer une base de données (stockée sur le site) contenant toutes les images cibles créées : la nôtre se nomme « TestEnfeu ».

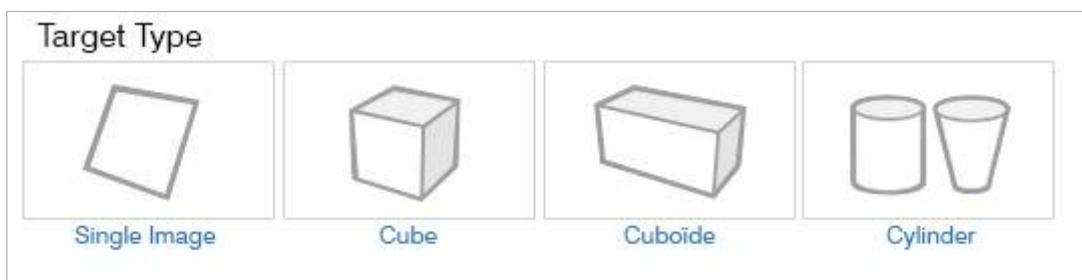
#### **4.2.4. Tests et expérimentation : Unity avec Vuforia**

Dans cette partie, nous verrons les tests mis en place afin de savoir si ce type de plug-in convenait pour la future application.

Tout d'abord, nous avons expérimenté ce plug-in. La technologie de marqueurs doit être maîtrisée afin d'avoir le meilleur résultat de détection et de suivi en temps. Nous utiliserons les termes de « recognition » et de « tracking » qui veulent dire respectivement « reconnaissance » et « suivi » de marqueur. Par l'intermédiaire du support de médiation, un objet 2D/3D apparaîtra.

Pour qu'un marqueur soit efficace, il faut tout d'abord que sa reconnaissance par un support de médiation (muni d'une caméra), visualise et capte convenablement le marqueur. Il faut également que la caméra du support de médiation puisse suivre le marqueur au cas où il serait en mouvement. Le site de Vuforia propose un large panel au niveau des types de support des marqueurs (illustration 34). En fonction de ce que l'on veut faire comme application, nous aurons plusieurs types de marqueurs :

- 2D où la reconnaissance et le suivi ne se fera que sur une seule face à plus ou moins 80° (dans un axe horizontal et vertical),
- 3D sous différentes formes, en cube (avec reconnaissance de six faces carrées), en cuboïde (deux faces carrées et quatre faces rectangles), en cylindre (deux surfaces rondes et une surface en révolution). Nous verrons par la suite la particularité de la reconnaissance du marqueur en cube.



**Illustration 34 : Type de support marqueur proposé par Vuforia**

### *Comment faire une bonne image cible ?*

Pour faire un marqueur, nous nous sommes posé la question : comment avoir une image cible notée à 5 étoiles (note maximum) ?

Après avoir réalisé plusieurs tests sur le site de Vuforia, nous avons pu lister les différentes caractéristiques qu'une image doit avoir pour un temps de détection et de suivi le plus faible possible :

- Il faut veiller à ne pas avoir un nombre total de forme trop important et si c'est le cas, il faudra ajouter plus de détails visuels dans l'image.
- Il faut également s'assurer que tous les éléments qui constituent l'image possèdent clairement un bord et un contraste élevé localement défini.

- Il faudra également améliorer la répartition globale de l'image en ajoutant des objets texturés dans les espaces vides de l'image. Le blanc et le noir correspondent aux espaces vides dans une image cible créée par le site Vuforia.
- Il faut éviter les motifs répétitifs, ou s'ils le sont, il faudra ajouter du détail.
- Il faut avoir un haut contraste avec les formes qui sont adjacentes à la forme prise en compte.

Nous allons vous présenter par la suite deux images, l'une notée au minimum et l'autre au maximum. Elles ont été testées sur Unity pour confirmer le temps de détection et la capacité de suivi. Nous souhaitons afficher un modèle 3D simple sur notre écran d'ordinateur : une sphère. Les étapes pour y arriver seront expliquées plus tard.

Voici un exemple d'image cible notée 0/5 étoiles :

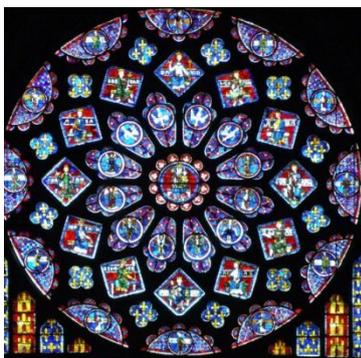


Nous avons effectué des tests sur Unity, et cette image n'est détectable qu'après un laps de temps. Lorsque le marqueur subit un petit mouvement de rotation ou de translation, il n'y a plus de détection.

On peut observer que cette image ne respecte rien par rapport aux principes listés ci-dessus.

- Trop de motifs répétitifs
- Beaucoup d'espaces vides
- Peu de détails

Voici un exemple d'image cible notée à 5/5 étoiles :



Cette image cible va reprendre les caractéristiques ci-dessus. Lorsque celle-ci a été testée sur Unity, la détection s'est faite immédiatement et le suivi est instantané lorsque l'on met en mouvement le marqueur muni de cette image cible.

- Il y a beaucoup de détails
- Les différents motifs ont des contours bien définis
- Le contraste local de chaque motif est différent.

Le résultat lorsqu'on utilise un marqueur muni d'une image cible à cinq étoiles, permet une détection rapide, un suivi immédiat et enfin même si on ne fait apparaître que 30 % de cette image, l'affichage de l'objet associé s'effectuera.

Nous n'oublierons pas de dire que la taille et l'éloignement du marqueur par rapport au support de médiation vont beaucoup jouer sur la rapidité de détection et le suivi de celui-ci.

Lors de nos tests, nous avons commencé par tester les marqueurs de types 2D c'est-à-dire avec seulement une seule image de reconnaissance, afin de faire apparaître à l'écran un objet 3D quelconque que nous avons en notre possession (illustration 35).



**Illustration 35 : Image de synthèse de l'objet 3D utilisé pour les tests**

#### *Test des marqueurs 2D :*

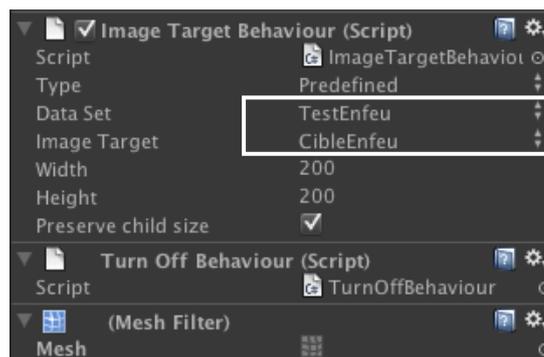
Comme nous l'avons dit précédemment, nous avons importé un kit de développement (SDK téléchargé sur le site de Vuforia) contenant plusieurs éléments.

- De ces éléments nous utiliserons le préfabriqué « ARCaméra ». Celui-ci a été inséré dans la scène. On rappelle que c'est cette caméra qui va être liée à la webcam de notre support de médiation. Lorsqu'on jouera l'application, la webcam se mettra en fonction. Cette caméra va reconnaître les marqueurs et affichera les objets que l'on veut.
- Nous allons ensuite insérer le deuxième préfabriqué du paquet : « ImageTarget ». C'est cet objet qui affichera l'image cible à détecter que nous avons créée et importée dans Unity, depuis le site de Vuforia.

Voici le marqueur que nous utiliserons pour le test. Nous l'avons importé dans notre scène Unity et elle se nomme « CibleEnfeu » (illustration 36) :



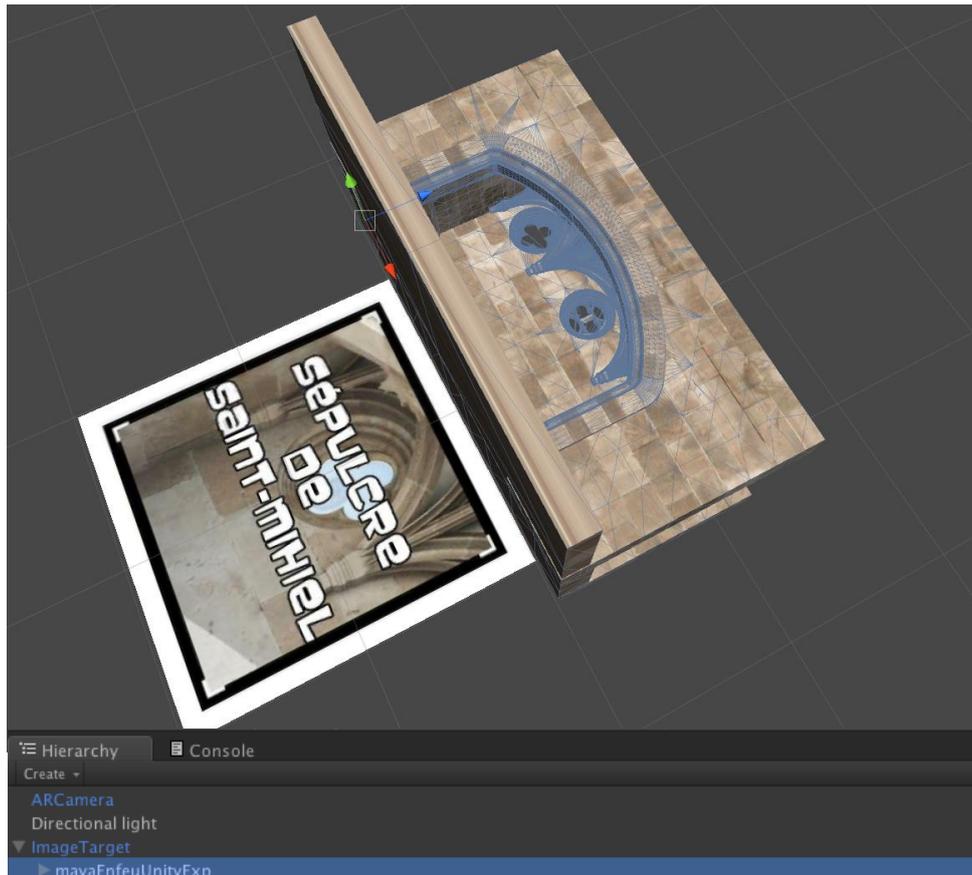
**Illustration 36 : Marqueur de reconnaissance pour l'objet 3D « CibleEnfeu»**



**Illustration 37 : Paramètres de l'objet « ImageTarget » dans Unity 3D**

L'« ImageTarget » insérer dans la scène doit être éditée car pour le moment elle est inexploitable. Dans ses paramètres nous pouvons choisir quelle image cible lui associer. C'est à ce moment que nous joignons l'image cible créée (CibleEnfeu) avec ce préfabriqué. Ceci se fait en choisissant dans un menu déroulant les différentes images cibles présentes dans le projet Unity (illustration 37, encadré blanc).

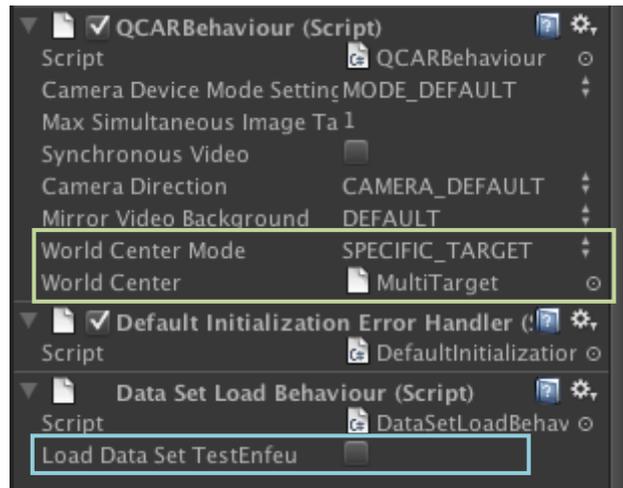
Nous allons choisir ensuite le modèle 3D correspondant au marqueur. Le modèle sera tout d'abord importer dans Unity dans un format compatible. Pour que ce modèle s'affiche lorsqu'on montre le marqueur à la caméra, il faut les associer. Pour cela, il faut juste placer l'objet 3D en fils de « ImageTarget ». À partir de cette étape, nous pouvons positionner l'objet 3D par rapport à celle-ci, ses coordonnées sont relatives à « ImageTarget ». La position du modèle 3D par rapport à l'origine de « ImageTarget », sera la même au moment où l'objet 3D apparaîtra par la détection du marqueur physique (illustration 38).



**Illustration 38 : Hiérarchie d'objet et vue 3D dans Unity 3D**

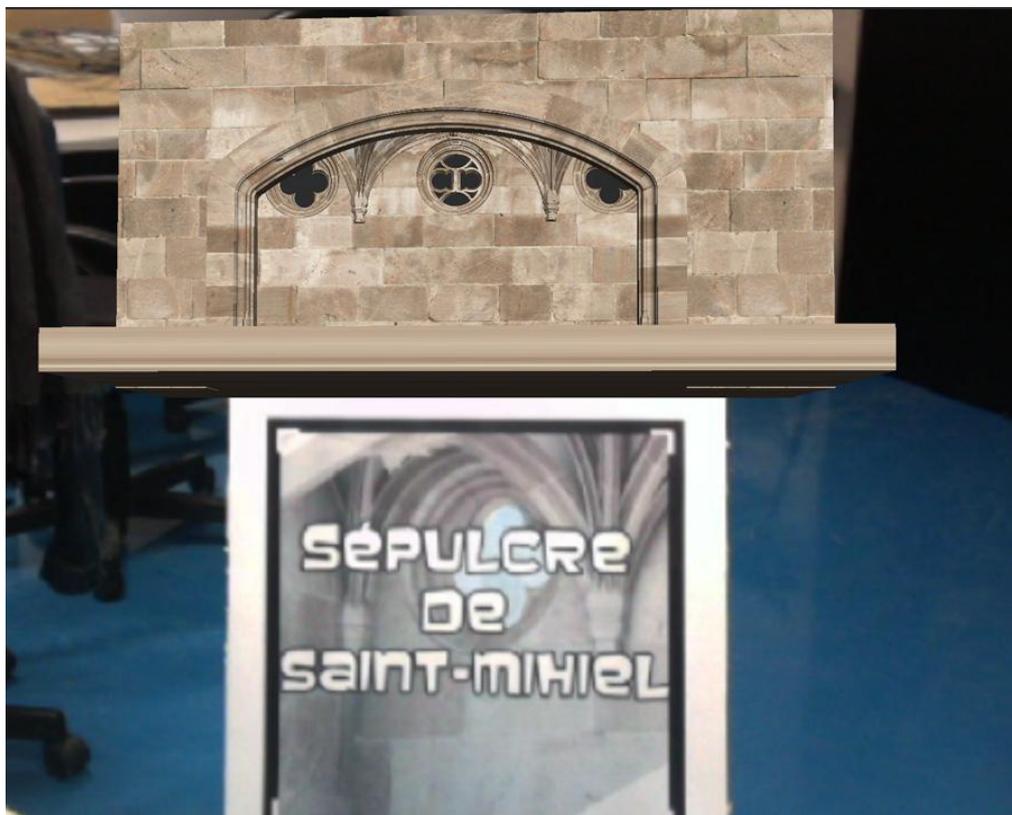
Après avoir effectué ces manipulations, il nous reste à paramétrer la « ARCaméra » de telle sorte qu'elle reconnaisse ce nouveau marqueur pour que le modèle 3D s'affiche. Il faudra activer ce marqueur dans cette caméra (rectangle bleu, illustration 39). On sait qu'il y a possibilité d'activer plusieurs marqueurs. Un autre paramètre important va désigner le nombre de marqueurs maximum détecté par la caméra. Si la valeur est égale à 2, la « ARCaméra » ne reconnaîtra que 2 marqueurs même si nous en montrons 3.

L'origine du repère de la scène est également définissable lorsque l'application est lancée. Nous avons choisi de prendre le centre du marqueur comme origine c'est-à-dire que tout objet de la scène sera positionné par rapport à cette origine. C'est une option qui permet donc de déplacer l'intégralité de la scène 3D. Pour notre application de Serious Game, nous utiliserons cette spécificité (rectangle vert illustration 39).



**Illustration 39 : Paramètre de la caméra de RA dans Unity 3D**

Après avoir effectué ce travail, l'application peut être lancée. Nous introduirons le marqueur dans le champ de vision de la webcam, ce qui a pour conséquence l'apparition de notre objet 3D (illustration 40). La reconnaissance est très rapide, car l'affichage de celui-ci se fait à l'instant où le marqueur est montré. Nous constatons également que le suivi est efficace, car des rotations rapides ne font pas disparaître le modèle. Et enfin, le fait de cacher plus de 70 % du marqueur ne le fait pas disparaître non plus.



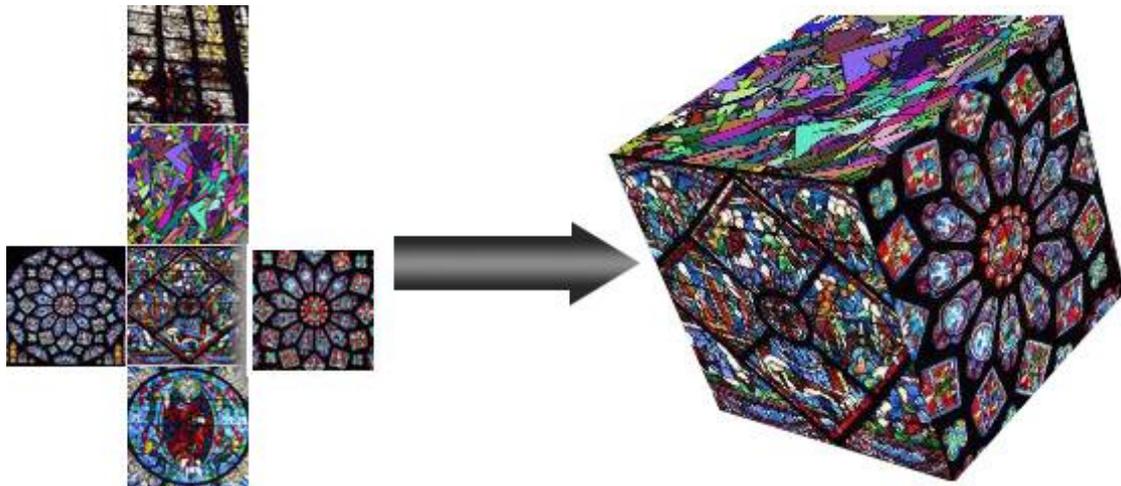
**Illustration 40 : Détection du marqueur par Web Cam, affichage de l'objet 3D sur l'écran de l'ordinateur**

Sur l'illustration ci-dessus, nous avons utilisé un marqueur de 20 / 20 cm. Nous avons tout d'abord imprimé l'image cible, pour ensuite la coller sur un support rigide. Si on n'utilise pas de support rigide, la déformation de la feuille va perturber la détection de l'image cible, rendant difficile l'apparition du modèle 3D.

### *Test des marqueurs 3D :*

Expérimentons à présent les marqueurs de type 3D. Comme nous l'avons vu dans une partie précédente, c'est un cube avec six images cibles. Nous avons fait ce choix, car le cube permet une reconnaissance simultanée d'au moins deux marqueurs ce qui permet de faire tourner un modèle dans les trois dimensions de l'espace. Ceci afin de constater les détails du modèle qui lui est associé. Étant donné que le marqueur va être en mouvement, il est primordial que les images cibles qui le composent soient de bonnes qualités (noté au moins à 4 étoiles sur 5) donnant ainsi une détection rapide et un suivi instantané.

Sur le site de vuforia, il y aura un ordre au niveau de la position des images entre elles (illustration 41), qu'il faudra respecter lorsque l'on construira le patron du cube définitif physique que l'on manipulera dans le monde réel. C'est une « multi-image-cible ».

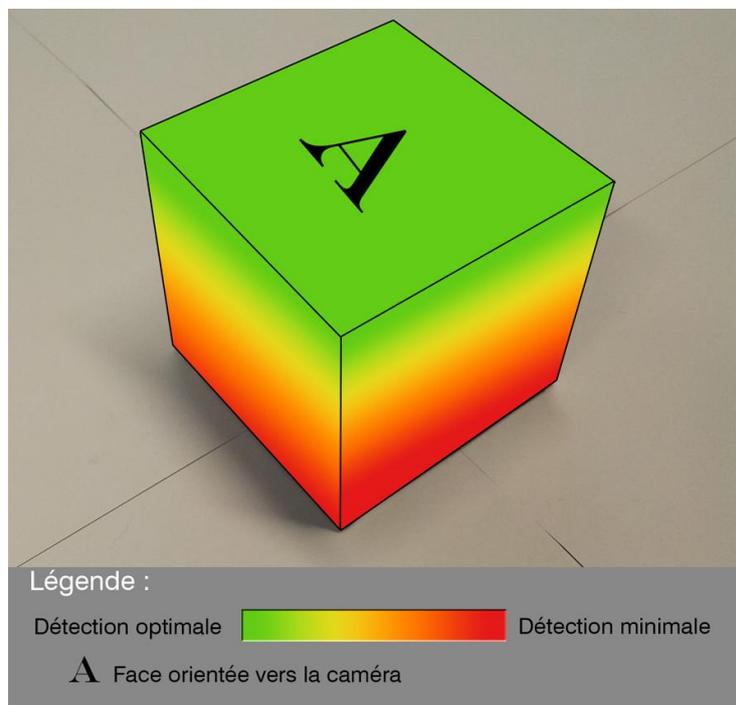


**Illustration 41 : Patron et son cube, marqueur 3D par Vuforia**



**Illustration 42 : Marqueur 3D physique pour Unity 3D**

La caméra de la scène 3D aura des paramètres similaires à la reconnaissance d'un marqueur 2D. Pour avoir un marqueur 3D dans cette scène, il faudra utiliser le préfabriqué du nom de « MultiTarget ». Ce type d'objet est particulier, car la face qui sera directement tournée vers l'objectif de « ARCaméra » dans la scène 3D d'Unity sera la plus sensible au niveau de la reconnaissance et à l'inverse celle qui lui est opposée sera faiblement détectable (illustration 43).



**Illustration 43 : Détectabilité du marqueur 3D dans Unity avec Vuforia**

En effet, dans la scène 3D nous aurons le « MultiTarget » qu'il faudra éditer. Cela se fera de la même façon que pour les images cibles de type 2D. Nous importerons dans la scène la "multi-image-cible" que nous allons associer à « MultiTarget ».

Nous allons ensuite associer le modèle 3D au marqueur. Dans la hiérarchie il sera également positionné en tant que fils de « MultiTarget ». Le modèle 3D qui sera une statue numérisée devra être appelé dans la scène 3D par rapport à l'origine du marqueur.

Vu que la détection n'est pas la même pour toutes les faces, nous avons décidé de mettre la statue virtuelle sur la face la plus réceptive. De cette manière, les faces latérales prendraient le relais lorsque nous tournerons le marqueur afin de voir le modèle dans le détail et à 360° dans l'axe horizontal, et plus ou moins 100° dans l'axe vertical (illustration 44).



**Illustration 44 : Utilisation du marqueur 3D pour l'apparition d'un modèle 3D**

Pour réaliser ce type de marqueur, nous créons un patron de cube de six cm de côté précisément. Après avoir imprimé les différentes images cibles, nous avons pu les coller sur chaque face du cube comme indiqué sur le patron proposé par le site de vuforia (illustration 42).

### *Test des interactions avec les objets :*

Après avoir effectué des tests visuels sur les marqueurs 2D d'une part et 3D d'autre part. Nous avons par la suite testé les différentes interactions avec les modèles 3D. Il s'avère que les GUI (Graphical User Interface) utilisés par Unity 3D fonctionnent sur tout objet 2D et 3D même si ceux-ci apparaissent en Réalité Augmentée.

Nous pouvons en effet faire tourner, déplacer, mettre à l'échelle un objet, et également le cacher par l'intermédiaire de boutons, sliders ( curseurs variant une valeur minimale et une valeur maximale liée directement à un paramètre que l'on aura choisi comme la valeur de rotation par exemple).

La sélection d'objets est aussi possible afin d'interagir avec eux : cliquer dessus, et les faire changer d'état. Toute l'interface que Unity va proposer pour les applications 2D et 3D totalement virtuelles, sera également applicable pour celles qui utiliseront de la Réalité Augmentée. On n'oubliera pas que nous serons sur une tablette tactile, et celle-ci permet d'effectuer un toucher multipoint, augmentant ainsi les possibilités d'interactions avec les objets 3D.

## **4.4. Scénarisation de l'application**

### **4.4.1. Contenu de la future application**

Nous avons différents éléments à prendre en compte pour la réalisation du scénario. L'application portera sur la valorisation du patrimoine de la renaissance de Toul. Il faudra donc choisir un bâtiment caractéristique à valoriser et comme nous l'avons déjà défini, ce sera bien la maison de l'Apothicaire. Le 12/04/2013 a eu lieu la manifestation Renaissance Toul 2013, pour la valorisation des bâtiments de l'époque. Pendant cet événement, les élèves du bassin toulinois ont participé en groupes à un Rallye, basé sur un parcours au sein de la ville pour découvrir ses bâtiments. Ce parcours était jalonné par des jeux, des questions culturelles sur les édifices patrimoniaux.

Notre but ici est d'utiliser le Rallye comme base afin d'y intégrer de la Réalité Augmentée. Nous choisirons donc une étape du parcours associé à un bâtiment particulier et nous le remanierons de manière à ce qu'il soit numérique, interactif, éducatif et ludique. Tout d'abord, nous énoncerons brièvement le contenu actuel du Rallye pour vous présenter ensuite l'adaptation que nous en avons faite en vue de réaliser notre application en Réalité Augmentée.

Nous nous intégrerons dans le rallye à l'étape O qui est la maison de l'Apothicaire. Dans cet édifice, nous avons plusieurs éléments significatifs notamment les ouvrages architecturaux que nous avons traités lors de sa présentation. Des questions ont été posées sur ces différents ouvrages. Pour se rendre à cette maison, il faut passer par plusieurs rues :

- Un exercice sur le nom des rues est proposé, avec des charades. Connaître le nom des artisans qui travaillaient dans la rue suivante (rue des bouchers), et sur cette même rue, une question est posée sur la raison pour laquelle cette rue se nomme ainsi.
- Arrivé à la rue en question (place croix de Füe / Fust) on demande aux élèves de reconnaître la maison dite « de couleur jaune » (indice visuel).
- Une question sur un ouvrage de l'édifice est posée où l'on demande de reconnaître les deux ustensiles qui figurent sur la façade (mortier et pilon). Puis une question sur ces 2 outils qui confirme le nom de cette maison et le métier en correspondance (l'apothicaire). Un jeu de mots croisés est aussi mis en place pour trouver le terme du métier de l'apothicaire.
- À la suite de ces différentes questions, il a été demandé aux élèves de nommer les différents ouvrages architecturaux à l'aide d'une fiche technique (distribué par les professeurs) qui montrent ces ouvrages utilisés dans un autre contexte.
- Les élèves passent ensuite vers l'étape suivante.

Voici une proposition de scénario adapté pour notre future application. Toutes les questions et visualisations seront affichables sur l'iPad. L'objectif pour les élèves sera de trouver **la maison Inconnu** et de l'analyser. Ce jeu se nomme **Toul's Mysteries**.

- Le groupe d'élèves accompagné par un accompagnateur (professeur) sera muni de l'iPad sur lequel sera affiché le plan-relief de Toul en vue aérienne. Le groupe verra sa position s'afficher sur celui-ci. Lorsqu'ils se déplaceront, la position sur la tablette se déplacera en conséquence. Ils pourront passer de la vue aérienne à une vue au sol pour constater les différents changements architecturaux de la renaissance par rapport à aujourd'hui.
- Le début de cette partie du jeu se fera à partir de la précédente étape qui est l'étape M et N, qui est l'extérieur de l'hôtel Pimodan (voire annexe). Cependant, cet édifice n'est pas intégré dans la portion du plan-relief numérisé. Le départ se fera donc dans la même rue : 1 rue Général Gengoult, qui est une intersection.
- Ils vont parcourir un itinéraire pour aller jusque dans la maison en question en faisant un petit jeu sur les rues. Il y aura donc des phases de questionnement tout au long du parcours. Arrivé à l'intersection, l'iPad va alerter le groupe par une alarme et un message leur demandant de s'arrêter pour commencer la première étape d'apprentissage. Ils devront confirmer leurs arrêts en arrêtant cette alarme. À ce moment-là, la première question s'affiche sous forme textuelle. Si l'intégralité du groupe ne voit pas la question, il sera possible d'écouter la question : média sonore.
  - Première question : Mon **premier** sert à coordonner deux mots, mon **deuxième** est un pronom personnel pour celui qu'on ne vouvoie pas ou signifie « élimine », mon **troisième** est formulé pour le Nouvel An. Mon **tout** est le nom d'une rue qui rappelle qu'on appréciait les bains au Moyen Age. La

- réponse attendue « **et-tu-vœux** » devra être saisie textuellement. Ils donneront la réponse de chaque phrase : **1) et, 2) tu et 3) vœux.**
- C'est seulement après avoir répondu à cette question que les élèves pourront s'y diriger.
  - À la sortie de cette rue, on arrive sur celle de la Boucherie. Une seconde alarme va retentir demandant au groupe de s'arrêter une seconde fois. Ils devront valider cet arrêt. C'est à ce moment que la seconde question apparaît.
    - Deuxième question : quel nom avaient les artisans qui travaillaient dans cette rue ? La réponse « **Les bouchers** » sera à saisir également textuellement. La question suivante apparaît par la suite.
    - Troisième question : À votre avis, l'adjectif qualificatif contenu dans le nom de la rue correspond à : une liste d'images va être proposée et ils devront choisir la bonne. Respectivement, ces images correspondront à ces quatre phrases :
      - qu'il y avait eu dans cette rue une bataille qui avait fait peu de morts.
      - **qu'on y trouvait des abattoirs réservés aux petits animaux (porcs, chèvres, moutons)**
      - que la rue était remplie de marché et qu'on pouvait y acheter des bouchers à la reine
      - que les commerces qui s'y trouvaient étaient peu importants.
    - Après avoir sélectionné la bonne image, un itinéraire indique qu'il faut aller jusqu'au bout de la rue. Dans cette rue les élèves pourront afficher le plan-relief de plain-pied afin de constater les différences de l'époque. Ils pourront « jongler » entre la vue réelle et la vue virtuelle.
  - Au bout de cette rue, les élèves devront se rendre à la place Croix de Füe. Lorsqu'ils y seront, l'iPad affichera la maison de l'apothicaire telle qu'elle est sur le plan-relief de Toul numérisé (illustration 45). À ce moment-là, un texte apparaît : « Trouvez la maison inconnue qui ressemble à cet édifice. »



**Illustration 45 : Visualisation provisoire de la maison de l'Apothicaire vu sur l'iPad**

Le but pour les élèves est de retrouver la maison à l'aide de cette visualisation. Nous donnerons quelques indices que l'on mettra à disposition si les élèves ne trouvent pas (la sculpture centrale, le trou au dessus de la porte). Une fois la maison trouvée une réponse à une question posée permettra de passer à la suite : « quelle est la couleur de la façade ? » Pour valider la réponse, ils devront sélectionner une des couleurs qui leur seront proposées. De plus, une prise photographique de la maison sera nécessaire pour valider l'étape.

- Une nouvelle visualisation se mettra en place : une vue réelle « regarder le bâtiment avec l'iPad » une question va apparaître. Il y aura des zones sensibles cliquables qui permettront d'avoir des photographies avec plus de détails. La question suivante apparaîtra.
  - « Quels ustensiles reconnaissez-vous sur la sculpture centrale ? »
  - La maison a un nom et ces 2 ustensiles sont 2 indices pour se rapprocher de celui-ci. Des mots croisés sont proposés pour trouver le nom de la maison. Nous mettrons à disposition un nombre de lettres défini (nombre correspondant au total des lettres utilisées pour le jeu) et ils devront glisser-déposer les lettres dans les bonnes cases. Si une lettre est mise dans une case et que sa position est fautive, elle sera entourée d'une couleur rouge si c'est juste, par une couleur verte. Après ces mots croisés réussis, ils connaîtront le terme d' « apothicaire ».
  - Question à choix multiples : qu'est-ce qu'un apothicaire ? Une liste d'images sera proposée correspondante respectivement à ces phrases, et ils devront sélectionner la bonne.
    - un personnage célèbre de Toul pour ses vols dans les airs
    - un fabricant de pots
    - un tailleur de pierre qui s'est fait plaisir en décorant sa maison
    - **un pharmacien qui écrasait des plantes pour fabriquer des poudres et des médicaments.**
    - un poissonnier qui vendait des coquilles Saint-Jacques
  - Dès que la bonne image est sélectionnée, l'iPad passe à une vue réelle pour l'étape suivante. Un viseur se mettra au centre de l'iPad.
- Ils auront ensuite des petites questions sur la reconnaissance d'objets architecturaux. Ceci sera fait à l'aide de fiche descriptive que l'on pourra afficher quand on voudra. Ces différents ouvrages modélisés en 3D pourront être visualisable à l'aide de marqueurs de Réalité Augmentée (2D et 3D). Nous aurons par exemple : « Où se trouve le pilastre sur cet édifice ? Des objets 3D recalés par géolocalisation seront positionnés. Les élèves n'auront plus qu'à pointer l'ouvrage architectural à l'aide du viseur pour valider la réponse. On peut également demander aux élèves de dire ce qu'est l'élément affiché en bleu sur le bâtiment ? Une réponse sous forme textuelle sera attendue.

- Le jeu sera terminé et donnera une note au groupe. Ils pourront ensuite se rendre à l'étape suivante. Le décompte des points ne s'est pas encore fait de manière précise. Cependant si l'utilisateur répond du premier coup à une question posée, il gagne le maximum des points, si c'est au deuxième coup, il y aura un point de moins par rapport au maximum, ainsi de suite. Le nombre de points sera affiché en haut de l'écran.

Tout au long du parcours (illustration 46), des points de visualisations seront matérialisés afin de constater les différences de l'époque pour rapport à aujourd'hui dans la ville de Toul. Quand les utilisateurs s'éloignent trop du lieu où l'étape doit se dérouler, une alarme retentira et un trajet proposé par l'application lui permettra de revenir.



**Illustration 46 : Parcours prévu pour le jeu sur le plan-relief de Toul numérisé**

Concernant la réalisation de l'application nous en sommes à ce stade.

#### **4.4.2. Schéma de navigation et écrans**

Des écrans d'exemple de la future application sont en cours de réalisation. Cette étape de la scénarisation répond aux principes formulés par notre méthode.

## 4.5. Développement de l'application

### 4.5.1. Le choix du langage

Le langage à utiliser est un point important dans la réalisation du projet. Nous avons en effet choisi d'utiliser le C# (dit c sharp). C'est un langage de programmation orienté objet créé par Microsoft en 2002. Autrement dit, il est capable d'attribuer des comportements à tous les objets de Unity, et ils qui pourront communiquer entre eux. Ce langage va donc permettre de représenter des objets et leurs relations et la communication entre les objets, via ces relations, vont permettre de réaliser des fonctionnalités attendues. Le C# offre le plus de performances par rapport aux autres langages que va proposer Unity (on rappelle que c'est le langage Boo et JavaScript).

Le fait qu'une personne du laboratoire de recherche maîtrise ce langage, a aussi été un avantage, car il a notamment pu mettre en œuvre ses compétences pour le projet « plan relief de Toul » et « le sépulcre de Saint-Mihiel » qui a été développé sur Unity 3D. Cependant, cette personne n'a jamais utilisé ce langage en vue de réaliser une application de type Serious Game en Réalité Augmentée.

Une formation de programmation en C# m'était nécessaire afin de développer l'application, en tout cas connaître les bases et les subtilités de la programmation. Ayant participé à la réalisation de l'application du sépulcre de Saint-Mihiel, j'ai pu appréhender de manière beaucoup plus efficace la programmation de cette application. Par la suite il a fallu connaître et maîtriser ce langage proposé par Unity 3D en vue de créer une application en Réalité Augmentée avec Vuforia.

### 4.5.2. Le support de médiation

L'application qui sera créée va s'exécuter sur iPad, une tablette Apple dont le système d'exploitation est iOS. C'est pour cette raison que nous allons utiliser un SDK qui va nous permettre de compiler l'application sur ce type de plateforme. Le problème que nous avons rencontré avec Vuforia c'est que l'on ne peut pas utiliser XCode. C'est un logiciel de développement pour les applications Apple : Mac OS X et iOS. Nous nous sommes heurtés à un souci de compatibilité des bibliothèques et librairies. En effet celles utilisées par Vuforia ne correspondent pas à celle utilisée sur XCode.

L'iPad a été sélectionné, car c'est un support léger et facile d'utilisation pour les jeunes collégiens, de plus nous pouvons avoir directement dessus un Player pour Unity. Cependant, nous avons tout de même besoin d'acquérir un compte developer iOS afin de pouvoir mettre l'application sur celui-ci.



**Illustration 48 : L'iPad, support de médiation choisi pour l'application**

## 5. RÉSULTATS ET PROBLÈMES RENCONTRÉS

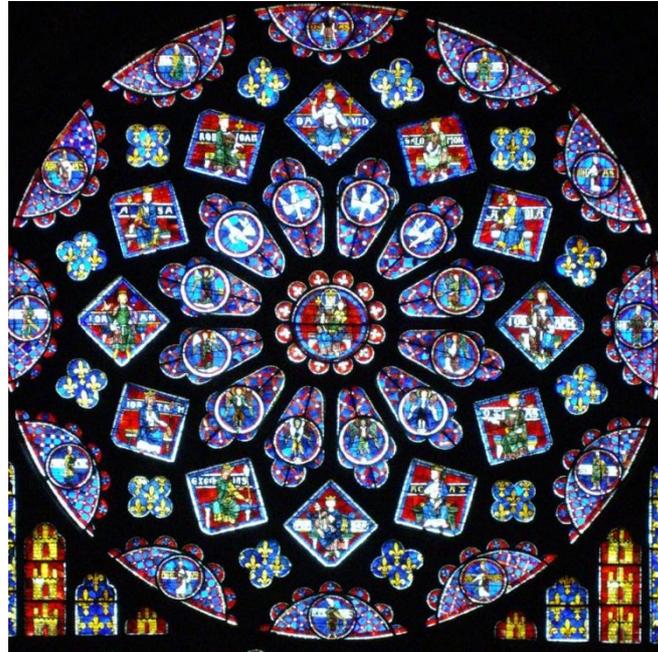
Dans cette partie nous ferons un récapitulatif de ce que nous avons fait, ce qui a été validé ou non. De plus, nous listerons les problèmes que nous avons rencontrés au cours de ce stage, ralentissant notre travail de conception.

### 5.1. Résultats

Après de nombreuses recherches concernant les techniques et technologies de la Réalité Augmentée, nous avons sélectionné un plug-in avec site web dédié du nom de Vuforia, compatible avec notre moteur de jeu Unity 3D. En effet c'est une technique par marqueur qui est utilisée. Nous rappelons que cette technique permet l'affichage d'un objet 2D/3D à l'aide d'un marqueur (image(s)-cible(s) avec son support) que nous aurons créé. Ce marqueur sera visualisé par un support de médiation et celui-ci va afficher les objets souhaités (2D/3D). Des expérimentations et tests sur l'efficacité des marqueurs ont été réalisés nous permettant de lister des caractéristiques précises pour la création d'images cibles de qualités pour vuforia. Afin d'obtenir une rapidité de détection et un suivi instantané nous vous vous rappelons les caractéristiques des images cibles fixées au support :

- Il faut veiller à ne pas avoir un nombre total de forme trop importante et si c'est le cas, il faudra ajouter plus de détails visuels dans l'image.
- Il faut également s'assurer que tous les éléments qui constituent l'image possèdent clairement un bord et un contraste élevé localement défini.
- Il faudra également améliorer la répartition globale de l'image en ajoutant des objets texturés dans les espaces vides de l'image. Le blanc et le noir correspondent aux espaces vides dans une image cible créée par le site Vuforia.

- Il faut éviter les motifs répétitifs, ou s'ils le sont, il faudra ajouter du détail.
- Il faut avoir un haut contraste avec les formes qui sont adjacentes à la forme prise en compte.



À l'aide de ces caractéristiques, les images cibles obtiendront la note de 5 étoiles sur 5 (comme l'image ci-dessus).

Intéressons-nous à présent au scénario que nous avons mis en place. Tout d'abord, il a été important de choisir le support de médiation avant toute chose, car le scénario en dépendant. L'iPad, est un support léger permettant un large panel d'interaction grâce à la technologie multipoint intégré. Cette technologie nous permet de savoir quels types d'interaction nous avons la possibilité de mettre en place.

Le scénario que nous avons présenté, énoncent les différentes étapes du parcours dont le but est d'arriver à notre cas d'étude : **la maison de l'Apothicaire**. Nous savons plusieurs choses :

- Le jeu se déroulera en groupe d'élèves accompagné par un professeur.
- Les différents types d'interaction qui seront mis en place
- Les différents moments où interviendra la Réalité Augmentée
- Le moment où interviendra le plan-relief de Toul numérisé.

Le plan-relief de Toul numérisé se superpose correctement sur la ville actuelle. Ceci nous permettra dans les prochaines étapes du projet de recalcr ce modèle sur la ville réelle avec la technique de géolocalisation.

Il ne nous restera qu'à formaliser ce scénario à travers deux types de modèles.

Le premier modèle nous permettra de manière simple à identifier les différents états du système que nous nous mettrons en place : un **diagramme d'état/transition**. Nous ferons apparaître dans ce diagramme les réponses au questionnement posé :

- Quelles informations à afficher (questions/réponses, QCM, mots croisés, images, etc.) ?
- À quels moments utilise-t-on la position du GPS pour orienter et positionner l'utilisateur ?
- À quels moments utilise-t-on de la 3D et notamment le plan-relief de Toul ?
- Quels types d'interactions (tactiles, ou reconnaissance 3D) à quels états du système ?
- Combien de temps l'utilisateur peut rester à une étape du parcours (la durée passée à chaque étape au cas où l'utilisateur resterait bloqué. Des indices, ou changements d'état du système permettront de le débloquent).

Le second modèle nous permettra de structurer l'ensemble des données et fonctionnalité (types d'interactions mises en place) de l'application interactive en Réalité Augmentée. Ceci en vue de réaliser les différents programmes de l'application en C#.

## 5.2. Problèmes rencontrés

Les problèmes que nous avons rencontrés au cours de ce stage sont de l'ordre technique (compétences) et technologique (logiciels).

D'une part, l'application est développée en C#. Malgré une performance accrue de celui-ci, c'est un langage assez complexe à mettre en place. En effet, je pouvais intégrer de l'interactivité sur Unity afin d'interagir sur les objets 2D/3D cependant les programmes permettant d'utiliser des données GPS ont été très difficile à appréhender. Le modèle 3D du plan-relief sera recalé sur les coordonnées GPS réelles de la ville de Toul et certains modèles d'ouvrages architecturaux le seront également sur le bâtiment en correspondance. Ce type de recalage demande des compétences en programmation assez poussées. De nombreuses recherches son encore en cours, mais ceci a ralenti sensiblement l'avancement du projet de conception. Pour remédier à cela, je demanderai de l'aide à une personne expérimentée dans la programmation en C#.

Deuxièmement, un test fonctionnel sur Unity a été effectué, nous permettant de compiler l'application compatible avec le système d'exploitation iOS. Nous rappelons qu'à l'aboutissement de la création de cette expérimentation dans la ville de Toul, l'application sera mise sur iPad. Cependant, un compte « developer iOS » doit être possédé afin de mettre toute application sur un iPad. La procédure d'acquisition de ce compte a pris un temps considérable ne nous permettant pas d'effectuer des tests directement sur notre support de médiation.

Troisièmement, lié à ce précédent problème, nous utilisons le plug-in Vuforia afin de créer de la Réalité Augmentée par marqueur. N'ayant pas de compte iOS pour intégrer l'application dans l'iPad, le choix de tester l'application sur XCode, un programme simulateur d'iOS, était une solution. Cependant, Vuforia utilise des bibliothèques spécifiques, que XCode ne peut pas compiler.

Nous pouvons en conclure que certaines étapes du projet ont été ralenties à cause de problèmes techniques et technologiques. Le temps que ces problèmes se résolvent, d'autres tâches ont été réalisées.

## 6. DISCUSSION

Le travail n'est pas terminé, la mise en place du scénario dans un format textuel a été réalisée. Nous continuerons de réaliser cette application en appliquant les principes de notre méthode de scénarisation.

Dans cette démarche de scénarisation, nous essayons d'insérer un système d'interactivité simple pour l'utilisateur, en mettant en place différents types d'interaction.

Après avoir utilisé certains logiciels, et manipulé beaucoup de données, nous aimerions discuter de certaines choses que nous aimerions améliorer.

Nous avons fait le choix d'utiliser les plans-reliefs de Toul pour notre future application afin de montrer les différences de l'époque par rapport à aujourd'hui. Si le plan numérisé avait été complet, nous aurions pu l'exploiter et utiliser un autre édifice qui aurait été plus intéressant que celui que nous avons choisi : la maison de l'apothicaire. En effet un bâtiment de la renaissance particulier de Toul a subi des dégradations pendant les guerres, supprimant ainsi la moitié de l'édifice. Nous aurions donc pu nous servir des technologies et des techniques de Réalité Augmentée afin de restituer virtuellement ce bâtiment : la maison Bossuet.

De plus, les plans relief de Toul numérisés ne sont composés que de modèles simplifiés, rendant difficile une navigation pseudo-réaliste au sein de celui-ci. Dans notre future application, l'utilisateur pourra constater les différences qu'il y a entre l'époque du plan-relief et la ville d'aujourd'hui. Il aurait donc été intéressant d'avoir des modèles plus précis afin de justifier davantage l'utilisation de la réalité Augmentée.

Concernant l'aspect technique, nous avons utilisé un logiciel permettant de créer de la Réalité Augmentée par une technique de marqueur (Vuforia). L'application que nous sommes sur le point de concevoir va utiliser cette technique ainsi que celle de la géolocalisation. Il aurait été intéressant que l'on trouve un logiciel proposant ces deux techniques. Vuforia est un logiciel très intuitif et nous a permis de créer très rapidement les résultats voulus : l'apparition d'un modèle 3D par un marqueur sur Unity. Les marqueurs de type 3D nous ont beaucoup servi pour la manipulation de l'objet dans les trois dimensions de l'espace. Cependant, nous avons vu que le cube présentait quelques défaillances concernant la détection de ses images cibles. Nous avons constaté qu'à la fin de notre stage, une mise à jour du site de Vuforia a été faite, nous donnant la possibilité de créer des marqueurs en forme de cylindre ou en forme de cône. Ce type de marqueur nous conviendrait beaucoup mieux pour la manipulation d'objet 3D.

Enfin d'un point de vue personnel, le langage utilisé offre de grandes possibilités de performance. Cependant, avec le peu de formation du langage C#, il a été très difficile de me

l'approprier. C'est pour cette raison que les tests concernant le « recalage par géolocalisation » ont été retardés.

## 7. CONCLUSION

Le projet étant en cours, nous avons pu définir les différents éléments à prendre en compte pour la création d'un Serious Game, de la phase de recherche technique et technologique, jusqu'à la réalisation du produit en passant par le choix d'un cas d'étude et la mise en place d'une méthode de scénarisation spécifique.

Cette application particulière utilise de la Réalité Augmentée, et va permettre à l'utilisateur à l'aide d'un support de médiation d'obtenir des informations sur le réel. Ces informations peuvent être par exemple de type textuel, mais elles peuvent être de type tridimensionnel (modèle 3D d'un bâti).

Dans notre cas d'étude qui est la maison de l'apothicaire, l'utilisation de la Réalité Augmentée va être spécifique. En effet le scénario mis en place va à un moment donné plonger l'utilisateur (les élèves) dans une maquette numérique. Ceux-ci pourront passer de la vue réelle à la vue virtuelle, constatant ainsi les changements significatifs qu'il y a eu de l'époque de la renaissance jusqu'à aujourd'hui.

L'objectif de ce stage est de savoir s'il est pertinent d'exploiter les plans-reliefs de Toul, dans une application exploitant les technologies de Réalité Augmentée et d'orienter cette application vers les jeux sérieux. Le but étant de divertir l'utilisateur en plein apprentissage, et ainsi lui faire connaître l'histoire de Toul et de sa « maison inconnue » (maison de l'apothicaire).

Les différentes phases de ce projet en cours de développement, nous a bien fait comprendre que l'on peut rencontrer des problèmes, et avoir des contraintes qui empêchent le bon fonctionnement de celui-ci.

Tout ce qui a été réalisé, n'est pas immuable et peut être modifié et amélioré. Nous parlons évidemment du scénario qui a permis de nous mettre en condition pour sa mise en place dans un environnement 3D fusionné au réel par le biais de la Réalité augmentée.

Le résultat serait donc une proposition innovante pour la valorisation du patrimoine mettant en relation plusieurs types d'informations et ceci scénarisé, organisé par l'intermédiaire d'un jeu sérieux.

## 8. PERSPECTIVES

Nous sommes sur le point de terminer le développement d'un Serious Game exploitant de la Réalité Augmentée pour la valorisation du patrimoine. En effet, une telle application demande une grande réflexion de développement en termes de scénarisation. Des études récentes ont essayé d'intégrer de nouvelles formes de scénarisation (Varano, 2011) sous la forme de parcours heuristique où l'utilisateur, doit acquérir de la connaissance par le biais d'un jeu. C'est dans la production des différents scénarios que va se faire le choix important de la navigation et le type d'interactivité (typologie d'interaction) que l'on voudra mettre en place pour mener à bien l'apprentissage par amusement de l'utilisateur.

L'application, qui est en cours de conception, est une première ébauche nous conduisant vers ce type d'étude. En effet la valorisation d'un édifice ou d'une ville ne s'est jamais faite en alliant le Serious Game et la Réalité Augmentée. Ce type d'application n'est qu'une expérimentation, mais elle peut être généralisée au sein de toute une ville, créant un parcours pour la découverte et la valorisation du patrimoine.

Nous pouvons d'ores et déjà émettre des perspectives. Ce type d'application peut se généraliser dans une ville complète créant ainsi un jeu de grande envergure. Nous pourrions imaginer un continuum multi-support, où l'utilisateur commencerait le jeu sur son iPad in situ et le finirait sur son ordinateur personnel ou inversement. L'idée aussi de relier les supports de médiations à un système d'information qui permettant d'ajouter des commentaires ou des photographies lors de visites d'édifices patrimoniaux de la part de l'utilisateur, serait intéressante. Ces données seraient récupérées sur un serveur dédié.

Et enfin créer une interface multimodale et multi-tactile permettant le « jeu pour tous », les petits et grands, l'amateur et le professionnel.

Le but principal étant de mettre l'utilisateur quel qu'il soit face à l'architecture observée ancienne ou non et de lui transmettre une connaissance sur la construction, la conservation et la dégradation du bâti valorisé et tout ceci : en s'amusant.

## 9. BIBLIOGRAPHIE

- Bimber, O. & Raskar, R. (2005) : Spatial Augmented Reality, Merging Real and Virtual Worlds
- Debauwer, L. et Van Der Heyde, F. (2005) UML 2, initiations, exemples, exercices corrigés, ENI Editions.
- Fevres, J. 2012 : Infographie, images de synthèse et patrimoine monumental : Espace de représentation, espace de médiation.
- Fournier, J. (2003) Scénarisation et Multimédia : Processus de Scénarisation Interactive.
- Godefredi, D. (2011) : La Réalité Augmentée
- Leja, E. (2003) : Le jeu vidéo est-il un art ?
- Milgram, P. & Kishino, F. (1994) : A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays
- Mercier, J. (2010) : Reconstitution virtuelle : outils de valorisation touristique des sites patrimoniaux.
- Michaud, L. & Alvarez, J. : Serious Game
- Muller, T. (2003) : Illumination photo-réaliste interactive en environnement distant
- Notaise, J. Barda, J. Dusantes, O. (1995) Dictionnaire du Multimédia. Edition 2.
- Prensky, M. (2001) Fun, Play and Games: What Makes Games Engaging. Digital Game-Based Learning, Chapter 5, McGraw-Hill, New-York.
- Varano, S., Truchot, T. & Bignon J.C. (2009) « Creating and memorizing knowledge of cultural heritage. Prototype of a learning system ». Proceedings of the 27th International Conference, Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe 2009), *Computation: The new realm of architectural design*, Istanbul Technical University, Turkey, September 16-19, pp. 631-637.
- Varano, S. (2011) Proposition d'un espace de navigation hypermédia fondé sur des parcours heuristiques comme aide à la compréhension du patrimoine culturel bâti.
- Wilson, M. (2012) : Augmented Virtuality

## 10. WEBOGRAPHIE

- <http://www.cherbourgtourisme.com/> RA du Château de Cherbourg 18/03/2013 15h11
- <http://cluny-numerique.fr/> projet Abbaye de Cluny 18/03/2013 14h38.
- <http://www.amiens-cathedrale.fr/home.html> Cathédral d'Amiens applications avec Image reconnu par webcam 18/03/2013 15h44
- <http://www.pointgphone.com/google-glass-une-video-qui-donne-envie-33095/> vidéo de GOOGLE Glass (lunette de RA).
- <http://kalyx.org/portfolio/fastlight/> article sur le fastLight 19/03/2013 17h53
- <http://whc.unesco.org/fr/conventiontexte/> définition de patrimoine 19/03/2013 18h17
- [http://interstices.info/jcms/jalios\\_5127/accueil](http://interstices.info/jcms/jalios_5127/accueil) réalité augmenté, écran tactile et interactivité 21/03/2013 10h03
- <http://www.gvn.chateauversailles.fr/> Grand Versailles Numérique 27/03/2013 à 11h26.
- <http://www.condate.rennes.fr/> application idée 02/04/2013 10h18
- [http://www.youtube.com/watch?v=IK\\_cdkpazj](http://www.youtube.com/watch?v=IK_cdkpazj) vidéo de réalité augmenté futuriste 02/04/2013.
- <http://www.abbayedejumieges.fr/> Jumièges 3D application 03/04/2013
- <http://www.artefacto.fr/products/urbasee-3/> outil d'aide à la conception pour la// réalité augmenté 15/04/2013 16h41
- <https://www.youtube.com/> visualisation d'une maquette du panthéon RA 16/04/2013 16h05.
- [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=AmukXVHW6F4](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=AmukXVHW6F4) vidéo FPS réalité Virtuelle, avec plateforme de pression 29/04/2013 à 12h23
- <http://vcity.diginext.fr/EN/index.html> agence V-city 03/05/2013 11h15
- <http://fr.slideshare.net/lpg/europe-20142020-patrimoine-serious-games-jeux-srieux> jeux sérieux et patrimoine 03/05/2013 12h00
- <http://www.enssib.fr/bibliotheque-numerique/document-57205> serious game, classification 14/05/2013 18h08
- [http://www.chateau-nantes.fr/fr/chateau\\_musee/](http://www.chateau-nantes.fr/fr/chateau_musee/) 28/05/2013 à 14h02
- <http://basse-normandie.france3.fr/2013/04/09/visitez-le-chateau-de-falaise-en-realite-augmentee-231685.html> Château de falaise en Réalité Augmentée
- <http://www.geoportail.gouv.fr/accueil> 23/08/2013 10h37 carte de Toul

## 11. ANNEXES.

### 11.1. Compte-rendu

Date, Heure :	25/02/2013 de 14h à 15h30.
Lieu :	Laboratoire MAP-CRAI, bureau du directeur
Objet de la réunion :	- Définition du sujet de stage - Ébauche d'un programme de travail sur le sujet.
Personnes présentes :	CHEVRIER Christine, HALIN Gilles, HUMBERT Pascal, et MESSAOUDI Tommy.

#### Orientation du sujet de stage :

- Le travail de recherche porterait sur l'utilisation de la réalité augmentée pour la valorisation du patrimoine. L'objectif sera d'aboutir à une mise en application sur un exemple bien précis.
- Cette valorisation se ferait au travers de la réalisation d'un Serious Game. Nous nous aiderons des concepts développés dans la thèse de Sandro VARANO, et ainsi les appliquer dans l'exemple choisi.
- Pour effectuer ce genre d'application, il sera important de s'intéresser aux publics visés : « les cordées de la réussite ».
- Durant ce stage, il sera nécessaire de lister tous les types d'éléments liés à la réalité augmentée. Aussi bien technologique, que sémantique. Donc cela revient à faire l'état de l'art de cette notion.
- De plus dans le domaine de l'« application interactive », il faudra rechercher divers exemples de tous types liés à la valorisation du patrimoine et si possible faisant intervenir le Serious Game.
- Faire également l'état de l'art sur les « Serious Game », identifier les notions importantes, sur la réalisation, et la conceptualisation de ceux-ci et le mettre avec le domaine d'application. Mettre en relation également l'aspect Scénarisation de l'application qui va être plus ou moins étudiée suivant l'orientation du sujet.

**Sujet du stage :** Conception de jeux sérieux exploitant les technologies de Réalité Augmentée pour la valorisation du patrimoine.

#### Information supplémentaires à acquérir :

- Demander à Yann VAXELAIRE des informations sur la réalisation de scénarios en vue de valoriser un patrimoine.

- Le cas d'étude sera sur la ville de Toul en utilisant les plans relief.

Date, Heure : 11/04/2013 de 15h à 16h20.  
Lieu : Laboratoire MAP-CRAI, bureau du directeur  
Objet de la réunion : - Validation de l'état de l'art en cours  
- Suite du travail à effectuer.  
Personnes présentes : HALIN Gilles, HUMBERT Pascal, et MESSAOUDI Tommy.

### Remarques sur l'état de l'art effectué :

Rappel du sujet : Conception de Serious Game exploitant les technologies de réalité augmentée pour la valorisation du patrimoine culturel.

- Recherche sur les différents projets exploitant la réalité augmentée suffisant, il s'agira maintenant de :
  - Les enrichir d'avantage en informations
  - Différencier et classer les différentes applications relevées en identifiant des groupes caractéristiques.
  - Les classer également en fonction de leur support.
  - En fonction de ce qui est représenté et modélisé.
  - Savoir l'objectif de l'application : pédagogique, culturel, ou autres ?
  - Classer ces Serious Game dans un tableau.
  - Rechercher davantage de Serious Game valorisant le patrimoine plus particulièrement.
  - Se définir un formalisme sur les mécanismes et objectifs dans les jeux.
  - Rechercher la différence entre jeu ludoéducatif et jeu sérieux.
  - Référencer les auteurs dans le texte lors de citations et énonciation de propos.
- Concernant les outils que nous possédons :
  - Unity 3D pro : peut-il gérer tous les éléments pour créer des applications en réalité augmentée ?
- Arriver à une scénarisation spécifique dans les Serious Game, qui peut être aussi un jeu de rôle.

### A faire pour la prochaine fois :

- S'intéresser à l'entreprise avec lequel le MAP-CRAI a faillit travailler. « Erwan MAHE » dans une entreprise de création d'application, de Serious Game. Une personne qui y travaille s'y connaît au niveau des scénarios.
  - **Erwan MAHE travaille dans une agence qui se nomme Artefacto.**

- Contacter Yann VAXELAIRE pour prendre rendez-vous et discuter de plusieurs modes et types de scénario susceptible d'être mis en place pour notre cas d'étude à Toul.
  - **Rendez-vous fixé le vendredi 19 avril 2013 à 11h.**

Date, Heure : 19/04/2013 de 11h à 12h30.  
Lieu : Laboratoire MAP-CRAI, bureau du directeur  
Objet de la réunion :

- Validation du travail en cours
- Discussion sur différentes idées de scénarios.

Personnes présentes : HALIN Gilles, HUMBERT Pascal, VAXELAIRE André et MESSAOUDI Tommy.

#### Remarques sur le classement des différentes applications de Réalité Augmentée pour la valorisation du patrimoine :

- Il faudrait classer par type la légende du tableau. Faire attention au mot « dédiée » qui veut dire « élaboré pour... ».
- Pour l'objectif, préciser quel type de culture, histoire, pour avoir une idée rien qu'en regardant le tableau. Ajouter ces éléments dans les commentaires.
- Il faudrait également avoir une précision sur le type de l'objet valorisé : urbain => site => bâtiment/monument => statuaire. A distingué en fonction des différents projets.
- Faire la distinction entre la réalité virtuelle et la réalité augmentée. Et le faire apparaître pour chaque projet relevé, dans les commentaires.
- Essayer de regarder plus en détail comment peut-on faire de la réalité augmentée sur des statues ou des objets de petites échelles.
- Mettre des commentaires pour le projet Héritage 3D, en disant que l'objet valorisé est le cabinet de Charles V au Châteaux de Vincennes. Puis utilisé un autre mot pour dire que le cabinet reconstitué est désert.

#### Entretien avec VAXELAIRE André :

- Pour notre cas d'étude qui est la ville de Toul il est préférable de s'orienter vers une navigation dans un parcours urbain. Cependant on peut effectivement décider de visiter 2-3 monuments architecturaux.
- Pour Mr VAXELAIRE (mail : [a.vaxelaireac.com](mailto:a.vaxelaireac.com)), il est très important de pouvoir générer des parcours adaptable en fonction des volontés et du type d'utilisateurs. Celui-ci devrait pouvoir aussi changer de direction, de parcours à tout moment pour s'orienter là où il voudrait aller indépendamment du parcours qu'il était sur le point d'effectuer : le rendant acteur de son activité. On atténuera donc l'aspect immuable de la progression.

- La création de parcours pourrait se faire en utilisant les points d'intérêt des utilisateurs. Le résultat du parcours obtenu sera une progression logique dans la ville, le monument, etc.
- La dimension technologique prend petit à petit le dessus sur les méthodes traditionnelles de réalisation de parcours à la main. Ces dernières ne permettent pas d'afficher les points d'intérêt en temps réel (restaurant sympas, monuments auxquels nous n'aurions pas pensé et qui ne figure pas sur le parcours).
- Dans notre cas, les modèles des bâtiments cibles doivent être disponibles.
- Contacter l'Alde ARMAND élu au Conseil Général du canton de Toul Sud : ancien instituteur, donc connaisseur de l'aspect pédagogique.
- Pour plus d'information pour l'aspect patrimoine architectural, historique et culturel, il faudra rencontrer Yann VAXELAIRE. Car pour la réalisation d'un parcours au sein de la ville de Toul, il faut partir d'une thématique bien précise.
- Dans un premier temps, il faudra faire une recherche et analyser les différents bâtiments de la renaissance de Toul. Ceci afin de s'intéresser aux bâtiments cibles qui seront utilisés dans notre test d'application interactive, Serious Game sur borne de réalité augmentée.
- Il faudra également déterminer si le jeu se termine sur un site web : jeu multi-support.

Date, Heure : 29/04/2013 de 10h à 12h.  
Lieu : Laboratoire MAP-CRAI, bureau du directeur  
Objet de la réunion :  
- Validation du travail en cours  
- État d'avancement  
- Discussion pour le type de prototype à mettre en place.  
Personnes présentes : HALIN Gilles, HUMBERT Pascal, et MESSAOUDI Tommy.

### Remarques sur les travaux effectués :

- Classification des applications de réalité augmentée.
  - Discuter avec Farès des différentes technologies de visualisation optique (lunettes de réalité augmenté).
  - Dans le graphique de classification, créer des sous-types de lunettes : avec ordinateur OU sans ordinateur.
  - Privilégier la check mark plutôt qu'une croix pour valider la présence de la technologie ou autres dans le projet en correspondance.
  - Ne pas oublier de faire apparaître certains éléments d'une part dans le graphe de classification et d'autre part dans le tableau : ce qui est dans l'un doit apparaître dans l'autre. TME (Terminaux Mobiles Empruntés) n'est pas dans le graphe mais apparaît dans le tableau. Ajouter un item « technique » dans le graphe, et enrichir « objet valorisé », où l'on fait apparaître l'aspect « échelle » de l'objet.
  - Le commentaire « Fusion du réel et du virtuel » n'apporte rien, il ne fait que définir brièvement la notion de Réalité Augmentée.
  - Enrichir davantage l'aspect scientifique : en donnant le contexte, l'objet et l'objectif scientifique.
  - Pour l'exemple de Paris : lister les services proposés par le projet.
- Listing des monuments de la Renaissance de Toul.
  - Liste assez complète des monuments importants.

### Pour la réalisation de l'application :

- Rechercher rapidement la technologie que nous allons utiliser. Voir si Unity 3D pro est capable de générer de la réalité augmenté, en utilisant des données GPS, gyroscopiques, etc. Voir pour une autre alternative si Unity 3D ne suffit pas.
- Étant donné que ce sera la ville de Toul le cas d'étude, il faudra sélectionner un îlot riche en monuments. Voir avec Christine et Kevin les parties du plan relief qui ont été modélisé pour voir si les bâtiments sélectionnés y sont présents.
- Il faudra s'appuyer sur le jeu déjà réalisé par les enseignants du bassin Toulousain « rallye renaissance Toul ». L'application créée s'intégrera dans le parcours (le jeu), soit en

enrichissant une étape par de la réalité augmenté, soit en ajoutant une étape à part entière.

- A priori l'application s'exécutera sur un iPad, muni d'une connexion wifi et d'un GPS (donc accompagné d'une carte SIM).
  
- Premières idées énoncées :
  - Exploitation des données 3D du plan relief de Toul que nous possédons, pour la navigation des élèves au sein de la ville de Toul avec la tablette tactiles. Ce sera en quelques sortes un « GPS ».
  - Dans cette carte 3D de navigation il y aura des éléments interactifs, qui permettront d'afficher la vue en réalité augmenté d'un bâtiment en particulier (détruit ou non) et d'afficher de l'information.
  - Dans l'îlot sélectionné, nous pourrons montrer les bâtiments qui sont encore présents depuis la Renaissance jusqu'à aujourd'hui, et par un fondu transparent nous ferons disparaître les bâtiments qui ne sont plus existants.
  - Existence de fichiers .KLM à extraire pour faire des tests de recalage de l'objet 3D sur un point de vue réel.

Date, Heure :	27/06/2013 de 15h à 16h30.
Lieu :	Laboratoire MAP-CRAI, bureau du directeur
Objet de la réunion :	- État d'avancement du projet - Propositions - Définition des tâches pour la suite.
Personnes présentes :	HALIN Gilles, HUMBERT Pascal, et MESSAOUDI Tommy.

#### Ce qui a été fait :

- Identification de la portion de Toul actuelle, correspondant à la maquette 3D d'Unity.
- Sélection du bâtiment de Toul que l'on va faire intervenir dans la Réalité Augmentée : la maison de l'apothicaire, avec les différents éléments qui le compose.



- Au niveau technique :
  - Utilisation d'Unity 3D avec plugin de RA du nom de « Vuforia » basé sur la reconnaissance de marqueurs spécifiques.
  - Permettra l'apparition d'objet 3D et 2D quelconque.
  - Possibilité d'interagir avec les interfaces créées par Unity (GUI) lié à des scripts permettant de déplacer, tourner, mettre à l'échelle, cacher-montrer des éléments, etc.
  - Possibilités de faire des relations entre scripts.

#### Ce qu'il y a à faire :

- Obtenir un compte iOS developer pour intégrer l'application dans l'iPad. Pour le moment il faudra élaborer une application et la faire tourner sur Xcode dans le simulator iPad 6.0.
- Il y a bien existence de marqueur tridimensionnel dans le plugin Unity 3D (Vuforia) sous forme d'un cube où il est possible justement de mettre 6 marqueurs différents.
  - Cette technique pourrait être utilisée pour faire apparaître un objet dont on voudrait voir toutes les facettes. Ce qui n'est pas possible avec un marqueur 2D.
- Essayer de se familiariser avec la technique de géolocalisation sur Unity, afin d'aboutir au recalage de la ville de Toul virtuelle sur le site réel, pour permettre la navigation dans les rues virtuelles au sein du site même.
- Éléments pour l'élaboration du scénario.

- Se baser sur le scénario de Toul notamment concernant notre cas d'étude. Différentes questions ont été posées aux élèves sur ce bâtiment et sur des éléments qui le compose par l'intermédiaire d'un rebus et de mots croisés.
  - Nous aurons besoins d'un GPS et gyroscope intégré afin de naviguer dans la ville. Ensuite il s'agira d'identifier l'édifice afin de le présenter aux élèves. Cette présentation va se faire par l'intermédiaire d'un jeu afin d'identifier et appréhender des premières notions culturelles architecturales.
  - Des objets précis du bâtiment pourront être visualisables et manipulables permettant ainsi d'élargir la possibilité d'acquérir de l'information. Ces derniers serviront pour aider à répondre aux questions posées. C'est à cette étape que l'utilisation d'un marqueur 3D pourra être justifiée.
  - Mettre en place un système d'indices permettant d'aider l'utilisateur lors de sa navigation faisant un lien entre le réel et le virtuel.
- Demander à Benjamin (stagiaire de Pascal), s'il est possible de simuler le gyroscope sur le simulateur d'IPad (sur un mac), sachant que le GPS lui pourra être simulé.

**Il faudra donc élaborer un scénario adapté d'une part au jeu du Rallye renaissance Toul 2013 et d'autre part aux différents technique et technologies acquises.**

Date, Heure :	30/08/2013 de 10h à 12h.
Lieu :	Laboratoire MAP-CRAI, bureau du directeur
Objet de la réunion :	<ul style="list-style-type: none"><li>- État d'avancement du projet</li><li>- Orientation pour la scénarisation</li><li>- Définition des tâches pour la suite.</li></ul>
Personnes présentes :	HALIN Gilles, HUMBERT Pascal, et MESSAOUDI Tommy.

Ce qui a été dit pendant cette réunion :

- Adaptation du scénario du Rallye de Toul pour l'application en Réalité Augmentée.
  - Présentation des différentes étapes sur lesquelles les élèves vont passer afin d'arriver sur le lieu d'étude et valorisation du bâti (en format texte).
  - Utilisation de la 3D au sein du parcours.
  - Utilisation du plan relief.

- Les marqueurs sont opérationnels, mais les techniques de géolocalisation sont encore à faire car il y a un manque de compétences en programmation de ma part.
- Nous avons testé le recalage de la portion du plan relief de Toul sur la ville réel : cela se superpose correctement.
- Nous avons également tracé le parcours unique que les élèves effectueront pendant le jeu, allant de la rue Général Gengoult jusque la place de la croix de Füe en passant par la rue des étuves et la rue des bouchers.
- Pour le scénario d'un point de vue concept et réflexion :
  - Il faudra lister les types d'interaction que nous allons mettre en place
  - Les types d'information que nous allons utiliser
  - Définir les moments où nous feront intervenir d'une part les marqueurs, d'autre part le système de géolocalisation
  - Et enfin quand interviennent les différents médias.

Dans une étape du jeu nous aurons différentes questions à nous poser :

- Les informations à afficher (questions/réponses, QCM, mots croisés, images, ...)
- Savoir si on utilise la position du GPS pour s'orienter et pour positionner l'utilisateur
- Savoir s'il on utilise de la 3D et notamment le plan relief de Toul.
- Identifier les interactions (tactiles, ou reconnaissance 3D
- Faire intervenir l'aspect temps, c'est-à-dire la durée passée à chaque étape au cas où l'utilisateur resterait bloqué => intervention d'indice, ou changement d'état du système.

Pour formaliser tout ceci il est utile de réaliser un diagramme d'état transition (E/T). Étant donné que c'est un parcours unique, les choix que l'utilisateur pourra prendre sont assez restreints. Cependant il faudra identifier les « états » et les « transitions » tout au long de celui-ci.

On admet que le fait de marcher à d'un point A à un point B peut être considéré comme une transition tout comme elle peut être considéré comme un état car pendant ce parcours il peut y avoir des questions ou énigmes. On pourra donc émettre l'hypothèse qu'il ait des diagrammes d'état/transition au sein d'un même état.

Comme signalé précédemment, les questions qui vont intervenir au sein de ce parcours spécifique devront être typées (QCM, réponses par saisie textuelle sont les moyens classiques), peuvent être validé en utilisant justement la 3D.

Exemple : on demande à l'élève ce qu'est « **un pilastre** », les élèves devront afficher des fiches techniques et lorsqu'ils auront identifié la morphologie de cet ouvrage architectural, ils n'auront plus qu'à pointer l'objet en question à l'aide de l'iPad afin de valider la réponse. L'objet en particulier, qui sera le pilastre virtuel recalé sur le pilastre réel. Ceci est un type d'interaction.

Le fait de prendre en photographie le réel (comme faire une prise de vue d'une plaquette d'adresse) peut être aussi une validation de question.

La forme de la question peut être aussi typée. On aura par exemple un QCM, et les différents choix de réponses seront apparentés à des images, ou du son. C'est à ce moment là que l'analyse des capacités de l'iPad vont être importante (c'est-à-dire lister ce que cet appareil est capable de faire comme du son, du texte, des vidéos, de la 3D, déterminer une position géolocalisée, des données gyroscopique).

Ensuite ces questions auront bien un objectif précis tout au long de ce parcours, qu'il faudra également nommer ces objectifs.

Grâce à tout ce formalisme, nous pourrons mettre en place un schéma de navigation qui déterminera précisément ce que le système sera capable de faire concrètement.

#### Différentes tâches à réaliser :

- Nommer les objectifs de chaque étape du parcours.
  - Identifier les types d'interactions possibles pour chacun d'eux en relation avec les types de questions.
  - Lister les différents médias manipulables sur iPad afin de les faire intervenir stratégiquement au sein du scénario créant de nouvelles formes d'interactions.
  - Définir les moments où il y aura de la 3D et savoir quand interviendra la portion du plan relief de Toul.
  - Savoir également quand l'aspect Réalité Augmentée va intervenir : marqueurs et géolocalisation.
  - Pour chaque étape, il faudra également définir une durée permettant au système de s'adapter au cas où l'utilisateur serait bloqué à une question et/ou perdu dans le parcours, faisant changer d'état le système pour s'adapter.
- ⇒ Réunir et articuler toutes ces informations stratégiquement dans un diagramme état/transition, à mettre en relation avec le schéma de scénario où serait listés les différents objets avec leurs modes d'interactions et les types d'informations manipulées. Ces 2 éléments mis en relation nous donnerons le schéma de navigation.

## 11.2. Fiches techniques logiciels

### 1) Qualcomm Vuforia : la création de marqueur

Vuforia est un outil permettant de générer de la Réalité Augmentée basé sur la reconnaissance de marqueurs. Dans cette petite fiche technique nous allons vous expliquer les différentes étapes de création d'une scène en Réalité Augmentée.

Matériel utilisés :

- Ordinateur Apple : mac OS X, 27 pouces intel core i7 muni d'une web cam
- Unity 3D
- Navigateur web pour s'inscrire sur le site avec une bonne connexion pour l'échange de données.
- Un logiciel de traitement et création d'images : Photoshop

Étapes de préparation :

- Avoir un compte Vuforia developer afin de pouvoir générer des marqueurs de visualisation et télécharger du contenu.
- Etant donnée que nous allons générer une application avec Unity comme moteur de jeu, nous allons télécharger le SDK prévu à cet effet : Unity Extension - Vuforia v2.6 qui pourra compiler des applications tant pour iOS et Android.
- Ouvrir Unity 3D Pro (version 4 et plus ancien). Faire un nouveau projet et une nouvelle scène et : Assets => import package => custom package => sélection le SDK téléchargé. Tous les préfabriqués vont se trouver dans la partie « Project » du projet Unity.

Étapes de création :

- Dans un premier temps nous allons supprimer la « mainCamera » qui est créée par défaut lorsqu'on génère une nouvelle scène. On va ensuite chercher dans Project => Qualcomm Augmented Reality => ARCamera, que l'on va glisser déposer dans la hiérarchie. C'est cette caméra qui va faire la relation entre Unity et la web Cam intégrée de l'ordinateur. Et également celle-ci qui reconnaîtra les marqueurs que nous lui demanderons de visualiser.
- Dans un deuxième temps, nous allons régler les paramètres de la caméra (images ReglageARCam). Nous aurons plusieurs choses :
  - Field of view : qui correspond au champ de vision de la caméra directement lié au zoom.

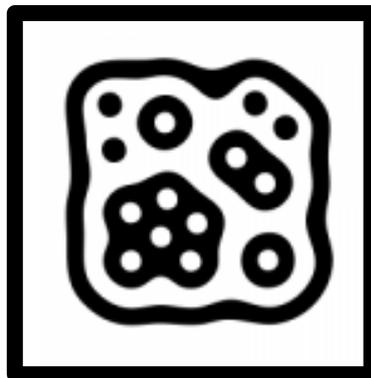
- Clipping Planes : on aura 2 composantes, near = taille du plan de coupe proximal et far = taille du plan de coupe distal. C'est avec ces 2 choses éléments que l'on va imposer la zone d'apparition de l'objet 3D par le marqueur en fonction du rapprochement ou l'éloignement du marqueur par rapport à web Cam.
- On a aussi World center mode : où l'on aura le type de centre et ensuite le centre à spécifier.
- C'est dans cette caméra aussi que l'on choisira quelle Target va être reconnu et le nombre de Target reconnu.
- Dans un quatrième temps, nous allons produire les marqueurs. Pour cela nous devons créer une « DataBase » pour pouvoir les stocker, de cette façon on peut structurer ses images en plusieurs projets. On clique d'abord sur Add Target et on va choisir le type que l'on a besoin : on aura une image 2D en plan, un marqueur 3D en cube ou cuboïde et en cylindre. Le choix de l'image va être déterminant car son suivi par la caméra vont dépendre de sa qualité et ses caractéristiques. Voici ce qu'il est recommandé de faire afin d'avoir une image de bonnes qualités :

Pour avoir une bonne qualité de cible (marqueurs), voici les recommandations à respecter : Certaines images ne sont pas adaptées à la détection et au suivi. Il est possible ou bien de changer l'image en elle-même ou de la modifier en suivant ces caractéristiques :

***Pour les images étant notées à 0/5 étoiles :***

- Il faut une distribution caractéristique uniforme
- un haut contraste local, c'est-à-dire qui faut avoir un contraste avec les formes qui sont adjacentes à la forme prit en compte.
- Il faut un haut contraste local
- Et enfin pas de motifs répétitifs

Ex :



***Pour les images étant notées à 1/5 étoiles :***

- Diminuer le nombre total de caractéristiques dans l'image en y ajoutant plus de détails visuels dans la scène
- Il faut également s'assurer que tous les objets qui constituent la scène possèdent clairement un bord et un contraste élevé localement défini.
- Il faudra également améliorer la répartition globale des fonctionnalités en ajoutant des objets texturés dans les espaces vides de l'image.
- Il faut éviter les motifs répétitifs.

Ex :



***Pour les images étant notées à 2/5 étoiles :***

- Diminuer le nombre total de caractéristiques dans l'image en y ajoutant plus de détails visuels dans la scène
- Il faut également s'assurer que tous les objets qui constituent la scène possèdent clairement un bord et un contraste élevé localement défini.
- Il faudra également améliorer la répartition globale des fonctionnalités en ajoutant des objets texturés dans les espaces vides de l'image.
- Il faut éviter les motifs répétitifs.

Ex :



**Pour les images étant notées à 3/5 étoiles :**

- Diminuer le nombre total de caractéristiques dans l'image en y ajoutant plus de détails visuels dans la scène
- Il faut également s'assurer que tous les objets qui constituent la scène possèdent clairement un bord et un contraste élevé localement défini.
- Il faudra également améliorer la répartition globale des fonctionnalités en ajoutant des objets texturés dans les espaces vides de l'image.
- Il faut éviter les motifs répétitifs.

Ex :



**Pour les images étant notées à 4/5 étoiles :**

- Cette image donne une bonne performance de suivi.

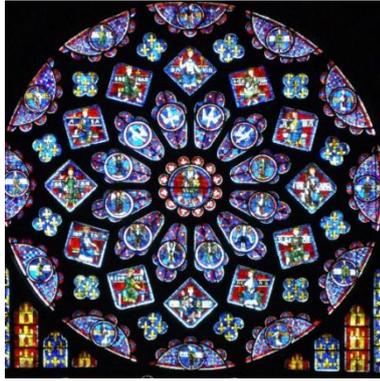
Ex :



**Pour les images étant notées à 5/5 étoiles :**

- Cette image donne une excellente performance de suivi.

Ex :



Donc afin de produire ces images (marqueurs / targets) il faut absolument respecter ces modalités. Nous avons des exemples de marqueurs de très bonne qualité et d'autres de très mauvaises qualités.

- Les vitraux sont en général utilisés car ils sont composés de couleurs très variées séparées par une bordure noire correspondant à la fixation du verre entre eux. Il n'y a donc pas de motifs semblables ce qui permet une détection et un tracking optimal.
- Il se trouve que les marqueurs pour tables tangibles ne sont pas efficaces pour ce type de détection.
- Cependant, les QRcode ou FlashCode avec une densité de carré noir élevée (donc densité d'information à détecter), sont plus que satisfaisant pour ce type d'application.

### 11.3. Analyse des monuments de Renaissance de Toul.

Avant de pouvoir créer notre jeu sur bornes en Réalité Augmenté, il est important de passer par une étape de recherche et d'analyse des monuments les plus importants de la ville que nous allons étudier : Toul. Nous allons donc tout d'abord les lister puis citer les différents points importants qui montrent leurs identités.

- Le musée d'art et d'histoire : 29 rue Gouvion-Saint-Cyr



Dans ce musée nous aurons plusieurs expositions, tant au niveau des objets que des éléments architecturaux. Voici ce que nous avons d'exposé :

➤ Salle des tapisseries



➤ Salle lapidaire



- Portail du couvent des cordeliers : rue de Rigny



- Couvent des sœurs de Notre Dame : 8 et 12 rue Général Foy maison renaissance

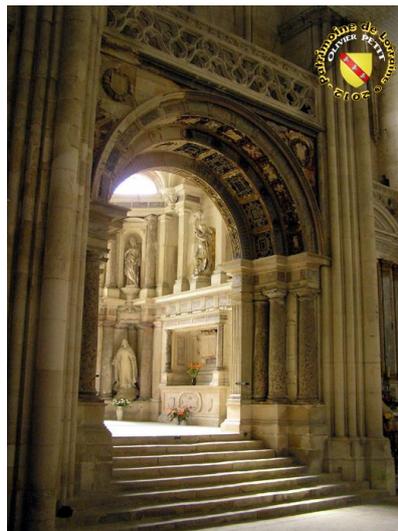


- Cathédral Saint-Etienne : place des Clercs

La cathédral gothique serait actuellement, selon les textes anciens, la 9<sup>ème</sup> construction bâtie au même emplacement. Elle reprend le plan de croix latine, de la cathédrale romane précédente. On a repris l'emplacement de lieu de culte païen lors de la construction du premier temple par saint Mansuy, premier évêque de Toul au IV<sup>e</sup> siècle. Sa construction commença en 1221 sous l'épiscopat d'Eudes de Sorcy. Il faudra presque 300 ans pour l'achever. On observe 3 campagnes de construction successivement au XIII, XIV, XV<sup>e</sup> siècle. Respectivement, édification du chœur – du transept - et d'une partie du cloître (gothique classique), construction de quatre travées de la nef (gothique rayonnant), achèvement de la nef et exécution du célèbre portail. La construction du portail a été confiée à Maître Gérard Jacquemin de Lenoncourt selon les plans et élévations de Maître Tristan de Hattonchatel. En 1496, l'achèvement de la façade mettait un terme à la longue construction de la cathédrale, ils avaient construit un des plus beaux témoins du moyen âge. A la suite de cette construction, il y a eu de grandes périodes de destructions et de barbaries. Destruction de statues, de son iconographie, guerre, 1940 =>un incendie va détruire le sommet de la tour sud, avec la rose occidentale, l'orgue de 1755, et réduire en cendres l'ensemble des toitures. Restauration par un talent artiste sculpteur de Pierre : D. BORTOLUZZI.



➤ Chapelle Forget



➤ Tombeau Saint-Mansuy



Saint Mansuy a été évêque de Toul. On peut trouver son tombeau à la cathédrale Saint-Etienne. On le reconnaît à sa mitre, son anneau, son sur-huméral posé sur les épaules, et sa crosse. Sur son tombeau on a sculpté un enfant qui est le souvenir du miracle qu'il a accompli en le ressuscitant de la noyade, et à ses pieds un lion qui est symbole de confiance. Et enfin aux angles du tombeau il y a quatre trous qui servent à fixer des cierges.

➤ Vitrail Jean Forget



- Siège Saint-Gérard :



➤ Cloître Saint-Etienne :



- Maison Bossuet : rue Michatel

La maison Bossuet date de 1550, et offre dans sa façade principale, les nombreux ornements mis au goût du jour à la renaissance tel que les pilastres cannelés, chapiteaux à feuilles d'acanthé, cuirs, gargouilles.

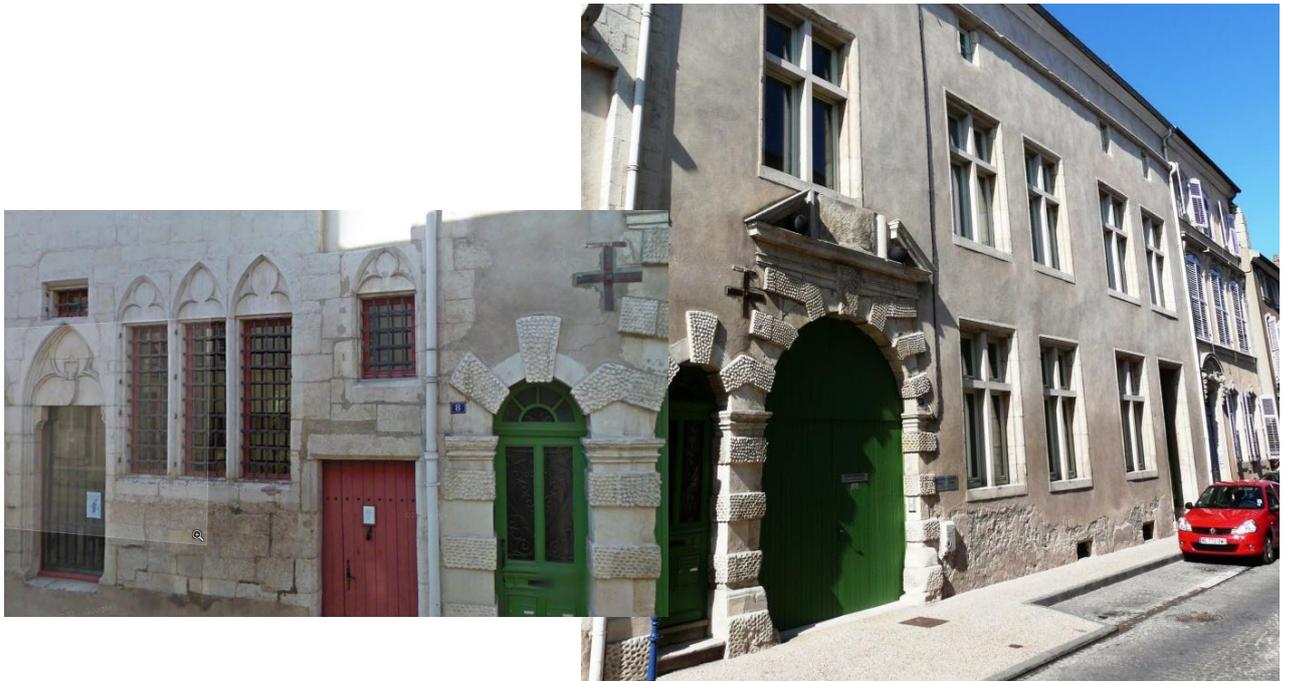


- Collégial Saint-Gengoult, cloître : entrée place du marché et place du courail



La collégiale saint-Gengoult a été construite de 13<sup>e</sup> au 16<sup>e</sup> siècle. Le cloître de dimension plus modeste que celui de la cathédrale est l'un des plus de l'Est de la France.

- Extérieur de l'Hôtel Pimodan (vert) et Hôpital des bourgeois (rouge) : rue général Gengoult et.



- Maison de l'apothicaire : 8, place de la croix-de-Fue



Reconstruite entre 1590 et 1594, cette maison doit son nom au pilon et au mortier, symboles professionnels de l'apothicaire, représentés dans l'ornement à forme de coquille placé au-dessus du linteau de la fenêtre du premier étage. La devise, « nasci, laborare, mori » (naître, travailler, mourir) orne le linteau de la fenêtre de droite. Elle présente des éléments architecturaux simples comme des pilastres, corniches, frises, fenêtres à meneaux, oculus, chapiteau, et d'autres encore. C'est un édifice riche en connaissance et très adapté pour l'apprentissage.

- Maison des Tanneurs : rue des tanneurs



Les artisans qui y habitaient, étaient comme son nom l'indique des tanneurs. Ils tannaient des peaux de bêtes pour en faire du cuir. Ce bâtiment n'est pas assez riche en éléments architecturaux

- Portail du Salvateur : 4 rue Liouville



- Maison des chevaliers de Malte : 30 rue général Gengoult



Cette maison a été construite au 17<sup>e</sup> siècle. Nous n'avons pas beaucoup de données sur cet édifice.

- Les remparts et front bastionné :



## 11.4. Étape du Rallye Toul Renaissance 2013

Circuit
<b>A</b> Musée (salle des tapisseries + salle lapidaire)
<b>B</b> Lycée Majorelle (confection d'une banderole à partir d'un aphorisme)
<b>C</b> 12 Rue général Foy maison Renaissance
<b>D</b> Joute sportive : tournoi (jardin mairie)
<b>E</b> Cathédrale chapelle Forget
<b>F</b> Cathédrale tombeau de St Mansuy
<b>G</b> Cathédrale vitrail Jean Forget
<b>H</b> maison Bossuet (étude de la façade + atelier théâtre lycée Majorelle)
<b>I</b> maison Bossuet (cour adjacente avec les élèves de l'école d'architecture)
<b>J</b> Cloître de Saint Gengoult et porte dite « Pèlerin »
<b>K</b> Cloître de Saint-Gengoult joute sportive, épreuve d'adresse
<b>L</b> Maison des chevaliers de Malte
<b>M</b> Hôtel de Pimodan extérieur
<b>N</b> Hôtel de Pimodan intérieur + intermède musical par les élèves du Conservatoire
<b>O</b> maison de l'Apothicaire Au passage travail sur les noms de rues (étuves, pont de Vaux, boucherie, tanneurs)
<b>P</b> Maison des Tanneurs