

La réalité augmentée au service de la mise en valeur du patrimoine culturel

■ **Didier HAPPE**

La réalité augmentée permet une nouvelle approche dans la mise en valeur du patrimoine culturel et propose au grand public la reconstitution d'éléments architecturaux ou de décors disparus en temps réel.

A travers l'exemple de la reconstitution en réalité augmentée mobile du cabinet de travail de Charles V au château de Vincennes tel qu'il était au 14^e siècle, l'auteur met en lumière l'importance du travail du géomètre, qui fournit les mesures exactes du site réel, permettant de réaliser la maquette 3D.

Ces informations dimensionnelles permettent un calage centimétrique de la scène virtuelle sur la réalité et servent de base à l'implantation du système de calage de la réalité augmentée. L'exactitude de la mesure combinée à la pertinence historique de la reconstitution permettent ainsi une expérience de réalité augmentée spectaculaire, ludique et informative très appréciée par le grand public, ouvrant des perspectives de développement très importantes.

De la photogrammétrie à la réalité augmentée

La réalité augmentée : cette nouvelle technologie fait de plus en plus parler d'elle. Elle s'invite à tous les congrès, séminaires, lancement de nouveaux produits ainsi que dans les institutions culturelles, soit en tant que sujet de discussion, soit en tant qu'objet de démonstration.

Quel rapport entre la photogrammétrie ou la lasergrammétrie, le métier de géomètre et la réalité augmentée ? Comment la qualité et la fiabilité de la mesure peuvent-ils se mettre au service de la mise en valeur du patrimoine culturel ?

Au travers de quelques exemples tirés de notre expérience, nous tenterons de brosser un portrait de cette technique qui va révolutionner notre quotidien et de l'apport essentiel de la qualité de la mesure dans les modèles numériques utilisés.

■ **La réalité augmentée : qu'est-ce que c'est ?**

La réalité augmentée consiste à ajouter de l'information virtuelle, quelle que soit sa nature (visuelle, textuelle, sonore, fixe ou animée, etc.)

sur des éléments réels. Elle permet l'enrichissement du réel par ajout d'informations.

Cet enrichissement, cette augmentation du réel, n'est possible que si trois éléments sont regroupés :

- Un système de visualisation de l'information ajoutée : smartphone, tablette, borne fixe, ordinateur, etc...
- Un flux vidéo permettant d'identifier et de localiser le lieu réel sur lequel l'information augmentée doit être fournie.
- Un système de géoréférencement permettant de caler l'information ajoutée sur le support réel. Sur ce dernier point, plusieurs systèmes de calage "tracking" existent.

Comme souvent, cette technologie a tout d'abord été développée pour des raisons militaires dans les années 1960, principalement afin d'apporter aux fantassins ou aux pilotes des éléments d'informations leur permettant d'être plus performants dans des situations de combat. Ces éléments d'informations étaient visibles par les personnes concernées soit sur les cockpits d'avions, soit sur les visières des casques des soldats.

En 2007, cette technologie a été identi-

fiée par un grand cabinet américain comme une des technologies de rupture des années 2007 à 2012, la mettant ainsi au même niveau que l'avènement d'internet dans les années 2000. La réalité augmentée va bouleverser nos vies, notre approche de l'interface entre le monde réel et le monde virtuel et nous ouvrir des champs d'expériences totalement nouveaux.

■ **Une technologie suisse, popularisée par une société française**

Il est toujours malaisé de déterminer l'origine exacte d'une nouvelle technologie, tant le processus de maturation, de passage d'un stade de recherche fondamentale à un stade d'utilisation en mode industriel est long et implique nombres d'intervenants.

Néanmoins, on peut considérer l'Université de Lausanne comme un des points névralgiques du développement des algorithmes à la base de la réalité augmentée. Recherche fondamentale à la base, elle est progressivement devenue produit commercial, grâce notamment à un partenariat avec la société française Total Immersion, qui a repris à son compte ces développements fondamentaux, en a amélioré le fonctionnement afin de le rendre opérationnel et ont imaginé et mis en œuvre des applications commerciales. A ce jour, Total Immersion est l'entreprise leader dans le monde pour les applications de réalité augmentée grand public et bénéficie du soutien financier de grands acteurs mondiaux comme Intel Capital par exemple.

Le marketing a été le premier secteur d'activité à utiliser la réalité augmentée pour la présentation et la promotion de ses produits. Coca Cola, Mac Donald's, la BNP, Ikéa ou d'autres marques utilisent cette technique, avec succès. On peut aujourd'hui essayer un maillot de



bain, des lunettes ou des montres, tranquillement installé devant son ordinateur. Effet spectaculaire garanti, le public étant encore indulgent sur la qualité du contenu.

Ces applications bénéficient d'un effet de surprise (l'effet "whaou" ! en langage "geek"...) et insistent davantage sur ce côté spectaculaire que sur le réel contenu.

D'autres domaines, plus techniques s'ouvrent progressivement à cette nouvelle technologie, que ce soit au niveau de l'entretien des espaces publics, l'immobilier que dans le domaine culturel.

Dans ces derniers domaines, les exigences de qualité du contenu, de nécessité d'une parfaite superposition de l'information ajoutée sur le réel et de pertinence du message délivré donnent tout son sens à cette technologie révolutionnaire.

■ **La réalité augmentée : une affaire de géo-localisation et de précision**

Quelques notions techniques permettront au lecteur de se faire une idée du fonctionnement de cette technologie et de son interface avec les spécialistes de la mesure.

Le déclenchement d'une application de réalité augmentée, quelle qu'elle soit, est issu des informations données par le système de calage temps réel, par l'intermédiaire de l'analyse d'image faite par la caméra extérieure du dispositif de visualisation (smartphone, tablette, webcam d'ordinateur, etc...). Actuellement, il existe 4 principaux systèmes permettant le calage :

- **Analyse d'image avec Marqueur noir & blanc** : Ces marqueurs, un peu similaires visuellement aux QR codes, permettent à la caméra de reconnaître la réalité et de superposer le modèle numérique à celle-ci soit de manière totale (substitution) soit de manière partielle (augmentation). Ces technologies sont principalement open source (la plus développée et connue étant le logiciel autrichien AirToolKit). Il a l'avantage, pour des applications non commerciales, d'être gratuit, d'être déjà éprouvé et de donner une bonne fiabilité de calage en temps réel. L'inconvénient est la

présence de marqueurs de taille relativement importante, ce qui peut avoir un caractère invasif réhibitoire dans certains environnements. De plus, cette technologie n'étant pas propriétaire, est peut être considérée comme peu sécurisée.

- **Analyse d'image sans marqueur visible "sans marqueur"** : l'environnement extérieur visible par la caméra sert de marqueur, par l'identification de points caractéristiques permettant la localisation. Tous types de supports peuvent être utilisés à condition de disposer d'un contraste suffisant.

- **Technologie à base de capteurs** : ces capteurs peuvent être infrarouges par exemple, mais ne sont pas utilisables dans des installations mobiles (tablettes). Elle a l'inconvénient d'imposer la fixation de ces capteurs dans la scène, ce qui peut être impossible, notamment dans le cas de monuments historiques.

- **Technologie à base de GPS et compas** : cette technologie se retrouve principalement sur les smartphones. Peu précise, elle ne sert qu'à afficher des informations 2D dans un environnement, on parle plutôt de réalité commentée.

Ces systèmes de calage en temps réel, très performants, ne sont efficaces que si la scène réelle est parfaitement numérisée et documentée et si son architecture est parfaitement appréhendée. C'est à ce niveau-là que la qualité de la mesure, via l'utilisation de laser scanner 3D par des spécialistes géomètres, prend toute son importance.

La réalité augmentée au service du patrimoine historique

Au-delà des concepts théoriques développés ci-dessus, comment l'utilisation de la RA peut-elle révolutionner la manière de présenter une œuvre d'art ou un site historique au grand public ?

Qui n'a pas connu cette frustration devant les colonnes de Palmyre, devant les ruines de Pompéi, devant le Forum de Rome, de ne pouvoir qu'imaginer

l'ampleur et la richesse de ces sites. Majestueux en eux-mêmes, le visiteur est toujours tenté d'en comprendre l'ampleur passée, les formes non amputées par le temps, en comprendre le fonctionnement et en connaître la dynamique historique et sociale.

Afin de répondre à ces besoins, des centres d'interprétations, des reconstitutions par maquette physique, virtuelle, des visites guidées, etc.. ; un grand nombre d'outils de médiation sont déployés pour aider le visiteur dans sa visite et dans sa compréhension du lieu.

La réalité augmentée permet une nouvelle approche : la confrontation sur le site lui-même, en temps réel entre la réalité du présent et la reconstitution du passé. Passé par le filtre d'un écran qu'il soit fixe ou mobile (tablette), la RA culturelle permet l'immersion dans le passé sans perdre le repère du présent. Elle permet de "faire parler les pierres".

Comme toute technologie, elle n'est qu'au service d'un dessein, d'un propos et d'une rigueur historique. La technologie ne saurait se substituer à la connaissance du conservateur, aux découvertes de l'archéologue ou de l'historien, mais permet une mise en lumière de ces connaissances de manière originale et particulièrement efficace.

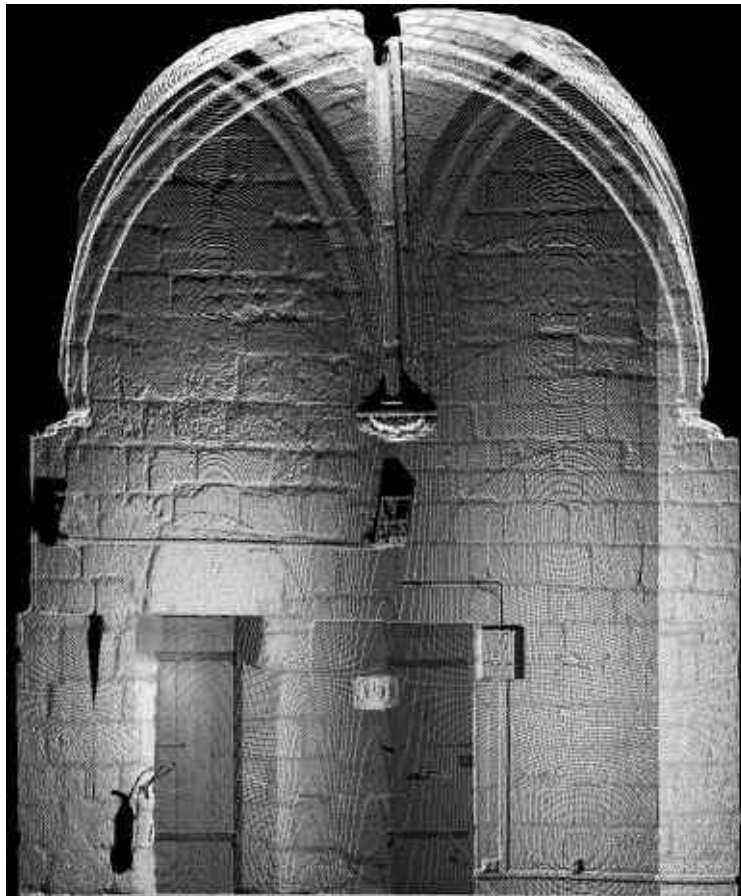
L'exemple de la reconstitution du cabinet de travail de Charles V au XIV^e siècle : Château de Vincennes – France

■ **Le contexte**

Le château de Vincennes a été résidence royale et centre administratif de la royauté jusqu'à l'avènement du château de Versailles. Aujourd'hui administrés par le Centre des Monuments Nationaux, le Donjon et la Sainte Chapelle sont ouverts au public qui peuvent mieux comprendre la vie au XIV^e siècle et admirer quelques vestiges de cet âge si riche, mais si méconnu.

Le cabinet de travail de Charles V, occupé par le Roi jusqu'à sa mort en 1380, se situe dans une petite pièce dans le châtelet du donjon. De dimensions





Nuages de points issus de la numérisation laser.

Etape 4 :
mise en place du système de calage temps réel

Etape 5 :
optimisation de la navigation 3D temps réel sur tablette.

La première étape a consisté à numériser le cabinet de travail, à l'aide d'un

Cabinet de travail de Charles V - Etat Actuel

modestes, elle est aujourd'hui dépourvue de tout décor et de tout mobilier.

Grâce à des travaux réalisés par le Centre de Recherche Historique sur le château de Vincennes (Unité mixte CNRS-EHESS 8558) dirigé par Jean Chapelot, le décor et l'ameublement du cabinet de travail ont pu être reconstitués. Fruit de très nombreuses années de travail et de recherche, la connaissance cumulée des équipes de recherche a pu se matérialiser de manière visuelle pour les chercheurs et le grand public.

En 2009, les sociétés Art Graphique et Patrimoine et XYZ, spécialisées respectivement dans la numérisation du patrimoine culturel et dans les images de synthèse et la réalité augmentée, se sont rapprochés du Centre des Monuments Nationaux et du CNRS afin de réaliser la première application de réalité augmentée mobile dans un monument historique dans le cadre du festival Futur en Seine de Cap Digital. Deux ans après, cette application est toujours en place sur le

site et est considérée comme une application de référence, quant à la qualité du rendu et le caractère spectaculaire de l'expérience. Cet article vise à décrire les différentes étapes de réalisation de ce projet, en insistant notamment sur l'importance capitale de la mesure.

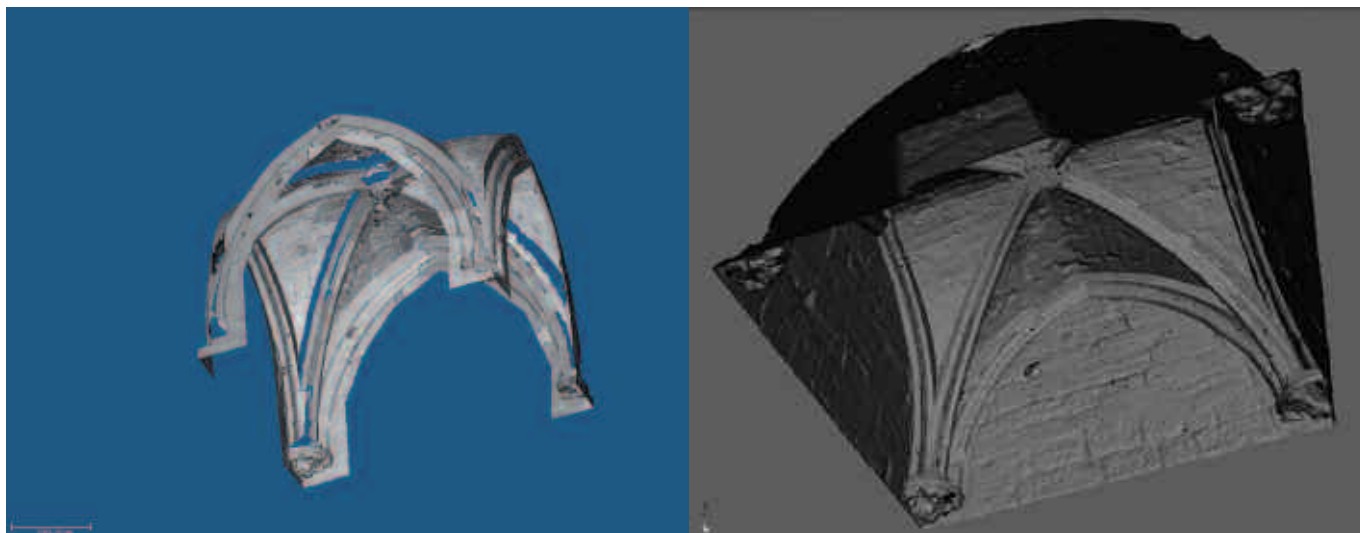
■ Les différentes étapes : de la numérisation de la scène à la visualisation de la réalité augmentée

Le processus de réalisation de cette application de réalité augmentée a été le suivant :

Etape 1 :
numérisation au laser scanner 3D

Etape 2 :
optimisation du nuage de point et maillage

Etape 3 :
construction du modèle surfacique et application des textures issues des recherches historiques




Les caractéristiques du maillage sont optimisées en fonction de la future modélisation de la pièce historique.

scanner laser à décalage de phase. Permettant une acquisition extrêmement rapide d'un très grand nombre d'informations, cette technique s'est considérablement développée au cours des dernières années au sein des cabinets de géomètres.

La précision de la numérisation de la pièce est centimétrique, ce qui est suffisant pour la destination définie. Le nuage de point issu de la numérisation est ensuite retravaillé, optimisé (Etape 2) et maillé à partir d'un logiciel spécifique. L'étape 3 consiste à transformer le nuage de point maillé en un modèle 3D texturé, apte à être ensuite intégré dans un logiciel de 3D temps réel et de réalité augmentée. Si la qualité de la mesure, comme nous l'avons vu, permet une superposition quasi parfaite du modèle 3D avec la scène réelle, la reconstitution

**FARO Photon 120
Scanner laser 3D**



Données techniques

Système de mesure	Décalage de phase
Capacité du système	
Intervalle de mesure maximal	0,6 - 153 mètres
Vitesse d'acquisition	jusqu'à 976.000 points par seconde
Précision	
Incertitude de mesure*	+/- 2 mm à 25 mètres
Résolution verticale:	0,008" (40.000 points 3D sur 360°)
Résolution horizontale:	0,00078" (470.000 points 3D sur 360°)
Champ de mesure	
Horizontal	360°
Vertical	320°
Modes de saisie	X, Y, Z X, Y, Z et intensité X, Y, Z et couleur

Caractéristiques techniques du laser Faro PHOTON 120.

historique se fonde sur des études précises et documentées. Le château de Vincennes dispose d'une unité de recherche du CNRS, dirigé par Jean Chapelot. Grâce à ses études, l'aménagement intérieur, les décors et les éléments de mobiliers présents au 14^e siècle ont pu être reconstitués de

la manière la plus scientifique possible. Le contraste est saisissant et c'est sur cette opposition de style que va se fonder le caractère spectaculaire de la réalité augmentée. La série de photos ci-dessous illustre le processus de réalisation du modèle 3D final.



Les étapes 4 et 5 consistent à mettre en scène ces modèles 3D dans la pièce et à optimiser les conditions d'utilisation des tablettes par les visiteurs, par le biais de la réalité augmentée mobile.

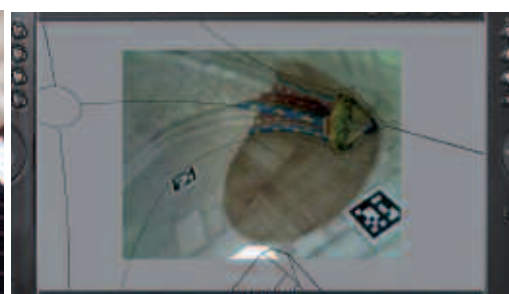
En 2009, le choix du mode de visualisation s'est porté sur un UMPC Q1 de Samsung, ancêtre des tablettes actuelles et sur un système de calage en temps réel par marqueurs visibles (voir page 54). Malgré son caractère invasif et visible, la technologie avec marqueur noir et blanc présente l'avantage d'être robuste et de bien s'adapter à la configuration du lieu, c'est-à-dire une pièce assez sombre et ne présentant pas de contrastes suffisants pour permettre de disposer d'un système sans marqueur.

Le positionnement des marqueurs a été déterminé par un calcul de recouvrement de surface en fonction de la focale de la caméra embarquée, permettant à la caméra d'être constamment en contact visuel avec au moins 3 marqueurs, garantissant ainsi une continuité de la superposition de la scène 3D sur le site réel, quel que soit le point de vue du visiteur dans la pièce.

Toute nouvelle technologie ouvre un champ d'expérience nouveau. Il est de la responsabilité de chaque acteur

A propos d'AGP :

ART GRAPHIQUE ET PATRIMOINE est une PME spécialisée depuis 15 ans dans le relevé architectural et d'œuvres d'art. AGP a travaillé sur plus de 600 monuments historiques prestigieux en France et à l'étranger, parmi lesquels la cathédrale Notre Dame de Paris, le Mont Saint Michel, le Louvre, le Château de Versailles, etc. A l'étranger, AGP a effectué le relevé de l'Université de Lomonosov à Moscou, le Théâtre Marinsky à Saint Petersburg, des monuments en Albanie, Madagascar, Tunisie, Afghanistan... AGP intervient également dans la préservation et la mise en valeur du Patrimoine grâce à la réalisation de films, applications interactives, réalité augmentée, livres et DVD.



La qualité du contenu : une exigence forte pour un développement futur.

économique, social ou politique d'en décider de son usage.

La réalité augmentée, technologie encore en développement n'échappe pas à cette règle. Dans le domaine culturel, les possibilités d'utilisation de cette technologie sont immenses, mais les exigences de qualité, tant au niveau du respect des lieux que de la restitution proposée, sont très fortes. C'est dans ce domaine que l'expérience du géomètre, qui sait représenter fidèlement un lieu existant en 2D et en 3D, alliée à la compétence d'autres spécialistes, historiens, scénographes, informaticiens en 3D temps réel ou en réalité augmentée, permet d'apporter à la visite d'un site historique un caractère spectaculaire qui lui manque parfois, tout en respectant strictement la qualité et la pertinence du discours culturel, dans le temps et dans l'espace. ●

Contact

Didier HAPPE Cogérant de la société Art Graphique et Patrimoine
d.happe@artgp.fr

ABSTRACT

Augmented reality proposes to general public on-site real time reconstitution of missing architectural or decorative part of cultural heritage.

The author develops the example of the replication of Charles V's working cabinet, at the Château de Vincennes, as it was in the 14th Century, with mobile augmented reality. It enhances the work of the geometer, making exact measures of the real site for the realization of the 3D mock up. These dimensional information are necessary for a centimetric superimposition of the virtual scene to the actual one. It is also necessary for the implementation of the tracking system in the room. The combination of precise measures and serious historical reconstitution makes the experience for the general public spectacular, enjoyable and educative. Mobile augmented reality is then a technique with very high development potential in cultural heritage.