

Valorisation du patrimoine culturel à travers la photogrammétrie et l'intégration de la réalité augmentée

Musée de l'Histoire et des Civilisations de Rabat, Maroc

■ Hajar OUHSINE - Naoual SARDI - Kenza AIT ELKADI - Ithri AIT HOU - Adam BOURAMDANE - Anas SEDRATI

Le musée, épicerie de la culture et gardien de la mémoire, fait face, aujourd'hui plus que jamais, à plusieurs défis, notamment la médiation culturelle, l'archivage numérique de ses expositions. En effet, afin de promouvoir les contenus historique et artistique des musées, il faut garantir aux visiteurs une expérience unique incomparable. À cet égard, la réalité augmentée doit relier l'histoire à l'évolution technologique et digitale pour créer un espace muséal attractif, cela à travers l'ajout d'un contenu interactif de formes variées. Dans l'optique d'expérimenter l'utilisation de la photogrammétrie, de la réalité augmentée et de la reconstitution 3D pour la préservation et la valorisation du patrimoine culturel, une application intelligente "BronzEYE" a été développée pour le musée de l'Histoire et des Civilisations de Rabat.

■ MOTS-CLÉS

Réalité augmentée, Photogrammétrie, reconstitution 3D, musée, patrimoine culturel.

Exemple : musée numismatique, Bank Al Maghrib.

Malheureusement, les musées au Maroc font face aujourd'hui à plusieurs obstacles, notamment la médiation culturelle, l'archivage numérique des expositions, la promotion du contenu surtout face à des difficultés de déplacement et la motivation des jeunes qui demeurent plus impressionnés par la digitalisation de l'existant.

L'intégration des nouvelles technologies telles que la réalité augmentée (RA) confirme que le patrimoine culturel et historique muséal et les technologies de digitalisation et de reconstitution 2D/3D ont bien plus en commun qu'on le croit et qu'un mariage entre les deux pourrait nous conduire à de multiples usages à la destination du grand public.

Contexte

Le patrimoine culturel matériel et immatériel revêt une importance vitale dans tous les pays, car il représente leur identité et leur civilisation. En parcourant le Maroc, on découvre que c'est un pays qui possède un héritage culturel glorieux. Le Maroc compte de nombreux musées sur tout son territoire, couvrant tous les aspects historiques du pays. Ces derniers sont définis par le Conseil international des musées (ICOM) comme étant une institution permanente sans but lucratif, parmi ses objectifs, l'exposition et la transmission du patrimoine pour des fins d'études, d'éducation et de délectation.

Au Maroc, nous avons plusieurs types de musées :

- **Musées ethnographiques** : regroupent des artefacts qui retracent l'histoire d'un peuple. Un musée ethnographique est un musée qui abrite des objets liés aux coutumes et traditions d'une société déterminée. Autrement

dit, un objet ethnographique désigne un objet collecté pendant une enquête ethnographique en tant que témoin d'un peuple. Exemple : musée Batha à Fès.

- **Musées archéologiques** : se distinguent par le fait que ses collections proviennent en partie ou en totalité de fouilles. Exemple : musée de l'Histoire et des Civilisations de Rabat.
- **Musées ethnoarchéologiques** : se distinguent par des objets ethnographiques et d'autres archéologiques.
- **Musées spécialisés** : un musée spécialisé est un musée concerné par la recherche et l'exposition de tous les aspects relatifs à un thème ou un sujet unique non inclus dans l'une des catégories précédentes. Exemple : musée national de la photographie à Rabat.
- **Musées privés** : sont des musées de gestion privée. Exemple : musée du judaïsme marocain à Casablanca.
- **Musées départementaux** : sont des musées dépendant d'autres organismes publics et semi-publics.

Objectifs

Afin de répondre aux difficultés citées ci-dessus, les acteurs dans la gestion du patrimoine culturel et muséal se focalisent actuellement sur la promotion et la vulgarisation digitale de l'Histoire. Le but est de fournir une motivation intrinsèque des visiteurs du musée qui influence positivement le niveau d'engagement.

Dans cette optique, dérive la réflexion d'un sujet de recherche visant le développement d'une application de RA pour la sauvegarde et la mise en valeur du patrimoine du musée de l'Histoire et des Civilisations qui se trouve au cœur de Rabat, ville lumière et capitale marocaine de la culture.

La solution proposée pour ce musée consiste à concevoir une application



mobile intelligente qui devrait être bénéfique, surtout pour les jeunes qui utilisent beaucoup les smartphones et les tablettes et préfèrent les utiliser lors des visites de musées. Elle présenterait également un substitut efficace au guidage touristique, car l'expérience attendue devrait être intuitive et immersive. Elle doit aider le visiteur à saisir plus d'informations sur le contexte historique des objets en offrant une visite enrichie grâce à une médiation culturelle innovante. La solution vise aussi à divertir les visiteurs suffisamment pour accroître le



Figure 1. Buste de Juba II.



Figure 2. Statuette du Vieux Pêcheur.

niveau d'engagement qui peut se refléter sur le temps passé devant les pièces exposées.

Pour orienter l'étude, les objectifs suivants ont été fixés :

- la modélisation 3D par photogrammétrie terrestre de deux pièces : buste de Juba II (figure 1) et la statuette du Vieux Pêcheur (figure 2) ;
- la reconstitution en 3D des pièces manquantes (la canne à pêche, le panier et le pied droit) de la statue du Vieux Pêcheur ;
- la création du contenu à intégrer dans l'application de RA ;
- le développement de la solution de RA.

Acquisition des données : quelle technique utiliser ?

■ La photogrammétrie : un miroir incontournable du patrimoine culturel

Pour modéliser en 3D les deux objets par photogrammétrie, des photos couvrant la totalité des statues ont été prises avec une caméra professionnelle : Canon EOS 6D Mark II, avec réglages des paramètres nécessaires (figure 3).

Mode	Manuel
Focale	24 mm
ISO	160
Shutter	1/125

Figure 3. Caractéristiques de la caméra utilisée.

Recouvrement > 60%

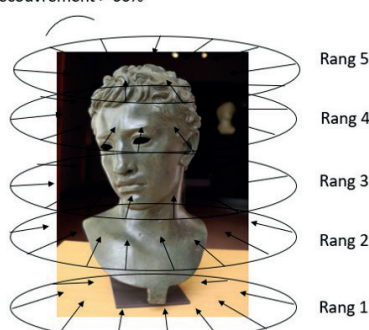


Figure 4. Captures des photos avec recouvrement latéral et longitudinal.

Durant cette acquisition, il faut respecter certaines règles (Agisoft, Manuel d'utilisation) :

- pour les objets isolés, il faut garder un recouvrement supérieur à 60 % entre les photos (figure 4) ;
- pour éviter de refaire la mission de photogrammétrie et pour obtenir un bon résultat, il faut photographier l'objet à scanner sous tous les angles possibles et il vaut mieux avoir plus d'images que pas assez ;
- il ne faut pas essayer de placer l'objet entier dans le cadre de l'image. Si certaines parties manquent, ce n'est pas un problème si elles apparaissent sur d'autres images ;
- un bon éclairage est nécessaire pour arriver à un résultat de meilleure qualité, mais il faut éviter les clignotements, il est donc recommandé d'éliminer les sources de lumière du champ de vision de la caméra utilisée.

Pour le buste de Juba II, 99 photos ont été prises couvrant la totalité de la statue et 128 photos pour celle du Vieux Pêcheur.

Modélisation et reconstitution 3D : pas vers une représentation fidèle à la réalité

Pour passer des images 2D à un modèle 3D, nous avons utilisé le logiciel Agisoft Photoscan. C'est une solution de vision par ordinateur. La vision assistée par ordinateur est définie comme la science qui développe des techniques mathématiques pour récupérer la forme en trois dimensions des objets présents dans les images (Szeleski, 2010). Ce programme possède une interface simple permet-

Recouvrement > 60%

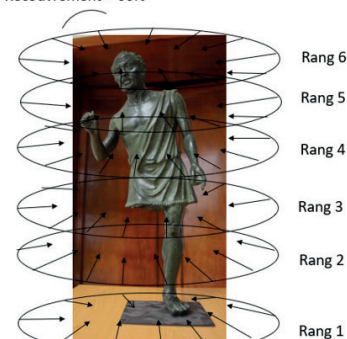




Figure 5. Processus général de modélisation 3D sous Agisoft.

tant la génération du nuage de points peu dense, nuage de points dense, maillage tridimensionnel texturé et autres représentations telles que le MNS et les orthophotos (Chiabrando et al., 2015).

Le processus général de traitement des photos et de création des modèles 3D se compose de quatre étapes principales (Agisoft Metashape User Manual) (figure 5).

Afin de raffiner les modèles réalisés sur Agisoft, aiguïser certains détails et lisser quelques zones au niveau des deux statuettes, nous avons utilisé un ensemble d'outils offerts par Blender, appelés : "filtres de mailles" (adoucir,

gonfler, remplir...). Ces outils peuvent s'appliquer sur tout le modèle ou bien juste sur une partie donnée.

Les pièces manquantes de la statue du Vieux Pêcheur ont été reconstituées en trois dimensions en se basant sur les interprétations des spécialistes en archéologie et en Histoire.

Lorsque nous cherchons des représentations physiques des œuvres célèbres du passé, les seules options que nous avons sont les représentations artistiques à peine détaillées et imprécises. Cependant, la technologie a progressé au point que nous pouvons utiliser la science pour dépeindre avec précision l'apparence des personnages

historiques d'une manière quasi réaliste. Nous pouvons aussi compléter les pièces manquantes qui ont été détruites ou endommagées grâce aux techniques de la reconstitution 3D.

La reconstitution de la statue du Vieux Pêcheur a été réalisée sous Blender, en se basant sur des interprétations données par les responsables du musée (figure 6).

Création du contenu

Le musée est un environnement, dont le rôle n'est pas seulement de permettre au visiteur d'explorer et d'acquérir des connaissances, mais aussi de générer des idées et d'apprendre de nouveaux concepts. Afin d'enrichir l'application de fonctionnalités de formats différents, plusieurs composantes ont été choisies :



Figure 6. Modèle reconstitué du Vieux Pêcheur et modèle 3D du buste de Juba II.

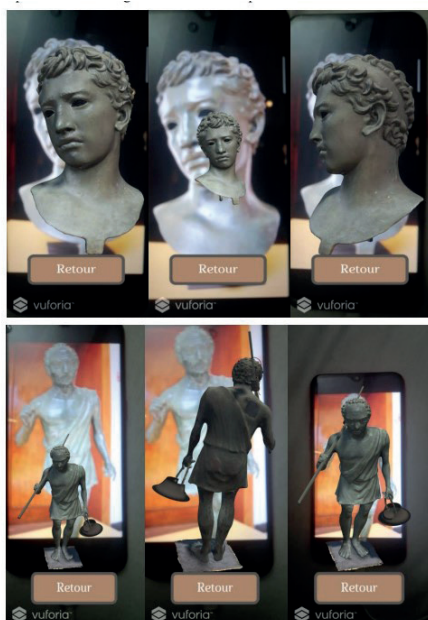


Figure 7. Affichage des modèles après détection des cibles.



- **vidéos** : la narration d'une histoire de manière novatrice à travers une vidéo permettra au spectateur de s'immerger rapidement dans l'Histoire (communication visuelle et auditive) ;
- **audios** : le fait de regarder l'œuvre et d'écouter un audio simultanément au lieu de lire seulement des étiquettes améliore l'engagement du visiteur (communication auditive) ;
- **modèles 3D** : identification de la statuette du Vieux Pêcheur et une meilleure compréhension de l'Histoire (communication visuelle) ;
- **rotation et échelle (manipulation)** : amélioration de l'engagement du visiteur en intégrant des options interactives (interaction).

Développement de la solution de RA

Les deux modèles réalisés sur Agisoft et raffinés sur Blender ont été exportés sous format .fbx pour conserver la texture sur Unity sous lequel le développement de l'aspect de la réalité augmentée a été réalisé.

La superposition du contenu créé sur les modèles importés a été réalisée via le kit de développement (SDK) de la réalité augmentée Vuforia Engine AR (version 9.8.11). En ce qui concerne l'animation et les outils de rotation, la translation et le changement d'échelle,

ils ont été assurés à travers l'utilisation du package *Lean Touch* (version 2.2.1) comportant les scripts à appliquer sur les deux modèles.

Conclusion : perspectives poussées de l'utilisation des technologies immersives

La réalité augmentée et la reconstitution historique 3D commencent de plus en plus à pénétrer les musées internationaux afin de créer une expérience visiteur originale, attirer plus de public et dématérialiser les visites. Grâce aux outils offerts par ces nouvelles solutions, plusieurs fonctionnalités sont devenues possibles lors du développement des applications mobiles pour les musées. Ce cas d'étude réel montre l'intérêt majeur de l'intégration de la technologie RA pour la médiation du patrimoine, à la fois par son utilité, son apport informatif et son aspect ludique. La solution proposée présente un champ vaste de perspectives d'amélioration et de développement :

- pour des recherches ultérieures, nous recommandons d'envisager une combinaison entre la photogrammétrie et la lasergrammétrie pour la modélisation des statues et d'évaluer les résultats de cette fusion ;
- nous proposons lors du développement d'applications similaires d'introduire d'autres options plus poussées, par exemple la simulation par des animations 3D du contexte historique des objets. ●

Remerciements

Nous tenons à remercier spécialement le conservateur du musée de l'Histoire et des Civilisations de Rabat, M. Anas Sedrati et son adjointe, Mme Kawtar Harrar pour leur collaboration, leur appui et aide dans la constitution de la composante historique du travail. Un merci spécial à la Fondation nationale des musées (FNM) pour l'intérêt qu'elle a porté à notre sujet, au nom de son président et de son secrétaire général.

Contacts

Ing. Hajar OUHSINE - Lauréate de l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II
Hajarouhsine7@gmail.com

Ing. Naoual SARDI - Lauréate de l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II Geolambert
- naoual.sardi@gmail.com

Dr. Kenza AIT ELKADI - Institut agronomique et vétérinaire Hassan II - k.aitelkadi@iav.ac.ma

Ing. Ithri AIT HOU - Geolambert
aithou.ithri@gmail.com

Ing. Adam BOURAMDANE- Geolambert
contact@geolambert.ma

M. SEDRATI Anas - Conservateur du musée de l'Histoire et des Civilisations
A.sedrati@fnm.ma

Références

Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.7 Publication 2021 from https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_7_en.pdf

Chiabrando, F., Donadio, E., et Rinaudo, F. (2015). *SfM FOR ORTHOPHOTO GENERATION: A WINNING APPROACH FOR CULTURAL HERITAGE KNOWLEDGE*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W7, 2015 25th International CIPA Symposium 2015, 31 August - 04 September 2015, Taipei, Taiwan. Musée de l'Histoire et des Civilisations, Dossier de presse.

Szeleski, R. (2010). *Computer Vision : Algorithmes and Applications*. Second Edition. Springer Verlag. ISBN 978-3-030-34371-2, 924 pages.

ABSTRACT

Key words: Augmented reality, Photogrammetry, 3D reconstruction, Museum, Cultural heritage.

The museum, the epicenter of culture and the custodian of memory, is facing, today more than ever, several challenges, including cultural mediation, digital archiving of its exhibitions. Indeed, in order to promote the historical and artistic contents of museums, it is necessary to guarantee visitors a unique and incomparable experience. In this regard, augmented reality must link history with technological and digital evolution to create an attractive museum space, through the addition of interactive content of various forms. In order to experiment with the use of photogrammetry, augmented reality and 3D reconstruction for the preservation and enhancement of cultural heritage, a smart application "BronzEYE" has been developed for the Museum of History and Civilization in Rabat.