

## Relevé lasergrammétrique et traitement des nuages de points de moulages de la Gypsothèque de l'Université Marc Bloch de Strasbourg

■ Cyril CALLEGARO

La collection des moulages de l'Université Marc Bloch est contemporaine de la création de la Kaiser-Wilhelm-Universität fondée en 1872. Elle est née de la volonté de réunir en un même lieu un musée imaginaire, une collection idéale de sculptures grecques. A la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, cette collection est une des plus brillantes d'Europe. Entreposée dans les sous-sols du Palais Universitaire depuis 1945, la collection a subi de nombreuses dégradations. La gypsothèque de l'Université Marc Bloch cherchait un moyen de pouvoir réaliser des représentations des statues et d'élaborer éventuellement des modèles en trois dimensions. De tout temps, l'approche la plus utilisée pour représenter des statues est le dessin. Le procédé reste manuel et suppose du temps de réalisation très important. De plus la subjectivité du dessinateur est souvent trop présente.

Dans ce contexte, le laboratoire MAP-PAGE, a proposé à la gypsothèque de l'Université Marc Bloch, la numérisation en trois dimensions de certaines pièces de ses collections pour réaliser, à long terme, un musée virtuel accessible à tous par Internet. Cependant, l'immense variété de statues présentes dans la gypsothèque rend impossible l'utilisation de différentes techniques de numérisation. En effet, plusieurs méthodes utilisées de façon complémentaire sont envisageables mais rendent la numérisation réellement onéreuse telles la combinaison d'un lever tachéométrique et photogrammétrique, l'utilisation simultanée d'un scanner laser pour les formes générales, de la photogrammétrie rapprochée pour les détails et les capteurs à projection de lumière structurée ou codée. Il est donc nécessaire de sélectionner un bon équipement et la méthodologie requise afin d'obtenir un bon compromis entre la qualité du résultat et le coût global de l'opération. Un des objectifs du projet est la numérisation dans son ensemble d'une statue (Figure 1) en utilisant une seule méthode, un seul type d'équipement et des logiciels standardisés.



Figure 1. Amazone de type "Mattéi", statue présente à la gypsothèque.

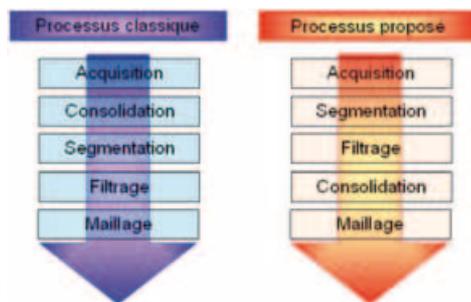


Figure 2. Processus classique et processus proposé.



Figure 3 : de gauche à droite, maillage brut du nuage de points brut, maillage brut du nuage de points filtré, modèle final (pour le buste Faro).

Une procédure de réduction du bruit sur la mesure a été mise en place en s'inscrivant dans une méthode spécifique de modélisation, qui présente l'originalité de filtrer les données avant de procéder à la consolidation des divers nuages de points (cf. Figure 2). De plus, ce projet a permis de tester, en plus du scanner Trimble du MAP-PAGE, le scanner laser Faro LS à mesure de différence de phase. Du point de vue qualitatif, le modèle Faro apparaît le plus représentatif de la statue originale. Du point de vue quantitatif et à défaut de mesures de contrôle sur la statue – la méthode de relevé classique d'une statue reste manuelle et fastidieuse et d'un modèle numérique de référence il n'a pas été possible d'établir une comparaison. Cependant, en considérant chaque modèle indépendamment l'un de l'autre, on observe que nombre de points du nuage issu des données Faro sont plus proches du modèle associé.

Des modèles 3D ont été produits en n'utilisant qu'un seul type de technologie et des logiciels standardisés. Les résultats sont encourageants au vu du bruit auquel les nuages de points sont soumis (cf. Figure 3). L'amélioration du processus est donc envisagée. Les scanners utilisés ne semblent pas adaptés à de la mesure à courte distance, et les conditions d'utilisation doivent être améliorées. La statue qui a servi aux expérimentations est extrêmement complexe tout en étant de couleur très sombre, ce qui nuit à la réflexion du signal laser. La procédure de filtrage peut être améliorée en optimisant la construction des "Range Images", et en modifiant le type de filtre utilisé. Le filtre adaptatif "Wiener" proposé par Matlab a été utilisé, mais les nouveaux filtres à base d'ondelettes fournissent aussi des résultats intéressants. De plus, le programme employé mériterait d'être compilé sous un langage plus performant (C ou C++) que celui de Matlab qui génère des temps de calcul importants. En revanche, le logiciel 3DReshaper, développé par l'entreprise Technodigit, a été très performant pour la modélisation des zones complexes. Un système de scanner laser à repérage de position semble beaucoup plus adapté pour ce type de travaux. Ainsi, le travail effectué lors de ce projet permet au laboratoire MAP-PAGE d'ouvrir de nouvelles perspectives dans la modélisation architecturale et la conservation du patrimoine. ●

## Redressement et mosaïquage : mise en place d'une chaîne de production et nouveau procédé

■ Clément BROSSARD

La représentation du monde réel à travers un univers virtuel devient un besoin de plus en plus grand aussi bien dans la vie de tous les jours (ventes sur Internet, publicités) que dans les divertissements (jeux vidéo, films) et les domaines culturels et scientifiques (muséographie, conservation de sites archéologiques). Pour obtenir des modèles 3D, il est possible de les créer de toutes pièces grâce à des logiciels d'infographie (Blender, 3DS Max, Cinéma 4D). Cependant, le monde scientifique s'attache à représenter les vrais objets ou sites par le biais de techniques telles que la lasergrammétrie ou la photogrammétrie rapprochée. Les méthodes utilisées, qu'il s'agisse d'infographie ou de reconstruction du modèle à partir d'un objet réel, sont en général coûteuses en temps et en espace de stockage.

L'avènement des nouvelles technologies de l'informatique avec des possibilités toujours plus grandes de stockage des données et une vitesse accrue de traitement de ces données, contribue à l'essor scientifique de la modélisation 3D des objets. Au sein de la communauté scientifique, les archéologues se tournent irrémédiablement vers ces nouveaux outils de conservation et de diffusion pour présenter leurs découvertes au plus grand nombre. Afin de modéliser sites archéologiques et patrimoine historique, les scientifiques doivent continuellement développer de nouvelles méthodes pour répondre aux demandes toujours plus précises et conséquentes. De nombreuses techniques de modélisations sont développées. Elles facilitent la modélisation mono-image, la modélisation multi-images, le redressement d'images, et la réalisation d'orthophotographies. Le projet étudié met uniquement en œuvre la méthode de redressement d'image pour modéliser l'environnement. L'étude a été réalisée en Espagne au sein de l'entreprise Global Mediterranea, entreprise qui possède un groupe de travail spécialisé dans la modélisation 2D et 3D à partir de photographies (cf. Figure 1 et Figure 2. Exemples de sols à redresser). L'objectif du projet porte sur l'amélioration du rendement des techniques utilisées tout en gardant une qualité optimale des rendus.

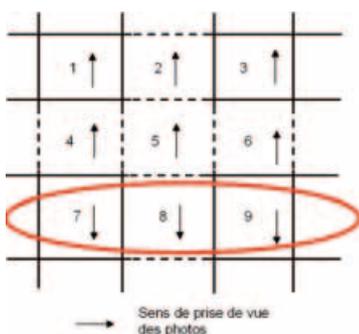


Figure 1. Squelette sur le site d'Oropesa (Espagne)

Dans un premier temps, l'étude s'est attachée à mettre en évidence les divers points faibles des méthodes existantes, et plus particulièrement des méthodes utilisées par Global. Elle a permis d'aboutir à une nouvelle approche du redressement d'image en pensant le redressement non plus dans un environnement en

2D, mais dans l'environnement 3D VRML. Cette méthode s'applique aussi bien au redressement d'images isolées qu'à celui d'une mosaïque de photos.

La deuxième partie du projet a permis de mettre en forme le programme de redressement des images. Cette solution encadre l'ensemble de la chaîne de production, de la prise des photos sur le terrain jusqu'à la réalisation et visualisation de la mosaïque d'images redressées.

Ce programme est structuré autour d'un ensemble d'étapes, passages obligés, permettant d'obtenir les orthophotos finales. Le principe d'obtention des images redressées s'appuie sur les propriétés propres au langage VRML pour le plaquage des textures. L'idée générale est de recréer dans un environnement 3D la surface sur laquelle on souhaite redresser l'image, et de mapper ensuite la texture sur cette surface afin de la faire coïncider avec sa surface réelle (cf. figure 3).

Au final, cette méthode de redressement d'images et de création de modèles 3D d'objets composés de surfaces planes diminue grandement le temps de traitement des données par rapport au logiciel utilisé jusqu'à présent par l'entreprise. De plus une étude comparative entre la nouvelle méthode développée et les méthodes utilisées jusqu'à présent par l'entreprise montre des écarts inférieurs à 2 mm, ce qui reste négligeable.

Une étape supplémentaire dans la modélisation passe par la recherche d'automatisation quels que soient le type de modèles 3D traité et le rendu final de cette modélisation. Cette amélioration devrait passer par l'utilisation d'un filtre de détection de contour afin de recouper autrement la surface redressée. L'utilisation de tels découpages modifierait singulièrement la forme de la surface redressée et nécessiterait de se poser de nouvelles questions sur le découpage de la surface pour le mappage de la texture. ●



Figure 2. Mosaïque d'une pièce du palais d'Alaquas (Espagne).

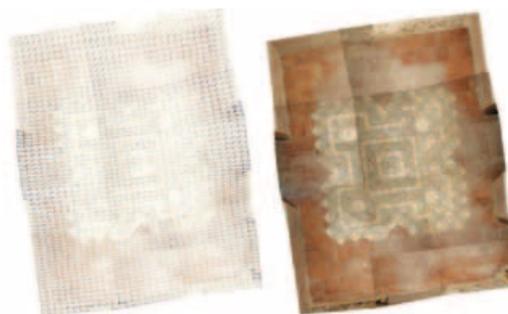


Figure 3. Mosaïque après redressement de l'ensemble des images, maillage et texture.