



ICHIM
PARIS 21-23 SEPT. 05



**International Conference on Hypermedia and Interactivity in Museums
- PARIS 05 – « PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE »**

Numérisation 3d, simulation numérique et reproduction d'objets d'art

Étude d'une tête de Bouddha afghane du
Musée des arts asiatiques - Guimet.



Brigitte Bonnet, brigitte.ines@wanadoo.fr,
Sculpteur, administratrice de l'association **Afghanistan Demain**
<http://www.afghanistan-demain.org/>.

Ariane Genty, arianegenty@wanadoo.fr,
Ingénieur informatique, Doctorante à l'**Ecole Centrale Paris** -

Patrick Callet, callet@mas.ecp.fr,
Laboratoire Mathématiques Appliquées aux Systèmes, **Ecole Centrale Paris**
Grande Voie des vignes, 92290 Châtenay-Malabry.

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris

Résumé

La numérisation 3D sans contact d'une tête de Bouddha afghane en stuc datant du III^e siècle de notre ère a permis de développer deux axes d'études et réalisations :

La reconstitution de l'apparence chromatique des matériaux de l'œuvre, et la réalisation de reproductions en utilisant des techniques de prototypage rapide et de moulage. Ces reproductions matérielles seront vendues au profit de l'association humanitaire Afghanistan Demain dans le cadre d'une collaboration avec la Réunion des Musées Nationaux. Grâce à ce travail interdisciplinaire alliant sciences exactes, sciences humaines et techniques de l'ingénieur, les enfants des rues de Kaboul, orphelins de guerre, recevront une aide concrète permettant leur insertion scolaire. Dans ce cadre nous présenterons un film de 20 mn détaillant ces projets puis les objets réalisés avec la présence des intervenants.

Mots-clés : numérisation 3D, prototypage, simulation, humanitaire, moulage, reproduction sans contact.

Introduction

Les projets autour d'objets du patrimoine à l'École Centrale Paris : numérisation, simulation, réplique

Plusieurs projets d'élèves sous la direction de Patrick Callet enseignant-chercheur à l'École Centrale Paris ont ces trois dernières années portés sur l'étude d'objets du patrimoine.

Ces projets pluridisciplinaires, ont pour objectif de familiariser les élèves à une chaîne d'outils de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) depuis la numérisation sans contact jusqu'au prototypage, d'étudier la nature physico-chimique des matériaux constituant un objet puis de simuler virtuellement l'apparence des matériaux étudiés en se basant sur un modèle mathématique, physico-chimique de description des matériaux : la méthode « **OCRE** » (*Optical Constants for Rendering Evaluation*) développée par Patrick Callet.

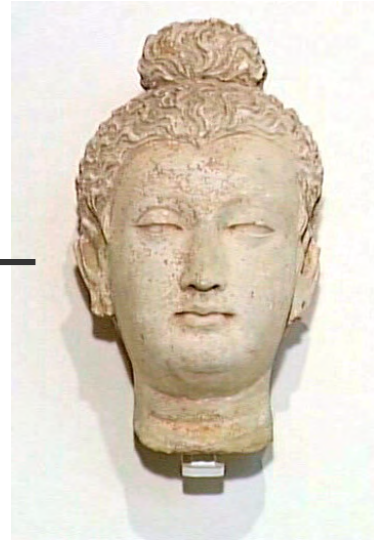
Ils font intervenir plusieurs laboratoires et entités de l'école notamment : le laboratoire LGPM (Génie des Procédés et Matériaux), le laboratoire MAS (Mathématiques Appliquées aux Systèmes, le CREATE (Centre de prototypage Rapide Européen d'Assistance, de Transfert et d'Expérimentation) et le service audiovisuel de l'école.

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris

Dans ce cadre en collaboration avec le Musée d'Arts Asiatiques Guimet, l'objet d'étude choisit a été une sculpture de tête de Bouddha, en stuc, d'une hauteur de 27 cm, de style **Gandhâra** (Gréco-bouddhique), datant du III^e siècle ap. JC, provenant de la région de Hadda au Nord de l'Afghanistan, (*Mission Archéologique Jules Barthoux -1925-1928*) et appartenant aux collections du Musée.



Cet objet a été numérisé sans contact et répliqué par des méthodes de CAO puis par moulage. La vente de ces répliques doit être réalisée en collaboration entre le Musée, la Réunion de Musées Nationaux, et l'association humanitaire Afghanistan Demain.

Démarche humanitaire

Ce projet a eu lieu il y a deux ans et le choix de cette statue afghane n'a pas été sans une pensée forte de la part des élèves et enseignants vers l'Afghanistan et vers son magnifique patrimoine culturel et humain martyrisé pendant 25 années de guerre. L'idée a donc germé de mettre ces techniques au service d'un objectif humanitaire. Brigitte Bonnet sculpteur et membre de l'association Afghanistan Demain intervenant dans les enseignements de l'école dans le cadre des Activités d'ouverture culturelles a été l'initiatrice de cette démarche, et l'encadrante pour la réalisation de répliques de cette tête de Bouddha vendues au profit de l'association.

Présentation Afghanistan Demain



Afghanistan Demain est fondée sur l'idée de reconstruire un foyer avec tout ce qu'il comporte de vie, de chaleur et d'histoires et d'en ouvrir la porte aux enfants des rues. En 2001, lorsque Ehsan Mehrangais a créé l'Association, il voulait offrir à ces enfants la même opportunité que celle dont il avait bénéficié trente ans auparavant. En trois ans d'existence, Afghanistan Demain a ouvert 2 maisons et 3 centres d'accueil de jour offrant éducation, écoute et loisirs à 370 enfants entre 6 et 15 ans.

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris

1. *Historique*

En 1970, Serge de Beaucueil, dominicain français, s'installe à Kaboul et recueille des enfants en détresse. Ehsan Mehrangais a dix ans lorsqu'il franchit pour la première fois le seuil de la maison. Durant dix années, il bénéficiera de la chaleur d'une famille, il apprendra la solidarité et il recevra une éducation. Ce qu'il a reçu dans cette maison, Ehsan veut le donner à son tour, il veut agir en faveur des enfants qui errent dans les rues de Kaboul, démunis de tout. C'est parce qu'il a vécu dans sa chair ce que vivent ces enfants et qu'il sait ce que représente pour eux la possibilité de grandir, d'être protégés, de recevoir soutien et éducation, qu'il a fondé, en 2001, l'association « Afghanistan Demain ».

2. *Contexte actuel*

La population afghane, privée d'une grande partie de la classe des 30-50 ans tuée pendant les guerres successives qu'a traversé le pays, demeure majoritairement jeune. De fait, de nombreux enfants vivent dans les rues, supportant la charge de leur famille, repoussant à plus tard l'opportunité d'apprendre à lire et à écrire.

Aujourd'hui à Kaboul, les conditions de vie demeurent difficiles et même si les services publics sont rétablis petit à petit, le prix de la vie demeure très élevé. En 2004, l'Etat a décidé d'augmenter le prix du pain de 33%, accroissant les difficultés des populations les plus pauvres à s'en procurer. Le taux d'inflation reste fort, gonflé par le prix des loyers, doublés du fait de la forte présence internationale dans la ville.

Ramasseurs de papier et de carton, vendeurs d'œufs, porteurs d'eau, laveurs de voiture... Les enfants continuent donc à alimenter le secteur informel des rues de Kaboul, proposant leurs services pour de petits métiers, dans l'espoir de gagner assez d'argent pour aider leurs familles à subsister.

3. *Les objectifs de l'Association*

L'objectif général de l'ensemble du programme est de favoriser l'intégration sociale d'enfants vivant, travaillant dans les rues ou étant en grande difficulté, en améliorant leurs conditions de vie et en leur offrant un accès à l'éducation.

Les objectifs spécifiques attendus sont :

- Offrir aux enfants un lieu d'accueil et d'écoute,
- Permettre aux enfants de retrouver le chemin de l'école en proposant des activités éducatives et pédagogiques,
- Suivre les enfants (suivi éducatif, psychologique, médical)
- Assurer des actions de prévention et sensibilisation (hygiène, mines, drogue, prostitution...)
- Recréer un lien avec les familles d'origine et sensibiliser les familles à l'éducation de leurs enfants,
- Proposer aux enfants les plus en difficulté d'intégrer une structure familiale mise en place par l'association.

Afghanistan Demain <http://www.afghanistan-demain.org/>.

La production des répliques : moulage et patine

Une fois la première réplique à l'identique faite en résine par des techniques de CAO, nous réalisons en plâtre une deuxième réplique par moulage afin de débarrasser le modèle des artefacts dus au procédé numérique.

Cette étape de retouche par ponçage est un travail d'observation d'après l'original.

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris

A partir de cette pièce maîtresse nous pouvons réaliser le moule de série à l'élastomère de silicone. Un moulage de silicone se compose d'une empreinte de silicone et d'une chape de plâtre. En l'occurrence pour notre Bouddha afghan le moule se composera de deux parties séparées par un plan de joint (ligne de séparation des différentes parties).



La réplique démoulée

Ce moule fait, nous pouvons aborder la production à proprement parler, c'est-à-dire le tirage de pièces en plâtre.

Chaque réplique doit être retouchée pour la débarrasser de la ligne de coupe, puis le plâtre une fois sec va être patiné à l'identique de l'original. Dans le cas présent nous avons adopté une patine très simple à base de barbotine (terre et eau) pour lui garder le côté naturel et archéologique de la pièce d'origine.

Cet aspect naturel de la finition ayant influencé au départ le choix du plâtre comme matériau de base de la réplique.



Réplique après finition et patine

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris

Distribution des reproductions musée Guimet et RMN

Le mode de vente choisit en concertation avec le Musée des Arts Asiatiques Guimet est le mode de vente par souscription dans la boutique du musée et plus généralement dans les boutiques de la Réunion des Musées Nationaux.

Les répliques vendues seront accompagnées d'un DVD du film réalisé par le service audiovisuel de l'École Centrale Paris présentant l'histoire de la tête du Bouddha afghan faite par M. Pierre Cambon, conservateur de la section Afghanistan-Pakistan au musée des Arts Asiatiques Guimet, une présentation de l'association Afghanistan Demain, ainsi que le périple scientifique des élèves centraliens qui se sont investis dans ce projet.

Les bénéfices de ces ventes sont intégralement versées à l'association Afghanistan Demain.

Démarche technique

Numérisation

L'objet étant en stuc, donc très fragile ne devait pas sortir du musée et être manipulée par une personne autorisée. Le capteur numérique a donc été déplacé dans les réserves du musée, et la méthode de numérisation utilisée a été un capteur sans contact basé sur un procédé optique.

Celui-ci est composé d'une caméra (Breukmann) et d'un projecteur de franges lumineuses. Les déformations de ces franges lumineuses sur la surface de l'objet enregistrées par la caméra puis analysées ont permis de récupérer un nuage de points en 3D de bonne résolution (< mm).

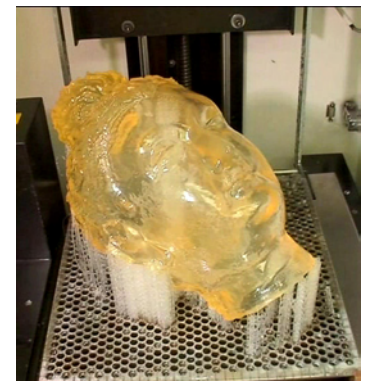


Prototypage rapide

La notion de «prototypage rapide» empruntée à la CAO désigne différents procédés permettant de passer d'un modèle virtuel 3D d'un objet à sa réalisation physique sans outillage et dans un temps beaucoup plus court que par des techniques classiques de réalisation. Ici à partir du modèle numérique 3D de la tête on a réalisé une copie en résine par stéréophoto-lithographie laser.



Machine de Stéréophoto-lithographie Au CREATE



Réplique en résine au sortir de la cuve

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris

Ce procédé utilise un rayon laser pour durcir une résine photosensible. Le laser au contact de la résine durcit des couches successives de résine liquide en suivant le modèle numérique de l'objet que l'on veut reproduire, à l'échelle désirée par rapport à l'original.

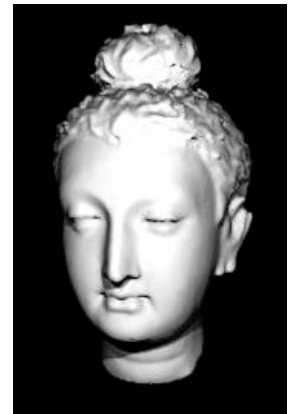
Dans le cas de cette tête une réplique à l'échelle 1/3 a été tout d'abord obtenue, puis une réplique creuse à l'échelle 1 a été produite.

Simulation virtuelle

Une fois le modèle numérique obtenu il est possible de réaliser des représentations virtuelles de l'objet. Dans ce cadre les études sous la direction de Patrick Callet à l'École Centrale portent sur un modèle de rendu qui utilise la méthode **OCRE (Optical Constants for Rendering Evaluation)**. Celui-ci est issu d'un modèle physique/mathématique décrivant les comportements optiques des matériaux et utilisant des caractéristiques extraites de mesures : spectrophotométrie, granulométrie, ellipsométrie ...



Statuette virtuelle OrGris
-Au71Cu14Ni11Zn4-



Statuette virtuelle pigment blanc

La méthode *OCRE* est utilisée dans le logiciel de rendu *VIRTUELIUM* de l'École Centrale Paris.

Ce logiciel de lancer de rayons spectral – qui utilise l'indice de réfraction complexe des matériaux échantillonné sur le spectre du visible, ainsi qu'une description spectrale des illuminants – a déjà permis de mettre en œuvre des projets dans des domaines de la simulation de métaux ou le domaine industriel pour simuler les peintures métallisées ou nacrées.

Les images présentées illustrent des résultats obtenus avec la version actuelle du logiciel.