

Résultats de la numérisation 3D – Images reproduites : RapidForm [www.rapidform.com](http://www.rapidform.com) INUS Technology

## Coordonnées et contacts

**École Centrale Paris,**  
Grande voie des vignes,  
92295 Châtenay-Malabry  
[www.ecp.fr](http://www.ecp.fr)

Laboratoire Mathématiques Appliquées aux Systèmes  
Modélisation physique, Simulation, Patrimoine,  
Patrick Callet [patrick.callet@ecp.fr](mailto:patrick.callet@ecp.fr)  
Ariane Genly [ariane.genly@ecp.fr](mailto:ariane.genly@ecp.fr)  
01 41 13 17 27 – 01 41 13 17 11

Laboratoire de Génie des Procédés et Matériaux  
Caractérisation des matériaux  
Anna Zyma [anna.zyma@ecp.fr](mailto:anna.zyma@ecp.fr)  
01 41 13 12 32

CREATE  
Numérisation 3D et Prototypage rapide  
François-Xavier de Contencin [decontencin@ecp.fr](mailto:decontencin@ecp.fr)  
01 41 13 16 38 - 01 41 13 15 67

Atelier Audiovisuel  
Réalisateur  
Philippe Denizet [philippe.denizet@ecp.fr](mailto:philippe.denizet@ecp.fr)  
01 41 13 11 87

**Centre des Monuments Nationaux**  
Hôtel de Sully – 62 rue Saint-Antoine  
75 186 Paris cedex 4  
[www.monum.fr](http://www.monum.fr)

**Basilique de Saint-Denis**  
1, rue de la Légion-d'Honneur  
93200 Saint-Denis  
01 48 09 83 54 Fax : 01 48 09 82 80  
[basilique-saint-denis@monum.fr](mailto:basilique-saint-denis@monum.fr)  
Ministère Web sur la Basilique de Saint-Denis :  
[www.tourisme93.com](http://www.tourisme93.com)



« Sur les traces des couleurs perdues »

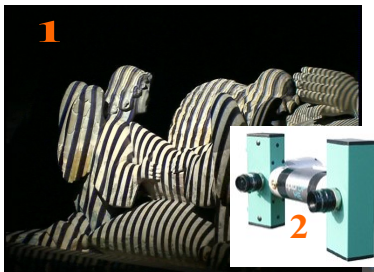
MONUM

**Basilique de Saint-Denis – Gisant de Philippe Dagobert XIII<sup>e</sup> siècle.**

# Description Générale du projet

Nous présentons les derniers résultats d'une étude pluridisciplinaire, en cours à l'École Centrale Paris, portant sur la numérisation 3D, la simulation et le prototypage rapide d'objets du patrimoine. Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre le Centre des Monuments Nationaux et trois laboratoires, ainsi que le Centre de prototypage Rapide Européen d'Assistance, de Transfert et d'Expérimentation (CREATE) de l'École Centrale Paris. Nous étudions une statue médiévale polychrome : le gisant de Philippe Dagobert (XIII<sup>e</sup> siècle, jeune frère de Saint Louis), dans la basilique de Saint-Denis, nécropole royale. Nos recherches portent sur la représentation 3D d'objets du patrimoine, la simulation de leur apparence visuelle à partir des caractéristiques optiques et physico-chimiques de leurs matériaux constitutifs et l'élaboration de répliques par des méthodes de prototypage rapide (non présentées dans ce document). Nous utilisons tout au long de notre travail des techniques et procédés sans contact avec l'œuvre d'art. Après de nombreux travaux sur la représentation des métaux et alliages, nous abordons ici l'étude et la simulation des matériaux de la peinture et de la dorure pratiquées au Moyen Âge. Ce travail sur les matériaux devrait se poursuivre en collaboration avec le Louvre et le LRMH (Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques) pour une étude des parties basses du tombeau dont les originaux se trouvent dans les réserves du Louvre. Le rôle de l'éclairage naturel médiéval complète aussi la simulation et permet d'imaginer et comprendre les œuvres étudiées en fonction de leur place et rôle historiques.

## Numérisation 3D sans contact



La numérisation 3D (1) a été effectuée à l'aide d'un système optique sans contact basé sur l'analyse de franges de lumière blanche projetées sur l'objet à numériser (caméra Breukmann).

Le système (2) présente un projecteur de franges et une caméra CCD permettant de capturer les images. Les déformations des raies sont analysées par un logiciel dédié. Ce capteur sans contact est d'une très haute précision : de l'ordre de quelques micromètres.

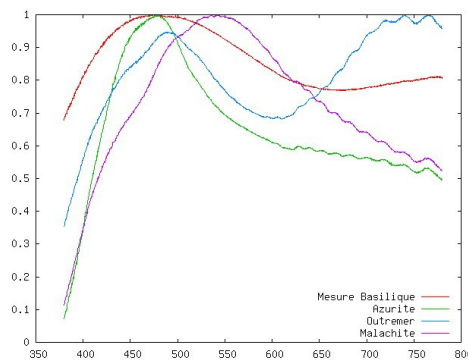


L'image (3) montre le détail du maillage obtenu.

## Spectrophotométrie

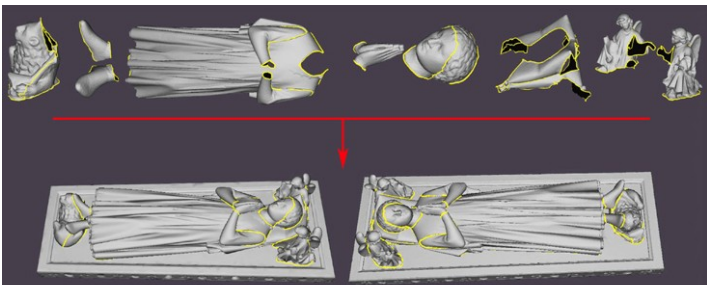


Des mesures spectrales des matériaux ont été effectuées sur site et sur des échantillons de laboratoire, puis comparées. La caractérisation des matériaux fournira les données d'entrées de la simulation.



Comparaison des pics entre plusieurs mesures de bleu et une mesure effectuée à la basilique sur le manteau (courbe rouge)

## Découpage du modèle numérique



L'objet numérisé est découpé en zones d'intérêt pour établir une correspondance logique entre chaque morceau et les matériaux associés. Les archives, textes et schémas annotés ou peints, guident ou complètent nos hypothèses.

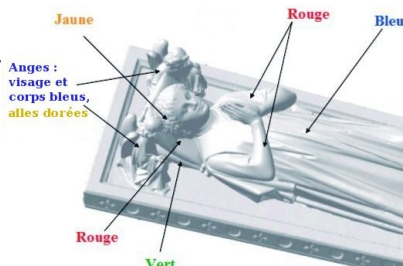
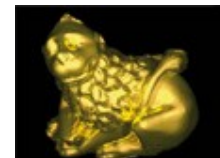
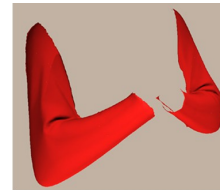


Schéma d'étude des couleurs résumant les archives consultées.

## Simulation spectrale

La simulation est effectuée en tenant compte de la caractérisation des matériaux, de l'état des surfaces (rugosité, ondulation, etc), de conditions d'éclairage normalisé et d'un observateur colorimétrique de référence CIE 1976. Les calculs sont réalisés à partir d'un échantillonnage des grandeurs physiques sur 80 bandes spectrales de 5nm.



Sur ces images, les manches sont représentées à partir de données spectrales d'un vermillon, le manteau à partir d'un lapis-lazuli. Les dorures du lion sont calculées à partir de l'indice de réfraction complexe de l'or.