



**HAL**  
open science

## Sous les feux de la rampe : Numerisation 3D des costumes de scène

Paraskevi Papadopoulou, Adeline Gagnier, William Jeannisset, Manon Fournié

### ► To cite this version:

Paraskevi Papadopoulou, Adeline Gagnier, William Jeannisset, Manon Fournié. Sous les feux de la rampe : Numerisation 3D des costumes de scène. *Actualités de la conservation*, 2023, 38, pp.1-13. hal-04318648

**HAL Id: hal-04318648**

**<https://bnf.hal.science/hal-04318648>**

Submitted on 1 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

Article

## Sous les feux de la rampe : Numérisation 3D des costumes de scène

Treatment In the spotlight : 3D Digitization of theatre costumes

**Paraskevi Papadopoulou<sup>a</sup>, Adeline Gagnier<sup>b</sup>, William Jeannisset<sup>c</sup>, Manon Fournié<sup>d</sup>**

<sup>a</sup> : Cheffe de projet numérisation 3D et objets exceptionnels, département de la Conservation, BnF

<sup>b</sup> : Infographiste 3D & Designer / Cultural Heritage, Digitage

<sup>c</sup> : Expert en captation photogrammétrique, Digitage

<sup>d</sup> : CG artist, Infographiste en rigging, Digitage

**Mots-clés:** numérisation, 3D, costumes, PBR (Physically Based Rendering), modélisation

**Keywords:** digitisation, 3D, costumes, PBR, modeling

### Sommaire

1. Introduction	1
2. Partie I : Instruction	1
3. Partie II : Réalisation du projet 3D	3
5. Partie III : Après la 3D	9
6. Conclusion	10

## 1. Introduction

Comment animer un costume des collections patrimoniales ? Comment modéliser en trois dimensions (3D) du textile souple, des capes volantes et des plumes ? Pendant deux années, les équipes interdisciplinaires de la Bibliothèque nationale de France (BnF) ont essayé de répondre à ces questions en entreprenant un projet innovant et ambitieux.

En octobre 2022, la salle Ovale, salle emblématique du site historique Richelieu de la BnF, a ouvert ses portes après plusieurs années de travaux de restauration, avec pour ambition d'être accessible à tous. Pour cette occasion, un parcours médiatique a été conçu avec neuf bornes interactives tout autour de la salle. Une des bornes est consacrée à la collection de costumes de scène du département des Arts du spectacle (ASP). Elle contient une application en réalité augmentée qui permet aux visiteurs de choisir parmi six costumes et de les vêtir virtuellement en interagissant avec les mouvements du corps. Cette cabine d'essayage est le fruit d'un travail de numérisation 3D mené par le service Numérisation du département de la Conservation (DSC), à la demande et en collaboration avec le service des Éditions multimédias.

Cet article présente les différentes étapes du projet de numérisation 3D, de l'instruction jusqu'à la diffusion des modèles. Il prend comme fil rouge l'un des costumes numérisés pour la salle Ovale : celui du rôle d'Anaïs Beauperthuis<sup>1</sup> dans le spectacle « Un Chapeau de paille d'Italie » d'Eugène Labiche, mis en scène par Guy Kayat, avec des décors et costumes de Pierre-Noël Drain<sup>2</sup>.



**Figure 1** : Maquette du costume pour le rôle d'Anaïs Beauperthuis

## 2. Partie I : Instruction

Le projet de numérisation et de modélisation des costumes des collections des ASP a marqué une étape importante pour le service Numérisation et plus largement pour la BnF. Il s'agissait du premier chantier 3D initié, instruit, coordonné et géré par les équipes de la bibliothèque, via un appel à projet et la rédaction d'un cahier des charges spécifique pour cette opération. La numérisation 3D devait s'intégrer et répondre aux exigences du projet de médiation déjà lancé par le service des Éditions multimédias pour la salle Ovale.

### Sélection et documentation des costumes

Le projet de médiation dictait un choix de costumes de rôles masculins, féminins et qui pouvaient convenir aux enfants, afin de toucher un public très varié. Une présélection de 54 costumes a été réalisée par le département des ASP au sein de ses collections. En parallèle, le service Numérisation et l'experte Numérisation du département de la Conservation ont initié des échanges avec plusieurs acteurs de la numérisation en 3D du patrimoine culturel afin de comprendre les enjeux et les contraintes d'une telle opération et de pouvoir décider quels costumes étaient les plus adaptés et pertinents pour un tel projet. Grâce à leur aide, une échelle de complexité de 1 (facile) à 3 (très complexe) a été établie pour la présélection de costumes. Comme éléments difficiles à modéliser ont été définis : les dentelles, les tissus transparents, les éléments volants, les plumes, les éléments métallisés. En s'appuyant sur cette échelle et en tenant compte de la possibilité d'obtenir les droits de diffusion des images des costumes, le service des Éditions multimédias et le département des ASP ont validé une sélection de six costumes avec leurs accessoires, trois de rôles masculins et trois de rôles féminins.

L'étape suivante a été la documentation minutieuse de ces costumes. Les chargés de collections des ASP ont élaboré un tableau détaillé de chaque élément des costumes : date de fabrication, matériaux, dimensions, besoins en restauration et en mannequinage. Concernant ce dernier point, il importait en effet que la numérisation soit faite dans un état proche du costume porté, donc que ce dernier soit mannequiné.

### Élaboration du cahier de charges techniques du projet (CCTP)

Si le service Numérisation est rodé en matière de lancement de marché de numérisation, un projet en 3D présentait plusieurs inconnues. Étant donnée la complexité de l'opération et son coût plus élevé qu'une numérisation simple en deux dimensions, le cahier de charges devait, à notre sens, inclure :

- tous les détails à fournir aux prestataires pour chaque costume afin d'estimer leur complexité ;
- la qualité du rendu final attendu par la BnF ;
- la définition détaillée de tous les livrables attendus ;
- une procédure efficace et intelligente pour un suivi minutieux.

Le guide du CCTP du ministère de la Culture a servi de modèle pour ce projet BnF<sup>3</sup>. Il a permis de le séquencer en trois grandes phases : acquisition, traitement et livraison des données. Une séance de présentation et de validation des données a été programmée entre le prestataire de numérisation et la BnF à la fin de chaque phase. La validation de la BnF a été définie comme le critère obligatoire pour passer à la phase suivante. Ce choix avait deux finalités : suivre et vérifier la qualité des données et des livrables ; comprendre et monter en compétences en numérisation 3D en vue d'alimenter la capacité à entreprendre de futurs projets 3D. Pour fluidifier l'organisation et le suivi, le choix a été fait de découper le projet en six sous-projets, un pour chaque costume, avec la répétition des trois phases à chaque fois.

Trois types de livrables 3D ont été identifiés. Le premier était le modèle dit de conservation, un modèle 3D de très haute qualité d'une résolution de texture<sup>4</sup> proche de 400 dpi et sans limites sur le nombre de polygones<sup>5</sup>. L'objectif était d'obtenir un modèle de la plus haute qualité possible, fidèle à l'original dans le contexte d'une modélisation 3D. Le deuxième livrable était le modèle dit de diffusion. C'était un modèle léger, dérivé du premier modèle de haute qualité.

Il devait avoir moins de 100 000 polygones pour être exploitable et conforme aux exigences du lecteur 3D de Gallica, la bibliothèque numérique de la BnF. Le troisième livrable était le modèle d'animation destiné à laborne médiatique en salle Ovale. Il devait être très léger afin de privilégier la rapidité de réponse en temps réel dans l'application de réalité augmentée de la borne.

## Préparation



**Figure 2** : Costume mannequiné pour les besoins de numérisation © BnF, Sébastien Nanclarez et Paraskevi Papadopoulou

Avant le lancement des consultations pour la numérisation, un important chantier de préparation a été lancé sur plusieurs fronts. Du côté des ASP, un travail sur la planification de toutes les restaurations nécessaires des costumes a été fait, ainsi que sur le mannequinage des costumes prêts.

Du côté du département des Systèmes d'information (DSI), une plateforme d'échanges de fichiers (PEF) capable de recevoir des fichiers volumineux a été mise en place. Un poste informatique de contrôle des fichiers a été déployé au sein du service Numérisation ; il devait être suffisamment puissant pour pouvoir ouvrir et contrôler les livrables de 3D. Le service Numérisation s'est aussi procuré des logiciels et des lecteurs de modèles 3D pour inspecter les modèles livrés par le prestataire. L'atelier de photographie du service Numérisation a aussi réalisé une couverture photographique dite classique du costume mannequiné (Fig.2).

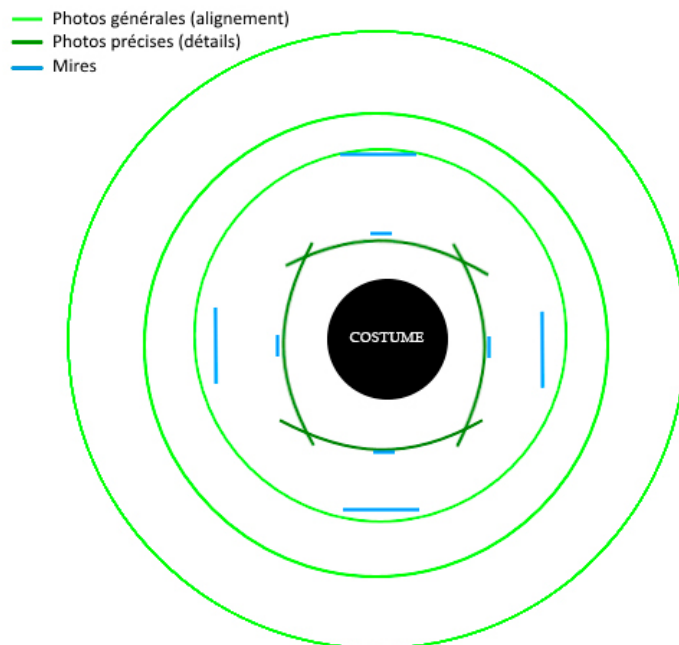
## 3. Partie II : Réalisation du projet 3D

### Première phase : Acquisition des données

Dans la première phase du projet, l'objectif était de collecter les données nécessaires à la création des modèles virtuels des costumes. Bien que le CCTP ait été rédigé en se basant sur la photogrammétrie<sup>6</sup> comme méthode de numérisation 3D, le choix de la technologie finale a été laissé au prestataire. Celui retenu à l'issue des consultations dans le cadre d'un MAPA<sup>7</sup>, Digitage S. A., a proposé une méthodologie de numérisation combinant la photogrammétrie et la modélisation à l'aide d'un scanner à lumière structurée<sup>8</sup>.

L'acquisition des données a eu lieu sur le site François-Mitterrand de la BnF, dans les magasins des ASP où sont conservés les costumes. Le travail en magasin a facilité la conservation des costumes mannequinés dans des conditions thermo-hygrométriques optimisées et a limité leur déplacement. Chaque costume a été numérisé en deux positions : une position naturelle avec les manches tombant librement sur le mannequin ; une position en T avec les manches légèrement écartées du corps pour révéler les parties cachées sous les bras. Pour chaque position, deux types de données ont été collectées : des photographies prises sous différents angles et distances pour la photogrammétrie, ainsi que des scans réalisés avec le scanner à lumière structurée. Chaque campagne d'acquisition de données a duré une semaine et le processus a généré un volume considérable d'images. Dans le cas du costume d'Anaïs Beauperthuis, cela a représenté 2 853 photos pour un total de 163 Go (Fig.3).

Chaque costume a présenté des défis uniques. Pendant cette phase, le prestataire devait anticiper et résoudre en temps réel les transparences, les zones cachées par le mannequin, les éléments volants, etc. La robe d'Anaïs Beauperthuis, par exemple, est composée d'un tissu satiné iridescent et de nœuds en velours marron très foncé. Ces deux matériaux réagissent différemment à la lumière. Même si l'installation générale de prise de vues générait une lumière neutre et uniforme partout, le déplacement du photographe et les changements des objectifs pouvaient produire des écarts sur la colorimétrie<sup>9</sup> des images finales. C'est pour cette raison que la BnF a exigé l'usage de mires colorimétriques<sup>10</sup> pour chaque prise de vue et après chaque changement au cours de l'opération.



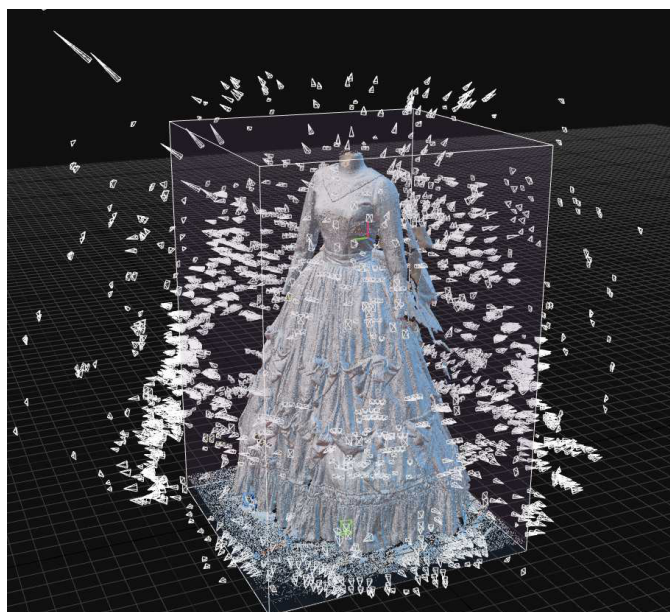
**Figure 3** : Schéma, vue de dessus, de déplacement du photographe autour du costume mannequiné, ©Digitage.

Le prestataire a ensuite travaillé sur le développement et le traitement des données brutes afin d'obtenir un jeu d'images uniformes et fidèles à la réalité du costume au moment de la numérisation. À la fin de cette première phase, une présentation des images a été faite à la BnF qui a validé la production, permettant ainsi de déclencher la phase de modélisation.

## Deuxième phase : Modélisation en 3D

### Géométrie

Une fois la campagne d'acquisition des données terminée et validée, le prestataire a entamé la phase de modélisation en 3D des costumes. En utilisant des logiciels de photogrammétrie, il a d'abord créé un nuage de points<sup>11</sup> en alignant les images capturées lors de la première étape (Fig.4). Ce nuage de points, constitué de multiples points colorés en mode RGB (Rouge, Vert, Bleu) dans un espace cartésien 3D (Fig.5), a ensuite été connecté avec des lignes pour former un maillage<sup>12</sup> (Fig.6), une structure composée de polygones.



**Figure 4** : Capture d'écran d'alignement des photos pour la robe dans Reality Capture, ©Digitage.

Cependant, ce maillage initial comportait un nombre colossal de polygones, atteignant 545 millions pour la robe d'Anaïs Beuperthuis. Afin de rendre le modèle plus facile à manipuler et compatible avec les logiciels de travail, une opération de «décimation»<sup>13</sup> a été effectuée pour réduire le nombre de polygones à 40 millions.



Figure 5 : Nuage de points, ©Digitage.



Figure 6 : Nuage de points, ©Digitage.

Ensuite, le prestataire a dû nettoyer et aligner les données pour obtenir une représentation visuelle optimale du costume. Cela impliquait de supprimer les imperfections, de corriger la position et l'orientation du modèle, et d'améliorer la qualité visuelle des détails (Fig.7). Le logiciel de traitement des modèles 3D (ZBrush) a été utilisé pour effectuer ces ajustements.

Pendant cette étape, divers problèmes ont été identifiés, tels que de gros triangles sur les surfaces cachées et peu accessibles, des artefacts<sup>14</sup> de surface et des problèmes d'alignement<sup>15</sup>. Ces défis ont été relevés grâce à une communication ouverte et transparente entre le prestataire et la BnF. Des réunions ont été organisées pour prendre des décisions concernant le traitement des artefacts, et une documentation détaillée de chaque étape de modélisation a été fournie, qui a contribué à considérer la (re)construction<sup>16</sup> du costume comme une édition scientifique numérique, appelée DSE (*Digital Scholarly Edition*). Cette documentation détaille les choix faits lors de la création du modèle, les méthodologies utilisées, l'historique de l'objet en question, ainsi que les décisions prises pendant la modélisation.



Figure 7 : La géométrie initiale de la robe, ©Digitage

Selon les directives de la bibliothèque, le prestataire a résolu les artefacts en supprimant les extrémités des mannequins et en comblant ces zones. Les zones problématiques ont été lissées et corrigées en utilisant les données du scanner à lumière structurée. Le modèle a ensuite été optimisé pour passer de 40 millions à 10 millions de polygones, éliminant ainsi les artefacts indésirables tout en préservant la qualité visuelle.

Grâce à ces efforts, le modèle final du costume a été nettoyé de toutes les imperfections et allégé pour une manipulation aisée dans le logiciel de modélisation (Blender). Le rapport détaillé fourni par le prestataire a enrichi l'écosystème 3D de la BnF, permettant ainsi de consigner les choix et les méthodologies modélisés tout au long du processus de modélisation.

## Textures

Après avoir peaufiné la structure du modèle 3D, le processus de création des textures a débuté en utilisant une technique appelée «UV mapping»<sup>17</sup> qui consiste à démonter un vêtement en pièces pour le poser à plat sur une surface plane. C'est exactement ce que le prestataire a fait avec le modèle 3D du costume. Les UVs (abréviation de «*UV coordinates*» en anglais) sont comme les morceaux du vêtement étalés en 2D sur une image.

Pour la robe d'Anaïs Beuperthuis, qui était volumineuse avec des tissus en abondance, il était essentiel de travailler avec une résolution adéquate pour garantir un rendu de qualité. Ainsi, la résolution finale des UVs a été arrêtée à 300 dpi, une qualité plus que suffisante pour un costume de taille humaine. Les UVs ont ensuite été organisés de manière à conserver les proportions entre les différentes parties du modèle (Fig.8).



**Figure 8** : Dépliage des UV et textures projetées pour la robe dans Blender, ©Digitage.

Le chapeau, lui aussi, a nécessité une attention particulière. Pour maintenir une bonne résolution en fonction de sa taille, les UVs ont été disposés sur quatre tuiles distinctes. Ces tuiles représentent quatre parties de l'image finale (Fig.9).



**Figure 9** : Dépliage des UV et textures projetées pour le chapeau dans Blender, ©Digitage

Une fois les UVs préparés, des textures ont été projetées sur eux. Les textures sont essentiellement des images qui servent à colorer et à ajouter des détails réalistes au modèle 3D. Cependant, malgré les informations riches fournies par la captation photogrammétrique, des erreurs peuvent survenir lors de la projection des textures. Des problèmes courants tels que des bavures ou des informations manquantes ont été identifiés pour la robe et le chapeau.

Plutôt que de recréer virtuellement les zones manquantes, la BnF a fait le choix de les signaler en les marquant en noir. Ces zones inaccessibles pour l'appareil photo se trouvent, par exemple, sous le jupon, à l'intérieur du col et des manches. Les plis de la robe peuvent également poser des problèmes, car ils ne sont pas toujours visibles directement par l'appareil photo sans bouger le vêtement (Fig.10). Pour corriger ces erreurs, le prestataire a utilisé la projection de photos sources sur les zones reconstruites par la photogrammétrie, garantissant ainsi une apparence réaliste et détaillée du costume final (Fig.11).



**Figure 10** : Erreur de projection de texture aux plis de la jupe, ©Digitage.



**Figure 11** : Correction de la texture, ©Digitage..

## Création de la PBR (*Physically Based Rendering*)<sup>18</sup>

Le rendu physique réaliste (PBR) est une technique avancée utilisée pour rendre les objets numériques aussi proches que possible de la réalité. Le PBR recrée numériquement l'apparence exacte d'un objet en prenant en compte les interactions de la lumière avec sa surface. Cette technique a été utilisée de manière récurrente pour tous les costumes du projet.

- Pour rendre le costume d'Anaïs Beauperthuis aussi réaliste que possible, plusieurs couches d'informations, appelées «maps»<sup>19</sup> ou cartes en français, ont été utilisées :
- Diffuse map : Cette carte contient les couleurs et les textures principales du costume, comme un motif ou une couleur de base. Elle détermine la couleur du matériau lorsque la lumière le frappe directement.
- Specular<sup>20</sup> map : Elle contient des informations sur les reflets spécifiques du matériau. Elle indique où la surface du costume doit être réfléchissante, et à quel point elle doit l'être. C'est ce qui donne au tissu vert d'Anaïs Beauperthuis ses reflets particuliers et iridescents.
- Glossiness map : Cette carte contrôle le niveau de brillance du matériau. Certains matériaux sont très brillants, tandis que d'autres sont plus mats. La Glossiness map permet de régler cet aspect et d'ajuster la rugosité de la surface.
- Normal map : Cette carte simule des détails en relief sur la surface du costume, même si la géométrie réelle du modèle est relativement simple. Cela crée l'illusion de petits creux et bosses qui réagissent à la lumière, ajoutant ainsi du réalisme. Cette map a été particulièrement utile pendant la création du modèle de diffusion qui nécessitait une géométrie décimée.
- Ambient Occlusion map<sup>21</sup> : Cette carte définit les zones qui devraient être ombragées ou moins éclairées en raison de la présence d'objets proches ou d'interactions de la lumière ambiante. Elle ajoute des nuances subtiles aux plis et aux recoins du costume pour augmenter la profondeur. Pour ce projet elle a été aussi utilisée pour marquer les endroits manquant d'information.

Ces différentes maps sont ensuite combinées pour former le rendu final du costume (*Fig.12*). Ensemble, elles permettent de simuler le comportement de la lumière sur le matériau, en ajoutant des reflets, des ombres et des détails pour créer une apparence réaliste et captivante (*Fig.13*).



Figure 12 : Superposition des maps pour rendu final, ©Digitage.





Figure 13 : Robe sans et avec PBR, ©Digitage.

## Différentiation des livrables

Dans son cahier de charges, la BnF avait demandé trois livrables. Entre le livrable de conservation et celui de diffusion, la différence s'est située sur la qualité du rendu, du nombre de polygones et des textures fournies avec le modèle 3D, ainsi que le montre le tableau suivant :

	Modèle Conservation	Modèle Diffusion Gallica
Nombre de polygones	11 millions	73 888
Nombre de textures	5*35=175 TIFF 8K	5 JPEG 8K
Poids total du livrable	8,32 Go	68,9 Mo
Format du modèle	X3D et scène Blender	OBJ, GLTF et scène Blender

Malgré l'énorme écart entre les chiffres du tableau, la différence des détails sur les deux modèles n'est pas aussi marquée. Ce niveau de qualité du modèle de diffusion dans le rendu final est dû à l'important travail de décimation et d'optimisation réalisé par le prestataire (Fig.14).



Figure 14 : Détail de rendu du livrable Diffusion (à gauche) et Conservation (à droite) © Digitage

## Travail du *rigging*<sup>22</sup>

Le livrable pour la borne de médiation a suivi un flux de travail différent. Afin de pouvoir faire bouger le costume via les mouvements du visiteur devant la borne médiatique de la salle Ovale, un travail spécifique a été nécessaire : le *rigging*. Dans le domaine de l'infographie 3D, il s'agit d'une étape intermédiaire entre la création de la géométrie et des textures du modèle 3D et son export pour l'animation. Son intégration à un logiciel tiers permet ensuite de faire bouger le modèle.

Le *rigging* se décompose en sous-étapes récurrentes :

1. La constitution d'un squelette : des « joints » (*bones*) sont placés aux points d'articulations souhaités sur le modèle, et orientés en prenant soin de répondre aux impératifs imposés par la compatibilité du *rigging* exporté avec le logiciel qui sera utilisé ensuite pour de l'animation (Fig.15).

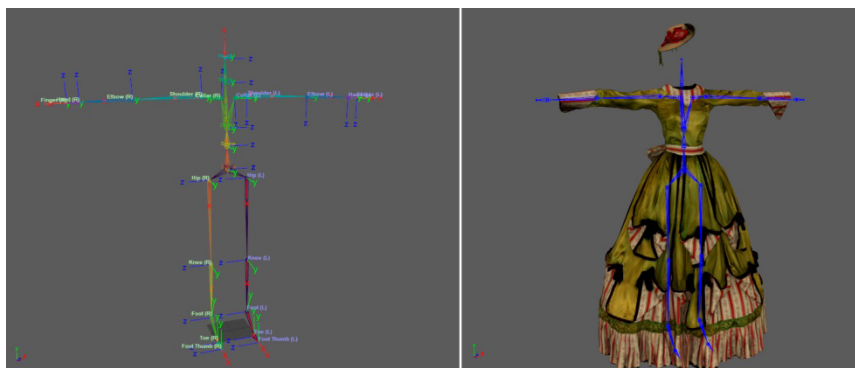


Figure 15 : Squelette et costume «riggué», ©Manon Fournié.

2. Le *skinning* : les zones d'influence de chaque joint sont peintes sur le modèle 3D en s'assurant que les déformations du maillage sont correctes. Cela permet d'obtenir un modèle déformable qui conserve son volume et assume les étirements de manière convaincante.
3. L'adjonction d'une hiérarchie de contrôleurs au niveau des joints, qui sont utiles à l'animation. Cette étape n'a pas été appliquée à ce projet BnF.
4. Les *blendshapes* : ils permettent d'animer des déformations fines sans avoir besoin d'appliquer des joints. Les *blendshapes* correctives sont des corrections des déformations inexactes causées par certains mouvements du squelette.

Cette étape préparatoire du modèle 3D a été la plus complexe car il a fallu faire correspondre le travail effectué par Digitage avec le travail du prestataire chargé du développement de la borne médiatique. A la fin du travail du *rigging*, le format exporté a été le format propriétaire .FBX (FilmBox)<sup>23</sup> répondant ainsi aux exigences du développement de l'application de la borne. Ce livrable était un modèle très allégé avec des compromis nécessaires à la qualité du rendu final au profit de la fluidité des mouvements en temps réel.

## 5. Partie III : Après la 3D

### Conservation et documentation du projet

Après le travail de réalisation et de livraison des modèles, restait la question de la conservation des données livrées dans le cadre de ce projet. La BnF a choisi de garder tous les éléments de la modélisation : les photographies sources pour la photogrammétrie (environ 2000 photos pour chaque costume), les trois livrables et les rapports détaillés. Au total, cela représentait plus d'1 To de données. Avec les lecteurs 3D et les logiciels propriétaires et/ou *open source*, cela crée un véritable écosystème 3D.

À ce jour, la conservation des projets 3D est un sujet encore en cours d'instruction à la BnF. Même si les modèles 3D déjà créés sont intégrés dans Gallica, leur conservation pérenne reste un sujet compliqué qui nécessite réflexion, expérimentation et maturité technologique. Grâce à ce premier projet sur les costumes des ASP piloté en interne, une documentation exhaustive a pu être produite, permettant de se repérer dans les différentes étapes d'une campagne de modélisation en 3D. La maîtrise du flux opérationnel aidera à se projeter sur de futurs projets.

### Diffusion du projet

Les versions animées des costumes peuvent être essayées grâce à la borne dédiée installée en salle Ovale (Fig.16 et 17). L'expérience de cette visualisation est très ludique et n'a pas pour objectif d'analyser le costume scientifiquement. Il est possible de consulter la version de diffusion des costumes dans Gallica Intramuros en suivant les notices du catalogue<sup>24</sup>. Cette visualisation et le jeu d'interactions avec la lumière offrent un regard complémentaire à celui des vues 2D de la couverture photographique classique en place à la BnF. Le modèle 3D présente une vue globale sur la même fenêtre d'ordinateur en regroupant toutes les informations et les détails du costume au même endroit.

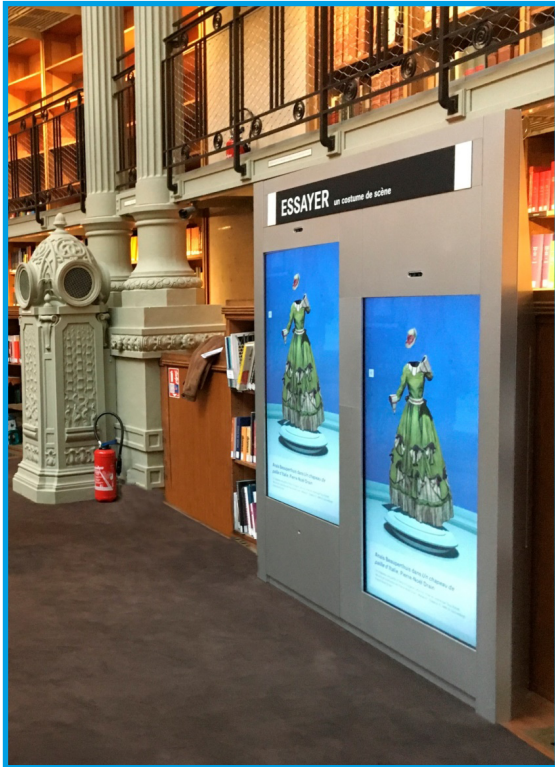


Figure 17 : BnF, Salle ovale, le costume animé dans la borne médiatique, ©Papadopoulou Paraskevi/BnF

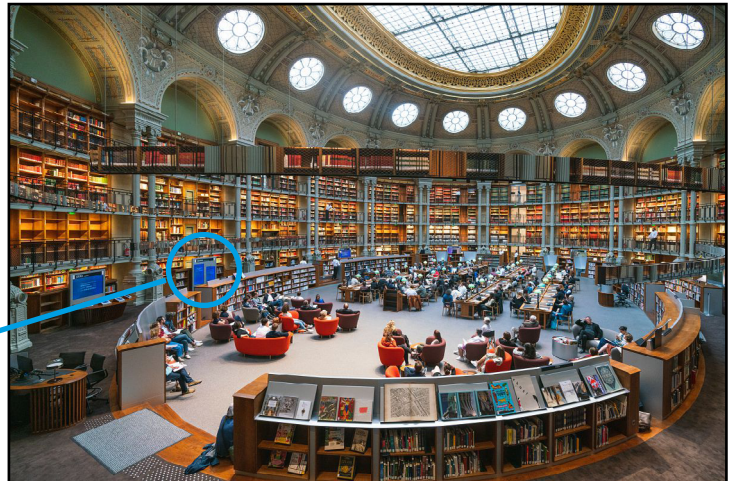


Figure 16 : BnF, Salle Ovale et son nouveau parcours médiatique ©Guillaume Murat / BnF

## 6. Conclusion

Un projet de modélisation 3D, comme tout projet de numérisation, présente la réalité de l'objet étudié à un instant donné de sa conservation. Il faut l'instruire, préparer l'objet et anticiper les besoins des différents livrables. Il est important d'avoir une visibilité sur toutes les phases du projet afin de documenter chaque intervention, depuis les prises de vues originales jusqu'à la correction de la géométrie et la projection des textures sur le modèle.

Avec ce projet de numérisation 3D de costumes, la BnF a souhaité éclairer la boîte noire d'une prestation de modélisation 3D afin de comprendre et de maîtriser les problématiques et les enjeux de cette technologie. Cela a mis en évidence les contraintes de la modélisation du tissu et les limites de diffusion en temps réel du modèle final. Les costumes de scène ont été des candidats exigeants et ont été source de beaucoup de défis techniques auxquels il a souvent fallu répondre avec une créativité innovante.

Le prochain défi pour la BnF se trouve dans les perspectives d'exploitation des données recueillies et la création d'un écosystème 3D interne qui puisse répondre aux exigences scientifiques, éducatives et muséales de l'établissement.

## Notes

1. En 1998, dans le don qui est constitué du fonds d'archives de la compagnie Charbonnier-Kayat figurent 189 maquettes de décor et de costumes de Pierre-Noël Drain pour sept spectacles mis en scène par Guy Kayat au Théâtre 71, dont une maquette du costume d'Anaïs Beauperthuis.
2. Nous remercions infiniment la famille de Pierre-Noël Drain pour leur aimable autorisation d'utilisation des images du costume pour illustrer cet article.
3. Le guide du ministère peut être téléchargé via ce lien : <file:///D:/BNF0018961/Downloads/Guide%20pour%20la%20r%C3%A9daction%20d'un%20cahier%20des%20ch%20arges%20de%20num%C3%A9risation%203D.pdf>
4. **Texture** : la texture en 3D inclut des informations détaillées sur les variations de couleur, de luminosité, de réflectance et de rugosité à la surface d'un objet. Ces informations sont souvent stockées sous forme de cartes de texture (maps) ou de textures 2D qui sont ensuite appliquées sur la géométrie 3D de l'objet pour lui donner une apparence réaliste.
5. **Polygone** : Une forme géométrique plane à plusieurs côtés, souvent utilisée pour construire des maillages 3D.
6. **Photogrammétrie** : Le processus de création de modèles 3D à partir de photographies en utilisant des techniques de triangulation pour déterminer les coordonnées 3D des points dans l'espace.
7. **Marché public à procédure adaptée**, procédure utilisée ici pour un projet de moins de 40 000 € HT.
8. **Scanner en lumière structurée** : Une technique de numérisation 3D qui implique la projection de motifs de lumière spécifiques sur un objet pour capturer sa géométrie en fonction de la déformation de ces motifs.
9. **Colorimétrie** : L'étude et la mesure des couleurs, notamment dans le contexte de la reproduction précise des couleurs dans les environnements numériques
10. **Mire de colorimétrie** : Une image standardisée utilisée pour calibrer et évaluer la précision des couleurs dans les systèmes d'imagerie.
11. **Nuage de points** : Un ensemble de coordonnées tridimensionnelles qui représentent les points caractéristiques d'une surface ou d'un objet numérisé.
12. **Maillage** : La structure constituée de polygones (généralement des triangles) qui définit la forme d'un objet 3D.
13. **Décimation** : La réduction du nombre de triangles dans un maillage 3D pour simplifier la géométrie tout en préservant l'apparence générale.
14. **Artefact** : Des anomalies ou des erreurs indésirables qui peuvent apparaître dans les données numérisées, souvent dues à des imperfections dans le processus de numérisation.
15. **Alignement** : Le processus de superposition et d'ajustement des différentes vues ou scans d'un objet pour créer une représentation cohérente en 3D.
16. Schreibman, S., Papadopoulos, C. Textuality in 3D: three-dimensional (re)constructions as digital scholarly editions. *Int J Digit Humanities* 1, 221–233 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42803-019-00024-6>
17. **UV mapping** : Le processus de projection et de configuration des coordonnées UV sur un modèle 3D afin d'appliquer correctement une texture.
18. **PBR (Physically Based Rendering)** : Une approche de rendu qui simule le comportement physique des matériaux pour obtenir des résultats visuellement réalistes.
19. **Map** : Dans le contexte 3D, une image utilisée pour définir différentes propriétés, comme la couleur, la rugosité, les détails de texture etc., d'un matériau.
20. **Specular** : Les reflets spéculaires représentent la lumière réfléchiée directement à partir d'une source lumineuse sur la surface d'un objet.
21. **Ambient Occlusion** : Une technique de rendu qui simule l'ombrage des zones que la lumière a du mal à atteindre, créant ainsi des zones plus sombres et plus réalistes.
22. **Rigging** : Le processus d'ajout de structures (comme des os) à un modèle 3D pour permettre son animation réaliste.

23. FBX : format propriétaire de scènes en 3D qui assure l'interopérabilité du contenu entre les logiciels de modélisation 3D.

#### 24. Liens vers les costumes

La fleur : <https://gallicaintramuros.bnf.fr/ark:/12148/btv1b100603856>

La péruvienne : <https://gallicaintramuros.bnf.fr/ark:/12148/btv1b100604520>

Coiffe Péruvienne : <https://gallicaintramuros.bnf.fr/ark:/12148/btv1b10060453f>

Vice Roi : <https://gallicaintramuros.bnf.fr/ark:/12148/btv1b10060505n>

Chapeau vice-roi : <https://gallicaintramuros.bnf.fr/ark:/12148/btv1b100605080>

Chapeau de paille : <https://gallicaintramuros.bnf.fr/ark:/12148/btv1b10060501v>

Accessoire : <https://gallicaintramuros.bnf.fr/ark:/12148/btv1b10060503r>

Boyard : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b10060510t>

Accessoire : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b100605118>

Lady Julliet : <https://gallicaintramuros.bnf.fr/ark:/12148/btv1b10060500d>

#### **Contact :**

PAPADOPOULOU Paraskevi : [paraskevi.papadopoulou@bnf.fr](mailto:paraskevi.papadopoulou@bnf.fr)

**Résumé :**

La popularisation des techniques de numérisation 3D offre de nouvelles possibilités d'étude et de médiation pour les collections patrimoniales. Cet article propose une vue d'ensemble d'un projet de numérisation 3D portant sur les costumes des collections de la Bibliothèque nationale de France (BnF), en décrivant les différentes étapes, de l'instruction à la diffusion des modèles 3D. Il aborde les questions fréquentes liées à la préparation d'un tel projet : quels objets numériser, comment les numériser et quels livrables demander. L'article présente également les défis rencontrés et les solutions adoptées par la BnF. Il ne prétend pas offrir une solution parfaite, mais invite plutôt à une discussion constructive entre les acteurs impliqués dans la modélisation 3D au sein des bibliothèques.

**Abstract :**

The spread of 3D scanning techniques is opening up new possibilities for the study and the mediation of heritage collections. This article provides an overview of a 3D scanning project focused on the costumes from the collections of the National Library of France (BnF), covering the entire process from planning to the dissemination of 3D models. It addresses common questions related to preparing a 3D digitisation project, such as what to scan, how to scan, and what deliverables to request. The article also presents the challenges encountered and the solutions implemented by the BnF. It does not claim to offer a perfect solution but rather invites discussion among stakeholders involved in 3D modeling within libraries.