

Université d'Aix-Marseille

Ecole doctorale 355 - Espaces, cultures, sociétés

Thèse présentée pour obtenir le grade de

Docteur en archéologie

Soutenue le vendredi 13 décembre 2013

Par Aurélie FAVRE-BRUN

**Architecture virtuelle et représentation de l'incertitude : analyse
des solutions de visualisation de la représentation 3D.**

**Application à l'église de la chartreuse de Villeneuve lez Avignon
(Gard) et à l'abbaye Saint-Michel de Cuxa (Pyrénées-Orientales).**

Directeur : Andreas HARTMANN-VIRNICH, Maître de conférences

UMR CNRS/Université de Provence 7298 LA3M

Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme (Aix-en-Provence)

Co-directeur : Michel FLORENZANO, Directeur de recherche

Laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC) - Ecole Nationale Supérieure

d'Architecture

184 avenue de Luminy - 13288 Marseille cedex 9

Membres du jury

M. Christian SAPIN

Rapporteur

M. Philippe VERON

Rapporteur

M. Alain GIRARD

Examineur

M. Andreas HARTMANN-VIRNICH

Directeur

M. Michel FLORENZANO

Co-directeur

Remerciements

L'achèvement de ce long travail de thèse est l'occasion de remercier un grand nombre de personnes.

Tout d'abord, mes deux directeurs de recherche : Andreas Hartmann-Virnich pour ses remarques et critiques constructives et pertinentes ; Michel Florenzano pour ses conseils avisés et son soutien depuis mon arrivée au laboratoire MAP en 2007.

Mes remerciements s'adressent ensuite à tous les « chartreux » et plus particulièrement Catherine Gilly-Corre et Pierre Marron pour leur aide dans mes recherches de documents et d'informations historiques, ainsi que François de Banes Gardonne, ancien directeur du CIRCA, pour son enthousiasme pour le programme « Chartreuse numérique ». J'adresse d'autres remerciements aux membres de l'association culturelle de Cuxa ainsi qu'aux archéologues, architectes et professionnels du numérique rencontrés lors des différents comités scientifiques et dans le cadre du projet *Genius Loci*.

Merci également à tous les membres passés et présents du laboratoire MAP, ami(e)s et collègues : Adeline, Alex, Céline, Chawee, Chiara, David, Eloi, Florian, Francesca, Iwona, Jean-Yves, Julie, Léo, Li, Livio, Mathieu, Mauro, Menehould, Michel B, Micheline, Nicolas MB, Nicolas N, Noémie, Nouha, Pascal, Valéria. Merci pour votre soutien, vos conseils, l'ambiance unique du labo et tous les très bons moments passés ensemble. Un remerciement spécial à Julie et Pascal pour leurs conseils informatiques et leur patience.

Mes plus grands remerciements vont ensuite à mes parents, ma sœur et ma famille pour leur soutien sans faille depuis le début de ma thèse et plus largement depuis le début de mon cursus. Merci de m'avoir fait confiance et de ne pas avoir écouté les avis de mes enseignants du secondaire !

Enfin, je remercie Camille de m'avoir soutenu et encouragé tout au long de ces derniers mois.

Résumé

La question de l'incertitude dans la représentation de l'architecture n'est pas nouvelle. Déjà, certaines figurations anciennes montraient des différences dans le traitement visuel des structures existantes et des éléments disparus ou non visibles. Depuis les années 1990, l'émergence des outils numériques et l'utilisation de la 3D en archéologie du bâti ont offert aux archéologues de nouvelles possibilités de représentation de l'incertitude. Les modèles 3D, utilisés avant tout comme des outils de recherche et de réflexion, peuvent également servir de supports de communication des connaissances. Mais les restitutions tridimensionnelles n'expriment pas toujours l'authenticité historique. C'est dans ce contexte que des règles ont été écrites, fondées sur la transparence et la traçabilité du processus d'étude et de construction de la représentation tridimensionnelle. Les recherches dans le domaine de la représentation de l'incertitude ont porté sur les modalités d'expression et de perception de l'incertitude avec, notamment, le développement de dispositifs capables de traduire l'état des connaissances. Qu'il s'agisse de systèmes d'informations liant représentations 3D et sources documentaires ou de l'application de variables visuelles aux représentations, les diverses propositions apportent des réponses que ce travail de thèse a cherché à étudier. L'état de la recherche sur la définition de la notion d'incertitude et ses modes de représentation a permis d'expérimenter certaines approches à deux terrains d'étude : la chartreuse de Villeneuve lez Avignon (Gard) et l'abbaye bénédictine Saint-Michel de Cuxa (Pyrénées-Orientales). A partir des sources documentaires, études archéologiques et relevés numériques de terrain, des modèles 3D des états actuels et d'états antérieurs ont été construits, traduisant les connaissances actuelles. Nos recherches nous ont poussées à nous interroger sur les incertitudes de ces informations et sur les moyens de les visualiser.

Les approches et méthodologies mises en place dans cette thèse soulignent le caractère pluridisciplinaire du travail, mêlant connaissances archéologiques et exploitation des instruments numériques pour l'acquisition, le traitement et la visualisation des données en 3D.

Mots-clés : représentation de l'architecture, modèle 3D numérique, archéologie du bâti, visualisation des connaissances, incertitude

Abstract

“Virtual architecture and uncertainty: analysis of solutions of the 3D visualization. Application to the church of the Charterhouse of Villeneuve lez Avignon (Gard, France) and the abbey of Saint-Michel-de-Cuxa (Pyrénées-Orientales, France).”

The item of uncertainty into the architecture representation is not new. The ancient figurations already showed differences in visual processing between existing structures and missing or not visible elements. Since the 1990's, the emergence of digital tools and the use of 3D in virtual archaeology have offered to the archaeologists new possibilities to represent the uncertainty. The 3D digital models, used as research and thinking tools, can be used as supports of knowledge communication. But the 3D restitution is not always express the historical authenticity. This is in this context that rules were written, based on the transparency and the traceability of the process of study and the construction the three-dimensional representation. Researches in the domain of the uncertainty representation have concerned the modalities of expression and perception of the uncertainty with, especially, the development of devices able to translate the state of the knowledge. Whether information systems linking 3D representations and documentary sources or application of visual variables, the different propositions on the definition of uncertainty and its representation modes allowed to experiment some of these approaches to two study cases: the charterhouse of Villeneuve lez Avignon (Gard, France) and the benedictin abbey of Saint-Michel-de-Cuxa (Pyrénées-Orientales, France). From the documentary sources, archaeological studies and digital data, 3D models of the current and past states have been built, representing the current knowledge. But our researches led us to think about the uncertainties of those information and on ways to visualize them.

The approaches and methodologies produced in this thesis underline the multidisciplinary of the work, mixing archaeological knowledge and the exploitation of the digital instruments for the acquisition, the treatment and the visualization of data in 3D.

Keywords: representation of architecture, 3D digital mock-up, “built archaeology”, knowledge visualization, uncertainty

Table des matières

Remerciements	3
Résumé	4
Table des matières	6
Introduction	10
<i>Contexte</i>	<i>10</i>
<i>Objectifs</i>	<i>11</i>
<i>Limites.....</i>	<i>11</i>
<i>Terrains d'étude.....</i>	<i>12</i>
<i>Structure du document.....</i>	<i>13</i>
Partie I Formes d'expression de l'incertitude à travers l'histoire de la représentation de l'architecture.....	15
<i>I. Représenter pour exprimer.....</i>	<i>16</i>
I.1. Définitions et typologie de l'incertitude.....	16
I.1.a. Terminologies	16
I.1.b. Classifications de l'incertitude.....	19
I.2. Perception de la représentation et représentation de l'incertitude	24
I.2.a. Perception de la représentation	24
I.2.b. Entre réalisme et réalité.....	27
I.2.c. Exprimer ou non l'incertitude ?	31
<i>II. Modes d'expression de l'incertitude dans la représentation de l'architecture.....</i>	<i>35</i>
II.1 Représentation par l'expression verbale : crédibilité des sources écrites et orales	35
II.2. Représentation de l'architecture par le dessin.....	37
II.3. Représentation 3D réelle.....	42
<i>III. L'usage des techniques numériques en archéologie du bâti.....</i>	<i>44</i>
III.1. Archéologie virtuelle	45
III.1.a. Essor de l'archéologie virtuelle	45
III.1.b. La 3D, un outil d'investigation.....	48
III.2. Processus de construction d'un objet archéologique en 3D.....	50

III.2.a. Collecte des données	53
III.2.b. Interprétation et représentation.....	58
III.2.c. Visualisation des connaissances	66
<i>Conclusion</i>	79
Partie II Incertitude de la représentation 3D de l'architecture : application des approches à la chartreuse du Val-de-Bénédiction de Villeneuve lez Avignon.....	81
<i>I. Historique du monument</i>	82
I.1. Historique général	83
I.2. Etudes archéologiques et numériques	86
<i>II. Terrain d'étude privilégié : l'église conventuelle</i>	88
II.1. Phase 1 (1358) – chœur des pères, sanctuaire.....	89
II.2. Phase 2 (1360-1361) – chapelle de la Trinité.....	93
II.3. Phase 3 (1363-1365) – chapelle Saint-Bruno/Saint-Michel.....	94
II.4. Phase 4 (1372) – chœur des frères	96
II.5. Phase 5 (1375 environ) – chapelle de l'Annonciation, chapelle des frères.....	98
II.6. Phase 6 (XVI ^e siècle) – « Jubé »	99
II.7. Phase 7 (1625-1685 environ) – Porche occidental.....	102
II.8. Phase 8 (XVIII ^e siècle) – phase d'embellissement	103
<i>III. Analyses du processus de construction du modèle 3D hypothétique de l'église du XVIII^e siècle</i>	107
III.1. Reconstruction 3D de l'état actuel.....	108
III.2. Restitution hypothétique de l'église au XVIII ^e siècle.....	114
III.3. Calcul de la fiabilité du modèle 3D	123
<i>Conclusion</i>	128
Partie III Proposition d'un protocole de documentation et de visualisation de l'incertitude de la représentation 3D	129
<i>I. Pour une évaluation des sources d'information</i>	130
I.1. Traduction tridimensionnelle d'informations archéologiques.....	130
I.2. Granularité de l'incertitude	132
I.3. Evaluation de l'incertitude de la représentation 3D	133
I.4. Traduction graphique de l'incertitude	137
I.4.1. Visualisation de l'incertitude de la fiabilité du modèle 3D : « graphe objet ».....	137
I.4.2. Codification visuelle de l'incertitude de la représentation 3D.....	140

<i>II. Implémentation informatique d'un outil pour la documentation et la visualisation de l'incertitude</i>	146
II.1. Plateforme NUBES : système d'informations pour le patrimoine bâti	147
II.1.1. Application NUBES Visum pour l'analyse du patrimoine architectural	147
II.1.2. Dialogues entre les modules de l'application	148
II.2. Intégration d'un outil pour documenter et visualiser l'incertitude	149
II.2.1. Insertion de sources documentaires dans la base de données	150
II.2.2. Documentation et visualisation de l'incertitude	152
II.3. Recherche et consultation des données	153
II.3.1. Formulation de requêtes à partir de l'interface PHP	154
II.3.2. Consultation des sources à partir du « graphe objet »	155
II.3.3. Recherche à partir de la scène 3D	156
<i>Conclusion</i>	157
Partie IV Conclusion et perspectives de recherche	159
<i>Conclusion</i>	160
<i>Perspectives de recherche</i>	162
Bibliographie thématique	164
Chartreuse de Villeneuve lez Avignon (Gard), église	177
Sources iconographiques	177
Sources textuelles	178
Références bibliographiques	180
Abbaye Saint-Michel de Cuxa (Pyrénées-Orientales)	184
Sources iconographiques	184
Références bibliographiques	185
Publications	189
Table des figures	191
Table des tableaux	204
Annexes	205
<i>Annexe 1 – Quelques définitions des types d'incertitude</i>	206
<i>Annexe 2 – Thésaurus sur l'incertitude et l'incomplétude</i>	209
<i>Annexe 3 – Description de l'église de la chartreuse par l'abbé Soumille</i>	211

<i>Annexe 4 - Extrait des Comptes de la chartreuse</i>	<i>214</i>
<i>Annexe 5 – Description de l’église de la chartreuse dans l’inventaire révolutionnaire, dressé le 8 janvier 1791</i>	<i>215</i>
<i>Annexe 6 – Localisation des peintures dans l’église au XVIII^e siècle</i>	<i>218</i>
<i>Annexe 7 – Description du mobilier liturgique de l’église de la chartreuse à travers les sources documentaires</i>	<i>226</i>
<i>Annexe 8 – Abbaye Saint-Michel de Cuxa : projet « Abad Oliba »</i>	<i>273</i>
<i>I. Historique du monument</i>	<i>273</i>
<i>II. Projet « Abad Oliba » : restitution hypothétique des trois premiers siècles d’existence de l’abbaye</i>	<i>278</i>
II.1. Reconstruction géométrique de l’état actuel de l’abbaye	278
II.2. Restitution des états antérieurs. Cas d’étude : le cloître	282
<i>Annexe 9 – Application des compétences au programme 2013 du plan de numérisation</i>	<i>292</i>

Introduction

Contexte

La question de l'incertitude dans la représentation de l'architecture n'est pas nouvelle. Déjà, certaines figurations anciennes montraient des différences dans le traitement visuel des structures existantes et des éléments disparus ou non visibles. Depuis les années 1990, l'émergence des outils numériques et l'utilisation de la 3D en archéologie du bâti ont offert aux archéologues de nouvelles possibilités de représentation de l'incertitude. Les modèles 3D, utilisés avant tout comme des outils de recherche et de réflexion, peuvent également servir de supports de communication des connaissances. Mais les restitutions tridimensionnelles n'expriment pas toujours l'authenticité historique. C'est dans ce contexte que des règles ont été écrites, fondées sur la transparence et la traçabilité du processus d'étude et de construction de la représentation tridimensionnelle. Les recherches dans le domaine de la représentation de l'incertitude ont porté sur les modalités d'expression et de perception de l'incertitude avec, notamment, le développement de dispositifs capables de traduire l'état des connaissances. Qu'il s'agisse de systèmes d'informations liant représentations 3D et sources documentaires ou de l'application de variables visuelles aux représentations, les diverses propositions apportent des réponses que ce travail de thèse a cherché à étudier.

L'état de la recherche sur la définition de la notion d'incertitude et ses modes de représentation a permis d'expérimenter certaines approches à deux terrains d'étude : la chartreuse de Villeneuve lez Avignon (Gard) et l'abbaye bénédictine Saint-Michel de Cuxa (Pyrénées-Orientales). A partir des sources documentaires, études archéologiques et relevés numériques de terrain, des modèles 3D des états actuels et d'états antérieurs ont été construits, traduisant les connaissances actuelles. Mais nos recherches nous ont poussées à nous interroger sur les incertitudes de ces informations et sur les moyens de les visualiser.

Les approches et méthodologies mises en place dans cette thèse soulignent le caractère pluridisciplinaire du travail, mêlant connaissances archéologiques et exploitation des instruments numériques pour l'acquisition, le traitement et la visualisation des données en 3D.

Objectifs

Le double objectif de ce travail de thèse est de s'interroger sur la notion d'incertitude dans un contexte d'étude archéologique et sur les moyens de la représenter dans un modèle 3D numérique. L'incertitude des informations transmises par les vestiges et les sources documentaires porte sur des points précis qui permettent de décrire et de comprendre l'objet architectural : sa localisation sur une échelle temporelle, son contexte géographique, sa fonction, les techniques de construction, ses cycles de vie (transformations, destruction, changement de fonction), ses dimensions, son apparence visuelle (matériaux et couleurs). La représentation tridimensionnelle de ces informations implique de définir une méthodologie rigoureuse partant de la collecte des données sur le terrain jusqu'à la visualisation des résultats des analyses en passant par les phases de traitement et de transformation des données. Mais le processus d'étude est emprunt d'incertitudes inhérentes aux informations (lacunes, données imprécises, approximatives, oubli volontaire, déformation du discours) ou produites par un certain nombre de facteurs issus du processus lui-même (inaccessibilité de l'objet, compétences des utilisateurs) et des moyens utilisés (dysfonctionnement du matériel, obsolescence programmée des outils).

Le second objectif cherche donc à rendre compte de l'ensemble de ces incertitudes fondé sur le passage en revue des approches pluridisciplinaires, portant sur l'évaluation des données, leurs représentations et les systèmes de visualisation. Les conclusions de ces approches ont permis de proposer la mise en place de dispositifs visuels intégrés à la représentation 3D chargés d'exprimer l'état des connaissances.

Limites

Les deux principales limites découlent de la problématique. Du point de vue du sens même du terme « incertitude », la notion se décline en de multiples significations et nuances. Malgré les essais de classifications et les séminaires pluridisciplinaires organisés autour de cette thématique, l'utilisation de synonymes et terminologies qui se rapportent à l'incertitude sont bien souvent mal utilisés et donc mal compris.

L'autre limite concerne le raisonnement archéologique qui cherche à réduire au maximum le champ des possibles. Toutefois, il subsistera toujours une part d'incertitude qui doit être admise et intégrée à la représentation, traduction de l'état des connaissances le plus complet

possible. En ce sens, les systèmes de visualisation de l'incertitude doivent être utilisés comme une aide pour mieux cibler les connaissances mais également mieux orienter les recherches vers les faiblesses de l'étude.

Terrains d'étude

L'approche a été faite sur un ensemble d'objets appartenant à deux monuments historiques, étudiés dans le cadre de deux programmes de recherche. La **chartreuse de Villeneuve lez Avignon**¹ et l'**abbaye Saint-Michel de Cuxa**² sont deux anciens établissements religieux fondés, pour le premier, en 1356 par le cardinal Etienne Aubert, élu pape Innocent VI en 1362, et, pour le second, consacré le 30 septembre 974 sous l'abbatit de Garin. Au-delà de leurs points communs - une occupation discontinue jusqu'à la Révolution française, leur vente comme biens nationaux et l'intérêt des scientifiques des XIX^e et XX^e siècles pour les vestiges -, les deux monuments sont des sites exceptionnels.

Le programme de recherche « chartreuse numérique », débuté en 2008, vise à créer un système d'informations contenant une archive numérique du monument ainsi que la documentation historique. Il comporte notamment une étude du décor de l'église conventuelle, projet pour lequel j'ai participé aux campagnes de relevés numériques, puis à la reconstruction tridimensionnelle de l'état actuel. Mon analyse des sources historiques a permis de construire le modèle 3D de l'église et son ameublement au XVIII^e siècle, validé par Jean-Louis Vayssettes, archéologue, et Alain Girard, historien de l'art, directeur et conservateur en chef du patrimoine du Gard. Le rôle de l'association qui gère le site de la Chartreuse à communiquer les résultats de travaux scientifiques s'est achevé avec l'adaptation du modèle 3D à un dispositif tactile³ mis à la disposition du public dans l'église depuis juin 2012.

Le projet « Abad Oliba »⁴, réalisé entre 2009 et 2011, avait pour objectif de valoriser les sites catalans de France et d'Espagne par lesquels est passé l'abbé Oliba au XI^e siècle. L'abbaye

¹ Site internet de la Chartreuse de Villeneuve lez Avignon : <http://chartreuse.org/> (site consulté le 15 juillet 2012).

² Site internet de l'association culturelle de Cuxa : <http://www.cuxa.org/> (site consulté le 23 octobre 2012).

³ L'entreprise Alyen était chargée de développer l'application tactile : <http://www.alyen.com/> (site consulté le 15 septembre 2013).

⁴ Projet « Abad Oliba » : <http://www.cuxa.org/oliba.html> (page consultée le 15 septembre 2013).

Saint-Michel de Cuxa, monument majeur du christianisme occidental, est exceptionnelle en raison de son architecture singulière qui témoigne du passage de la période préromane à celle du roman méridional. Elle bénéficie d'une réputation internationale due notamment à l'organisation annuelle des « journées romanes » au cours desquelles des conférenciers exposent leurs travaux de recherche sur l'abbaye et plus généralement sur le premier art roman et le Moyen-âge. Le projet européen « Abad Oliba » a réuni un comité de recherche pluridisciplinaire composé d'Olivier Poisson, conservateur général du patrimoine, d'Andreas Hartmann-Virnich et Christian Sapin, archéologues, d'Aymat Catafau et Géraldine Mallet, historiens, de Michel Berthelot et Micheline Kurdy, architectes, de Léonard Gugi, infographiste, et du père Daniel Codina. Mes missions ont été, outre les recherches documentaires, de réaliser, sur le terrain, une campagne de prises de vues photographiques parallèles en vue du texturage photo-réaliste de l'abbaye. Dans un second temps, j'ai participé au travail de construction du modèle 3D de l'abbaye actuelle puis ses restitutions, en me concentrant essentiellement sur le cloître.

Les réflexions poursuivies au cours de ces projets ont fait émerger la question de la fiabilité des sources documentaires et par là-même, la fiabilité des modèles 3D numériques. En abordant l'histoire de la représentation de l'architecture et les modes d'expression de l'incertitude, je me suis interrogée sur les apports des techniques numériques pour la visualisation de l'incertitude de la représentation d'objets architecturaux.

Structure du document

Le manuscrit se compose de trois parties.

La première partie dresse un état de la recherche sur l'incertitude et ses modes de représentation. Elle se divise en deux sous-parties. La première porte sur la signification de la notion d'incertitude, avec la description de plusieurs classifications et elle met en lumière la multiplicité des terminologies qui s'y rapportent. Elle est suivie d'une description des modes de représentation et de perception des connaissances architecturales. La deuxième sous-partie présente l'apport de l'informatique à l'archéologie depuis les années 1970, avec la prise de conscience de la nécessité de communiquer l'état des connaissances. Nous expliquerons ensuite les étapes du processus de modélisation – de la collecte des données à la visualisation des connaissances - qui mettent en œuvre une large gamme d'outils et de techniques en soulignant les incertitudes qui les caractérisent.

La seconde partie traite de l'analyse de ces approches appliquées à l'église de la chartreuse de Villeneuve lez Avignon, notre terrain d'étude principal. L'identification des incertitudes propres à l'évolution architecturale de cet édifice nous a conduit à tester une méthode d'évaluation de la fiabilité du modèle 3D produit à partir de l'analyse des sources documentaires.

La troisième partie expose enfin notre proposition de développement de deux dispositifs graphiques et visuels destinés à expliciter les niveaux d'incertitude des sources documentaires. Elle est suivie de la présentation d'un protocole de documentation et de visualisation de l'incertitude intégré dans un système d'informations.

Enfin, après avoir dressé un bilan de nos réflexions et ouvert quelques perspectives de recherches, nous avons souhaité présenté, dans les annexes, les définitions et synonymes les plus courants de l'incertitude. Puis, les trois principales sources documentaires sur lesquelles est fondée l'anastylose virtuelle de l'église, suivies d'une présentation des peintures et objets d'ameublement de cet édifice. Ensuite, nous présentons une synthèse des travaux effectués sur l'abbaye Saint-Michel de Cuxa dans le cadre du projet « Abad Oliba ». Enfin, la présentation succincte du projet 2013 du plan de numérisation du Ministère de la Culture et de la Communication est l'occasion de souligner la mise en pratique de mes compétences au service du développement d'un dispositif de médiation destiné aux publics visiteurs et scientifiques de la chartreuse de Villeneuve les Avignon.

Partie I

Formes d'expression de l'incertitude à travers l'histoire de la représentation de l'architecture

Au sens étymologique, le terme *représentation* définit « l'action de mettre devant les yeux ou devant l'esprit de quelqu'un » (Le Petit Robert 2011). Il s'agit de rendre sensible et présent une chose abstraite ou absente en utilisant un ensemble de codes (image, figure, signe, langage, geste, son) qui, lorsqu'ils sont décodés, fournissent des données et, par extension, des informations⁵ (FROCHOT 2003). Deux formes verbales renvoient à la notion de représentation : *se représenter* qui évoque l'image mentale et *représenter* qui implique un acte réel. Les facultés de perception de l'Homme ainsi que ses compétences lui permettent de *se représenter* la réalité du monde qui l'entoure mais également de *représenter* ce qu'il a appris sur son environnement. Nous représentons pour exprimer une idée, une chose réelle ou imaginaire. Mais comment devons-nous procéder lorsqu'il s'agit d'exprimer l'incertain ? Nous introduisons ce discours par une approche sur la notion d'incertitude et ses multiples significations. Puis, nous traiterons de la question de la représentation de l'architecture en examinant les différents modes d'expression à travers les types de représentations et en orientant la réflexion sur la représentation de l'incertitude.

I. Représenter pour exprimer

I.1. Définitions et typologie de l'incertitude

I.1.a. Terminologies

Le concept d'incertitude possède un champ sémantique très large (fig.1) pour lequel aucun consensus sur ses multiples significations n'a pu être trouvé. Les terminologies utilisées pour exprimer l'incertitude sont vagues et aussi nombreuses que les disciplines qui l'étudient ou les modes de perception.

⁵ L'information est un « élément de connaissance susceptible d'être représenté à l'aide de conventions pour être conservé, traité ou communiqué » (Définition du Journal Officiel du 28 octobre 1980).

L'usage de nombreux synonymes révèle le « caractère multi-facettes » de l'incertitude (DUNGAN, GAO, PANG 2002 : 1) et souligne sa nature objective ou subjective, quantifiable ou non, et réductible ou irréductible (THOOMU 2010 : 7).

- « L'**imprécision** induit l'incertitude mais la nature de cette incertitude et sa quantification dépendra du type d'imprécision » (traduit de (SMETS 1996),
- L'incertitude est un des six facteurs de l'**imperfection** des connaissances (GERSHON 1998 : 43, fig.1) (fig.2).
-

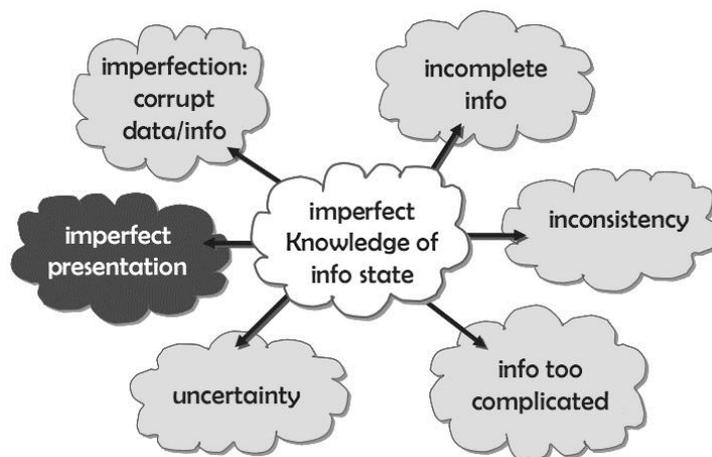


Figure 2 : Taxonomie des causes de la connaissance imparfaite de l'information (GERSHON 1998 : 43, fig.1).

- L'incertitude renvoie aux **lacunes** responsables de l'hésitation à accepter des résultats (HUNTER, GOODCHILD 1995, 2) tout en étant une propriété de la relation entre l'information et nos connaissances sur le monde (SMETS 1996 : 2).
- L'incertitude est rattachée à quatre notions (GOODCHILD, BUTTENFIELD, WOOD 1994) :
 - l'**exactitude**, c'est-à-dire la différence entre la valeur donnée et sa valeur modulée ou simulée,
 - la **validité** qui englobe l'exactitude des données et les procédures appliquées aux données,
 - la **qualité** qui considère la validité et la traçabilité des données mesurées selon les trois paramètres de mesure statistique des données, l'application ou la résolution du modèle et l'objectif d'analyse ou de communication,
 - le **bruit**, autrement dit une erreur aléatoire non corrélée et indépendante générée par des phénomènes de fond.

- L'incertitude peut être due à un **manque** de connaissances, de communication et de compétences, à la **variabilité** des données, au caractère **imprévisible** et au **hasard** des variables, à l'impact de l'environnement extérieur, à l'**imprécision** des mesures, à l'**ambiguïté** des résultats, à l'**inquiétude** introduite par des techniques approximatives (THOOMU 2010 : 4-6).
- Le terme de **faute**, utilisé pour exprimer une méprise, la maladresse ou la négligence de l'opérateur, est distinct du terme **erreur** synonyme d'inexactitude inévitable découlant de l'imperfection de la vision humaine et de celle des instruments ou des méthodes utilisés (SAINT-AUBIN 1992 : 41).
- Le terme de **fiabilité** est défini comme « le caractère de quelqu'un ou de quelque chose de fiable » mais également comme « la probabilité qu'une pièce primaire, un dispositif ou un équipement complet soit utilisé sans défaillance pendant une période de temps déterminée, dans des conditions opérationnelles spécifiées. » (Larousse 2013). Au sens où l'utilise Sorin Hermon (HERMON, NIKODEM, PERLINGIERI 2006), la fiabilité exprime la notion de **confiance** accordée au modèle 3D construit.

Les nuances recensées à travers la littérature expriment la confusion générale lorsqu'il s'agit de qualifier l'incertitude, souvent confondues avec les sources et les types d'incertitude.

1.1.b. Classifications de l'incertitude

Il existe plusieurs classifications de l'incertitude. La première répartit neuf types d'incertitude en trois catégories relatives à la qualité de l'information, à sa cohérence et à son objectivité (tableau 1) (THOMSON et al. 2005 : tableau 3).

	Catégories - Définitions	Sous-catégories	Exemples
Q U A L I T É	Exactitude/erreur Différence entre l'observation et la réalité	<ul style="list-style-type: none"> ○ Exactitude de la collecte ○ Erreurs de traitement ○ Tromperie 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Erreurs de traduction d'une langue à une autre
	Précision Exactitude de la mesure	<ul style="list-style-type: none"> ○ Précision de la collecte 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Densité du nuage de points
	Exhaustivité Niveau de complétude de l'information	<ul style="list-style-type: none"> ○ Exhaustivité composite ○ Exhaustivité des informations ○ Séquence incomplète 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Images d'un site inexploitable du fait de mauvaises conditions météo ○ Mauvaise compréhension des mots ○ Lacunes
C O H É R E N C E	Cohérence Concordance entre les composants de l'information	<ul style="list-style-type: none"> ○ Conflits ○ Modèle/observation ○ Cohérence 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sources multiples conflictuelles ○ Modèles d'événements peuvent différer des observations
	Lignage Conduit à travers lequel est passée l'information	<ul style="list-style-type: none"> ○ Traduction ○ Transformation ○ Interprétation 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Traduction automatique plus incertaine qu'une traduction par un linguiste humain ○ Info en provenance directe des sources a une lignée différente d'une interprétation produite par un analyste
	Actualité Lacunes temporelles entre l'apparition de l'information, sa collecte et son utilisation	<ul style="list-style-type: none"> ○ Lacunes temporelles ○ Versions 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Images d'objets nouveaux non montrés quand le premier objet est apparu ○ Temps entre l'apparition du fait, son signalement et sa disponibilité auprès des archéologues ○ Versions multiples de rapports, avec parfois d'importants changements
O B J E C T I V I T É	Crédibilité Fiabilité des sources	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fiabilité ○ Proximité ○ Justesse ○ Motivation de la source 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Désinformation volontaire ○ Source non expertisée ○ Source de seconde main
	Subjectivité Niveau d'interprétation ou de jugement	<ul style="list-style-type: none"> ○ Jugement analytique 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Niveau d'interprétation par rapport aux faits purs
	Corrélation/dépendance Indépendance de la source par rapport à d'autres informations	<ul style="list-style-type: none"> ○ Indépendance de la source 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Probabilité que la source soit issue d'autres informations communiquées (telles que des histoires rapportées)

Tableau 1 : Typologie de l'incertitude (traduit de (THOMSON et al. 2005 : tableau 3)

A la différence de ce tableau qui répartit les types d'incertitude en catégories, le classement de Skeels hiérarchise l'incertitude de l'information (SKEELS et al. 2009 : fig.2-3). La classification, établie à l'issue d'une enquête pluridisciplinaire réunissant 18 disciplines scientifiques, compte trois niveaux d'incertitude et deux catégories transversales (fig.3) :

- Le niveau 1 concerne la précision de la mesure : il correspond à un faible niveau d'incertitude,
- Le niveau 2 (incertitude moyenne) est caractérisé par l'exhaustivité de l'information (valeurs manquantes, échantillonnage, agrégation/résumé). Il englobe trois sous-niveaux qui définissent le degré d'accessibilité des informations :
 - informations connues (celles dont on dispose),
 - informations inconnues (celles dont on connaît l'existence mais dont on ne dispose pas),
 - informations inconnues non-identifiées (celles dont on ignore l'existence),
- Le niveau 3 correspond à une incertitude élevée issue des déductions produites par les prédictions, la modélisation, la description de faits passés et l'extrapolation,
- Enfin, l'axe transversal concerne les notions de désaccord et de crédibilité.

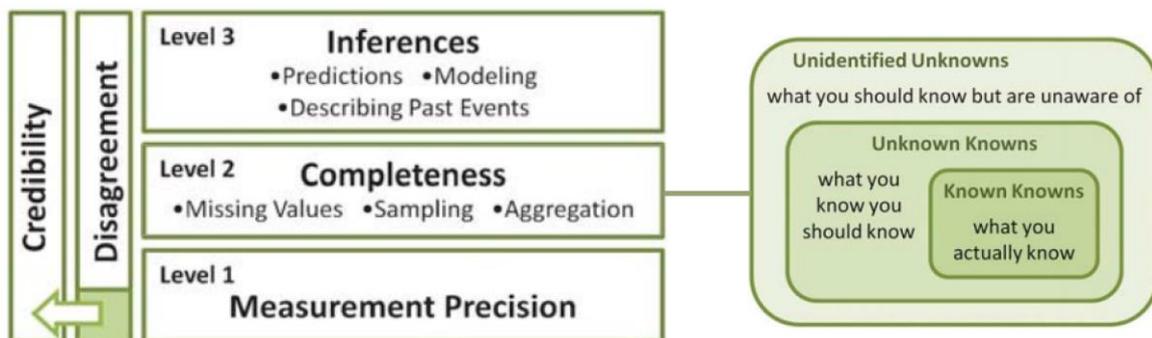


Figure 3 : Classification de l'incertitude par niveaux (SKEELS et al. 2009 : fig.2-3).

Bien que cette classification hiérarchise l'incertitude par niveaux et qu'elle prenne en compte le degré d'accessibilité des sources, elle reste discutable. Elle place, en effet, la précision métrique au premier niveau, autrement dit comme l'élément le plus sûr. Ce point se retrouve également dans les autres classifications qui proposent de hiérarchiser les données archéologiques et les types de raisonnement (fig.4) (STROTHOTTE, MASUCH, ISENBERG 1999 : 38, tableau 1), (GOLVIN 2003 : 40), (HERMON, NIKODEM, PERLINGIERI 2006 : 125), (VERGNIEUX 2009 : 41, fig.4), (STEFANI 2010 : 116).

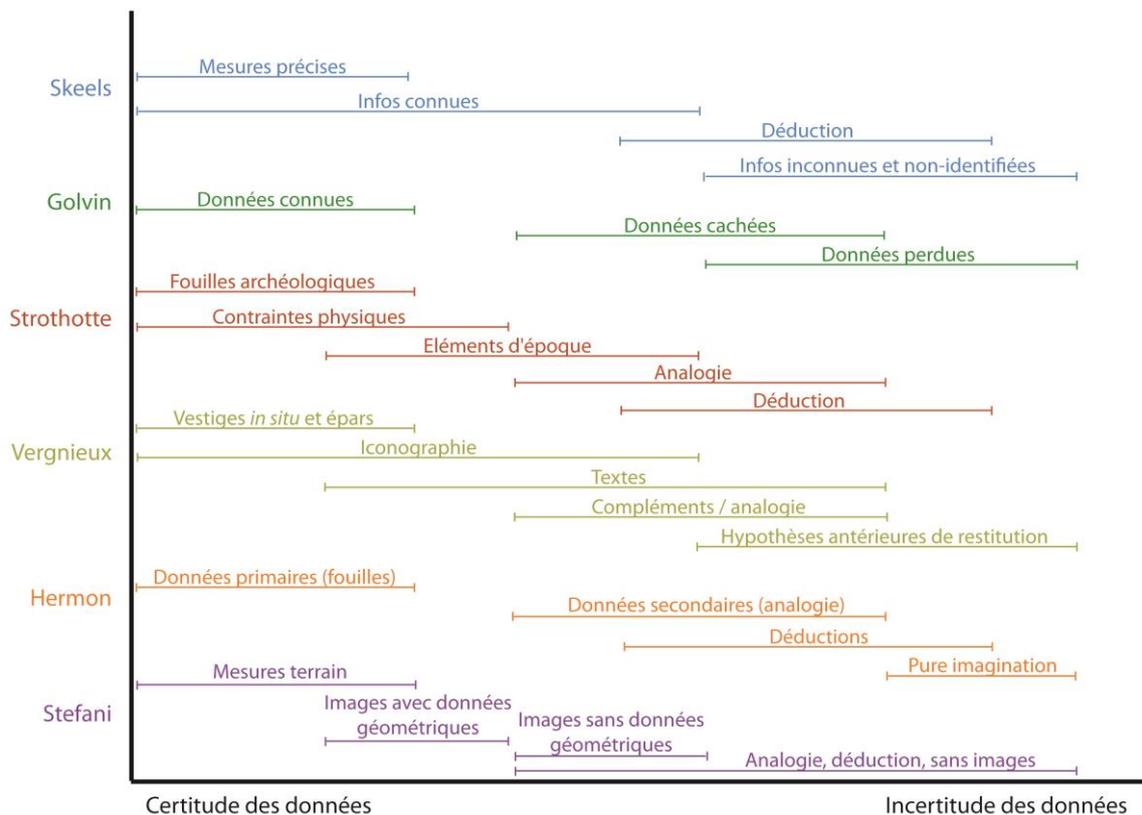


Figure 4 : Graphique comparatif des classifications de l'incertitude en fonction des types de données et du raisonnement archéologique suivi.

La plupart des classifications considère que les vestiges archéologiques *in situ* ou épars sont les données les plus certaines en raison de leur existence matérielle et de la réalité métrique du terrain. Cet aspect est renforcé par l'usage d'instruments de pointe qui permet de créer des modèles numériques dont la géométrie est conforme à la réalité. A un niveau inférieur, se situent les attestations iconographiques et les éléments d'époque, c'est-à-dire les conclusions basées sur la connaissance des techniques de l'époque (STROTHOTTE, MASUCH, ISENBURG 1999 : 38, tableau 1), qui fournissent des données sur l'apparence visuelle et morphologique de l'architecture ainsi que sur son environnement. Après quoi, se trouvent les analyses analogiques et déductives réalisées pour confirmer les résultats ou pallier le manque de données. Enfin, au rang le plus bas, se positionne la pure imagination, induite dans les autres approches mais clairement mentionnée chez Hermon (HERMON, NIKODEM, PERLINGIERI 2006 : 125).

La comparaison entre ces classifications souligne l'absence de plusieurs points en rapport avec la variation de la fiabilité des données. Le classement de Vergnieux ne précise pas si les sources iconographiques disposent d'informations métriques, auquel cas la restitution est imprécise d'un point de vue métrique mais sans pour autant être inexacte sur le plan

proportionnel ou morphologique. Un constat similaire apparaît pour les sources textuelles dont le degré d'incertitude peut considérablement varier en fonction du type de texte, de la langue dans laquelle il est écrit, de la crédibilité de l'auteur ou encore de l'objectif du récit. Enfin, pas un seul de ces classements ne considère les sources orales dont le degré de fiabilité peut également être très variable en fonction de divers facteurs que nous développerons plus tard.

A travers ces classifications, nous avons vu que l'incertitude pouvait être hiérarchisée de plusieurs manières, selon le type d'incertitude, le type de données ou les modalités de traitement des données. Mais les classements peuvent être totalement bouleversés par un certain nombre de facteurs contenus au sein même des sources, ou pouvant intervenir à tout moment du raisonnement et générer des incertitudes supplémentaires (tableau 2).

Facteurs d'incertitude		Exemples
Humains	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compétences professionnelles ▪ Connaissances personnelles ▪ Situation personnelle ▪ Aptitude rédactionnelle ▪ Evolutions de langage ▪ Volonté de déformer le discours 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réglage du matériel ▪ Connaissances des langues étrangères, en paléographie ▪ Fatigue, stress
Techniques	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Imprécision admise du matériel ▪ Dysfonctionnement, défaillance ▪ Etat du matériel ▪ Obsolescence des outils et étalons de mesure 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Précision à 100% impossible ▪ Site internet en maintenance, problème d'autonomie, coupures électriques ▪ Graduations effacées d'une règle
Extérieurs	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inaccessibilité géographique, encombrement visuel ▪ Conditions climatiques ▪ Dégradation dans le temps ▪ Méconnaissance de données existantes, ignorance de l'existence de données (SKEELS et al. 2009) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parties hautes invisibles, présence d'éléments dans le champ de vision (arbres, mobilier urbain, échafaudage, personnes) ▪ Variation de la luminosité ▪ Texte effacé, matériau de construction périssable, altération du support

Tableau 2 : Facteurs d'incertitude du raisonnement scientifique.

La recherche d'une définition unique de l'incertitude semble impossible tant il existe de types et de sources d'incertitude mis en évidence à travers les différentes classifications. Mais si l'on s'éloigne du champ proprement lexical de l'incertitude pour étudier la manière de

l'exprimer et de la comprendre, nous devons aborder le domaine de la psychologie et les modes de perception des informations.

I.2. Perception de la représentation et représentation de l'incertitude

La question de la représentation soulève celle de la perception et des différentes modalités de compréhension de la représentation. La notion de perception couvre un vaste champ de la psychologie dont la plupart des aspects s'éloigne de notre discours. Nous nous limiterons donc ici à traiter de la perception dans son acception la plus courante, autrement dit, celle qui relève des facultés de compréhension du monde qui nous entoure. Par la suite, nous nous interrogerons sur les notions de réalité et de réalisme de la représentation. Enfin, nous poserons la question des raisons qui nous pousse à représenter les connaissances, à exprimer l'incertitude.

I.2.a. Perception de la représentation

La perception est « l'opération psychologique complexe par laquelle l'esprit, en organisant les données sensorielles, se forme une représentation des objets extérieurs et prend connaissance du réel »⁹. La perception désigne, d'une part, la fonction cognitive et, d'autre part, « l'acte de la prise de connaissance par l'intuition, par l'intelligence ou l'entendement »¹⁰ qui implique que l'on ait déjà acquis des connaissances.

La perception sensorielle permet à l'être humain de saisir les informations directement et de manière immédiate grâce aux cinq sens dont il est a priori¹¹ doté à la naissance. Les sens sont des « fonctions psychophysiologiques par lesquelles un organisme reçoit des informations sur certains éléments du milieu extérieur, de nature physique ou chimique » (Le Petit Larousse illustré 2011). Aux cinq sens communs du toucher, de l'odorat, de l'ouïe, du goût et de la vue, il faut ajouter d'autres sens issus des facultés cognitives ou identifiés chez les mammifères tels que l'instinct, les sensations assimilées aux émotions, la faim, la douleur, la perception du chaud et du froid, la proprioception (perception de notre corps et de la position relative des membres), le sens de l'équilibre ou encore la perception de l'espace.

⁹ Définition de la perception : <http://www.cnrtl.fr/definition/perception> (page consultée le 15 septembre 2013).

¹⁰ Définition de la perception : <http://www.cnrtl.fr/definition/perception> (page consultée le 15 septembre 2013).

¹¹ « A priori » car il faut tenir compte des personnes en situation de handicap pour lesquelles l'accès aux informations peut présenter un certain nombre de difficultés.

Des chercheurs ont mis au point une série de solutions capables de communiquer l'incertitude à travers des signaux acoustiques non verbaux (sonification) (LODHA, WILSON, SHEEHAN 1996), des vibrations, le rythme ou à travers des approches psycho-visuelles comme la diffusion de messages subliminaux ou la visualisation 3D multi-stéréo (PANG, WITTENBRIK, LODHA 1997 : 18-19), (SKEELS et al. 2009 : 2). L'expérience multi-sensorielle *Genius Loci : l'esprit du lieu*¹² (FAVRE-BRUN et al. 2012) a volontairement cherché à jouer avec les sens des spectateurs. La spatialisation du son, les effets de lumières et la projection d'images anamorphiques à taille réelle sur les murs de l'église ont déstabilisé le public - et même les auteurs -, les rendant incapables de discerner le vrai du faux (JACQUEMIN et al. s.d.).

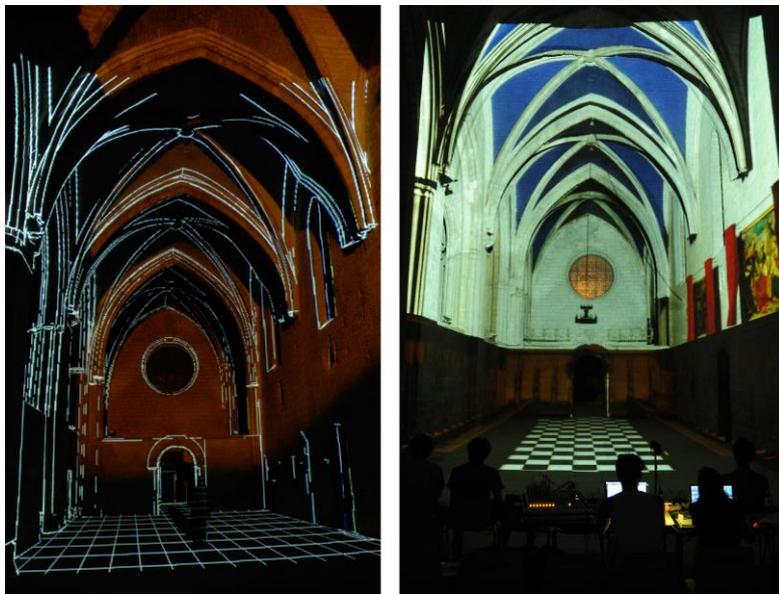


Figure 5 : Spectacle multimédia *Genius Loci : l'esprit du lieu* (Chartreuse de Villeneuve les Avignon, 2011) : les projections, la mise en espace du son et les effets de lumières ont créé une atmosphère déstabilisante pour le public (Aurélié Favre-Brun © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2011).

Les manières de percevoir dépendent également des personnes : une représentation peut avoir plusieurs significations en fonction de l'individu qui la perçoit. L'exemple de la symbolique des couleurs (tableau 3) exprime la diversité des modes de perception et d'interprétation dépendant des facultés cognitives (pathologies de la vision), du comportement, des traditions et de l'influence culturelle (WEGER 1999), (LAURINI s.d.).

¹² Le spectacle *Genius Loci : l'esprit du lieu* a été présenté au cours des 38^e Rencontres d'été de la Chartreuse de Villeneuve les Avignon (15-18 juillet 2011), puis lors des Journées européennes du patrimoine (17 septembre 2011).

	Significations d'après LAURINI	Significations d'après WEGER
Rouge	Pouvoir, sexe, interdiction, danger ; sang, chaleur ; Père Noël ; bonne chance (Asie)	Excitation, passion, agressivité ; feu, sang
Bleu	Tranquillité ; autorité, compétence ; noblesse, sang bleu (France) ; immortalité (Chine)	Rêverie, concentration, méditation ; Ciel, rêve, pureté, eau
Jaune	Jeunesse ; signal d'avertissement ; lâcheté ; construction ; répertoires téléphoniques ; soleil, lumière	Soleil, lumière, légèreté, expansion
Vert	Espérance, harmonie ; nature, jalousie ; argent (USA) ; écologie ; donner feu vert	Equilibre, confiance ; acide, rafraîchissant ; nature, espoir ; fourberie, angoisse
Blanc	Pureté, innocence, pureté ; royauté ; reddition ; affiches officielles (France)	Pureté, fadeur, légèreté
Noir	Distinction ; mort ; mauvais présage ; anarchie	Rétrécit l'espace ; nuit, deuil, tristesse
Marron	Solidité ; neutralité ; « merde »	-
Rose	Innocence, fragilité ; féminité	Sucré, agréable
Violet	Autorité ; souffrance ; mélancolie	Majesté, faste, richesse, mystère

Tableau 3 : Signification des couleurs d'après (WEGER 1999) et (LAURINI s.d.).

L'être humain est donc capable de comprendre et d'interpréter de manière immédiate des informations perçues à l'aide de ses facultés sensorielles en se fondant sur les connaissances qu'il a déjà acquises.

Pour qu'une représentation soit correctement perçue, elle doit respecter un certain nombre de règles résumées par la « théorie de l'excellence et de l'intégrité graphique » du professeur Edward Rolf Tufte. Elle invite à communiquer le maximum d'informations en un minimum de temps, dans un minimum d'espace et avec le moins d'encre possible (ZUK, CARPENDALE 2006 : 68). L'application de ce précepte permet de proposer des représentations efficaces en termes de facilité de compréhension des informations. Les représentations peuvent être alors abstraites tout en restant intelligibles à condition de communiquer la signification des codes visuels. La figure 6 montre l'exemple de la représentation du schéma type d'un théâtre gallo-romain dans lequel sont insérés des codes visuels symbolisant les caractéristiques des monuments (fig.6).

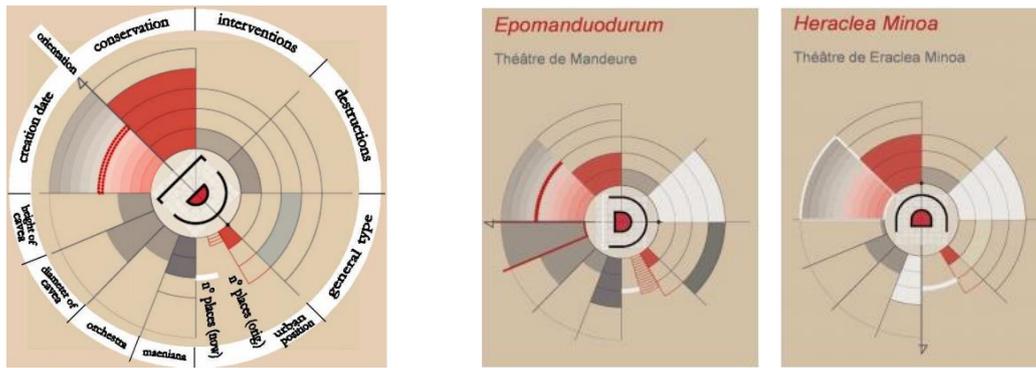


Figure 6 : Représentation abstraite des connaissances sur les théâtres gallo-romains (BLAISE, DUDEK 2009 : 9, fig.7).

L'usage de représentations abstraites et symboliques, directement issues de la théorie de Tufte, amène à s'interroger sur le réalisme de la représentation. L'abstraction de la représentation ne fait-elle pas disparaître des informations essentielles à la compréhension ? A l'inverse, la représentation conforme de la réalité ne nous empêche-t-elle pas de saisir toutes les informations qu'elle communique ?

1.2.b. Entre réalisme et réalité

Le terme de « réalisme » est né au XVII^e siècle en Allemagne avant d'être utilisé en 1826 en France pour parler de critique littéraire. Il peut marquer la prise en compte de la réalité ou désigner une description objective de la réalité (Le Petit Larousse illustré 2011). Cette dernière définition caractérise le courant artistique et littéraire du réalisme qui a existé en France dans la seconde moitié du XIX^e siècle et qui désigne la représentation exacte de la nature, des hommes et de la société (Le Petit Larousse illustré 2011). Alors que la peinture réaliste représente des scènes de la vie quotidienne, l'architecture ne bénéficie pas de traitement particulier : elle est représentée fidèlement, sans idéalisation. Or, la question du réalisme visuel se pose car il ne donne aucune garantie de l'authenticité historique (ROCHELEAU 2011 : 251). Sur ce point, il est intéressant de regarder les dessins de certains architectes du XIX^e siècle dont le parti-pris était de représenter avec un réalisme poussé l'état existant d'un édifice sans émettre d'interprétation. L'exemple du dessin de la galerie orientale du cloître de l'abbaye de Frigolet (fig. 7), réalisée par Henry Revoil en 1873, illustre le problème de la représentation hyperréaliste auquel sont fréquemment confrontés les archéologues. Le relevé du XIX^e siècle montre une architecture idéale et symétrique, alors qu'en réalité, elle présente un certain nombre d'erreurs, décelées lors de l'étude archéologique

faite par le laboratoire d'archéologie médiévale et moderne en Méditerranée (LA3M) en 2007. Le relevé pierre à pierre révèle, par exemple, que l'entablement de l'arcature est plus bas qu'il n'apparaît sur le dessin de Revoil (encadré en vert) ou que l'arc intermédiaire de la voûte en berceau est en réalité légèrement désaxé (en rouge).

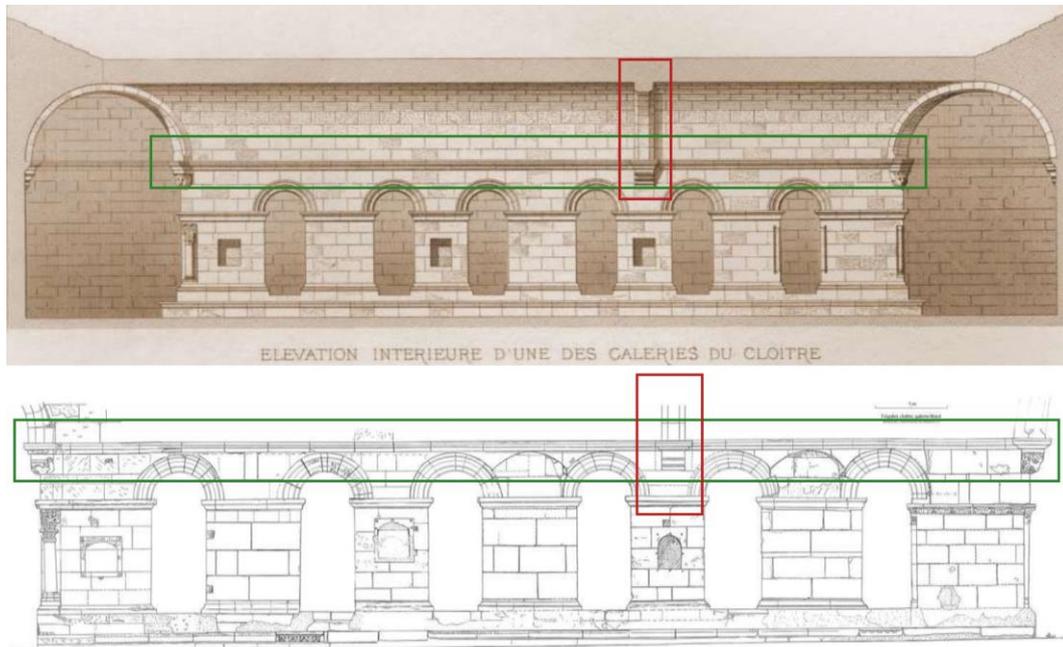


Figure 7 : Galerie est du cloître de Saint-Michel de Frigolet (Tarascon). L'analyse comparative entre le relevé hyperréaliste de l'architecte Henry Revoil et le relevé pierre à pierre du LA3M révèle plusieurs dissemblances.

Ces deux seules remarques illustrent la méfiance avec laquelle les archéologues doivent exploiter les sources documentaires et la nécessité de procéder à des analyses comparatives. Si l'on poursuit sur cette question de la méfiance, l'exemple de la représentation du chantier de construction de douze abbayes en Bourgogne extraite de la *Chanson de Girart de Roussillon* invite à une autre réflexion. Ce dessin de 1448 (fig.8) pose la question du réalisme de la représentation. Les études ont déterminé qu'aucune de ces églises n'avaient réellement été construites mais que la représentation du chantier et des outils était réaliste, c'est-à-dire conforme aux techniques de construction de cette époque. La représentation détaillée des éléments architecturaux ne doit donc pas être prise comme un gage de confiance.

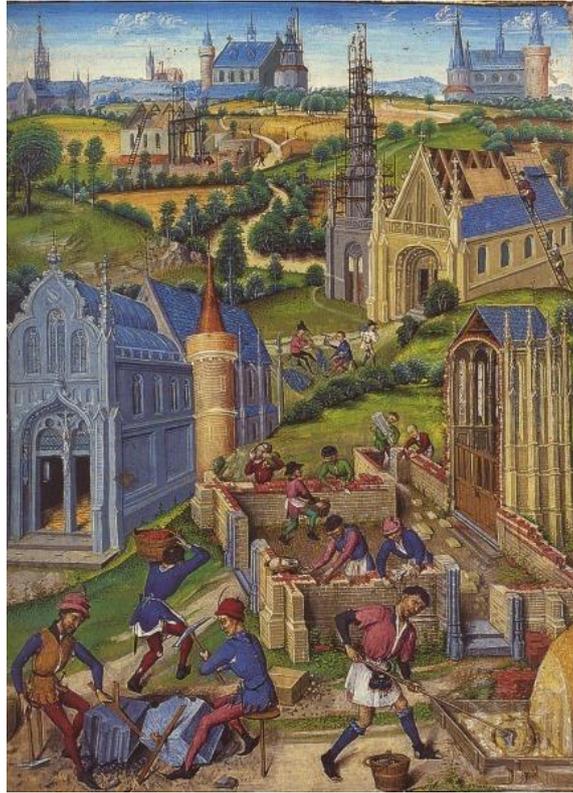


Figure 8 : Représentation datée de 1448 de la *Chanson de Girart de Roussillon* figurant le chantier de construction de douze abbayes fondées par Girart et sa femme en l'honneur des apôtres (bibliothèque nationale d'Autriche, Vienne) (BERNARDI 2011 : 310, fig.25).

Le sujet du réalisme de la représentation renvoie également à la notion de l'imaginaire. L'architecture fictive est définie comme la création d'une « structure architecturale dans un espace qui n'est pas le sien à l'origine, tout en imitant ses caractéristiques à l'aide d'un autre langage (couleurs, lignes ou reliefs pour les arts décoratifs, mots pour la littérature) »¹³. Elle se décline sous plusieurs formes dictées par les objectifs de la représentation. Le premier répond au besoin d'explorer toutes les possibilités du dessin. L'exemple de la « Cité idéale », peinte sur les trois panneaux dits « d'Urbino », illustre l'application des règles de la perspective inventée par Filippo Brunelleschi vers 1425 à la représentation de villes utopiques (fig.9).

¹³ Issue de www.cpafr.cnrs.fr/spip.php?article166 : projet de recherche sur la pratique littéraire des architectures fictives de l'Antiquité à la Renaissance.

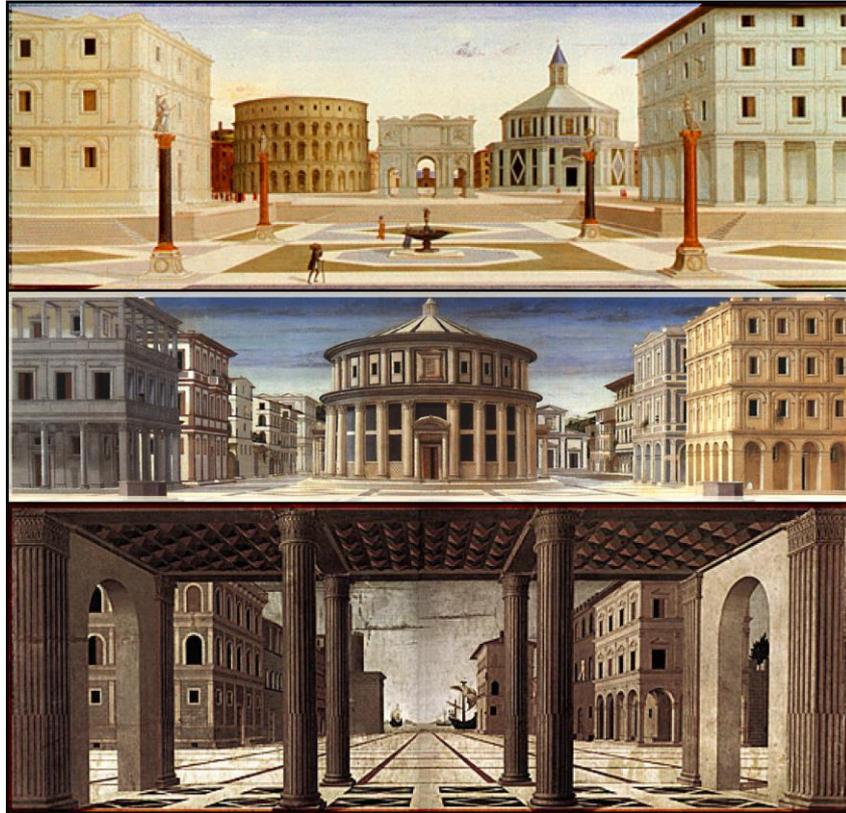


Figure 9 : Trois panneaux de la « Cité idéale », attribués à Francesco di Giorgio Martini, vers 1470-1475 (The Walters Art Museum de Baltimore, la Galerie Nationale des Marches d'Urbino et la pinacothèque de Berlin).

La seconde démarche de la représentation imaginaire peut être de communiquer des informations complexes à travers une représentation symbolique dont l'image est empruntée à l'architecture. L'exemple de la « Jérusalem céleste » permet d'exprimer le concept de la cité idéale de Dieu en utilisant une image facilement perceptible et compréhensible. Dans ce cas, la question n'est pas tant de savoir si la représentation est fondée sur la réalité mais sur l'expression d'une métaphore qui utilise des images connues de tous (fig.10).

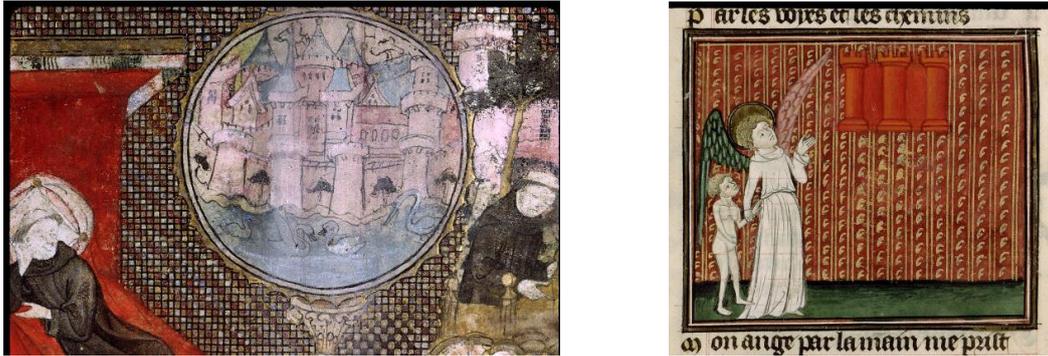


Figure 10 : Représentations de la « Jérusalem céleste ». A gauche, « Songe de Guillaume de Digulleville », 1^e tiers du XIV^e siècle (ms. 1130, f.002, biblio. Ste-Geneviève, Paris). A droite : « L'ange gardien montrant à l'âme du pèlerin la Jérusalem céleste », 3^e tiers du XIV^e siècle (ms. 1130, f.144v, biblio. Ste-Geneviève, Paris)¹⁴.

Les exemples de figurations réalistes et imaginaires de l'architecture introduisent la question de l'incertitude de la représentation et de la perception de l'incertitude. Leur vocation n'est pas d'exprimer la réalité mais plutôt de représenter à partir de formes architecturales empruntées à la réalité. Seules les connaissances du lecteur lui permettront de savoir s'il s'agit d'une représentation symbolique, imaginaire ou réelle. Par conséquent, faut-il forcément et systématiquement exprimer l'incertitude de manière explicite ? Ou ne faut-il pas se contenter de représenter des informations sans montrer l'incertitude ?

1.2.c. Exprimer ou non l'incertitude ?

Le thème de la représentation de l'incertitude pose la question de l'utilité et/ou de la nécessité de l'exprimer. Le sujet apparaît en psychologie et dans les disciplines qui traitent des données sensibles.

Est-il bon de tout dire ? Quelle information peut ou doit être cachée ? Inversement, quels critères déterminent si elle peut ou doit être explicitée ? Les réponses dépendent du contexte dans lequel sont posées ces questions. Cela introduit la notion de « transparence » qui consiste à communiquer l'intégralité des données utilisées au cours des différentes étapes du raisonnement scientifique. Faire preuve de transparence est une forme d'honnêteté intellectuelle qui contribue à crédibiliser le travail tout en apportant aux chercheurs les explications des raisonnements qu'ils ont poursuivis (ROCHELEAU 2011 : 252).

¹⁴ Base de données des enluminures des manuscrits médiévaux conservés dans les bibliothèques de l'enseignement supérieur : <http://liberfloridus.cines.fr/textes/cines.html> (consultée le 30 septembre 2013).

Deux approches caractérisent la visualisation de l'incertitude. La première est indirecte et invite à ne pas l'afficher explicitement. Cela n'empêche pas qu'elle soit prise en compte pour créer d'autres représentations fondées sur d'autres données (GRIETHE, SCHUMANN 2006 : 146).

Selon cette approche, les aquarelles des villes antiques de Jean-Claude Golvin illustrent le cas de la « non représentation » de l'incertitude. Son raisonnement est fondé sur des preuves attestées et concrètes issues des sources documentaires et des hypothèses émises par les spécialistes dans le but de façonner une image crédible et vraisemblable de la ville antique (fig.11). Ses travaux de recherche sur la vraisemblance de l'image de restitution l'ont amené à postuler que l'aspect d'un édifice ou d'un site était la conséquence des agressions qu'il avait subies au cours de son histoire et que, par conséquent, il était impossible de connaître son aspect d'origine (GOLVIN 2003 : 40). Il a ainsi fait le choix de ne pas traiter différemment les données connues des données cachées - encore enfouies - ou celles définitivement perdues car il considère que la représentation des éléments connus ou déductibles est une « solution de facilité » qui ne correspond qu'à l'accumulation de données incomplètes (GOLVIN 2003 : 40). Dans le cas où des interrogations restent sans réponse, il choisit de ne pas les montrer en les laissant en-dehors du cadre de l'image (VERGNIEUX 2011 : 57).

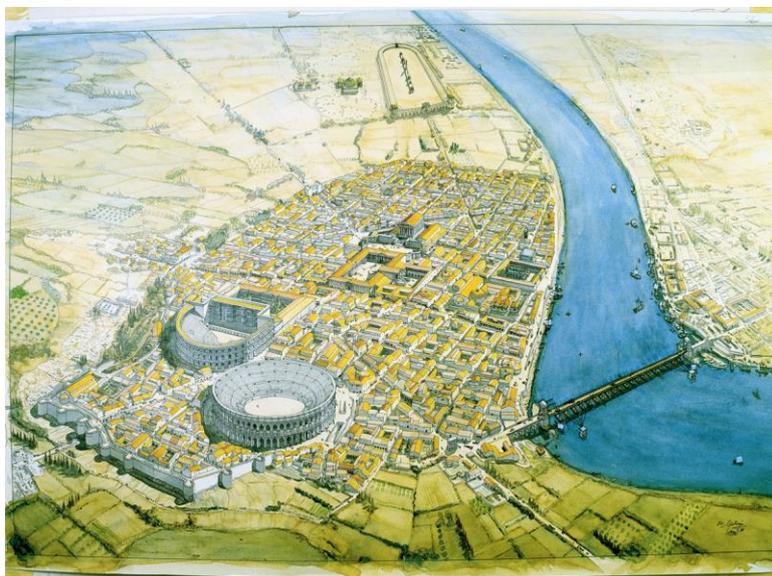


Figure 11 : Représentation de l'Arles au début du IV^e siècle, aquarelle, Jean-Claude Golvin (GENOT 2011 : 173, fig.17). Les fouilles archéologiques réalisées depuis 2009 sur l'arc de triomphe de l'entrée du quartier de la rive gauche et les fouilles subaquatiques de l'opération Arles-Rhône 3 rendent cette image caduque : un second pont devait exister au sud et un chemin de halage était aménagé sous la pile du pont rive gauche (GENOT 2011).

Selon cette même approche de « non-expression » de l'incertitude, la photographie ne permet pas de montrer de façon explicite l'incertitude inhérente à la représentation, ni celle liée à la qualité visuelle de la photographie. Il n'existe pas de mécanisme capable d'insérer des informations dans l'image au moment de la prise de vue. L'ajout d'informations ne peut être fait que postérieurement sur le tirage papier ou sur l'image numérique.

La photographie désigne à la fois la technique de fixation d'une image sur un support rendu sensible à la lumière par des procédés chimiques ou par un capteur électronique (Le Petit Larousse illustré 2011), et l'objet obtenu après traitement ou acquisition. En fonction du contexte, elle peut servir de support d'étude scientifique ou de document technique intégré dans un processus de reconstruction géométrique tel que la photomodélisation ou la génération de nuages de points, décrits plus bas.

Les premières utilisations de la photographie au service de l'archéologie remontent à 1839 avec les daguerréotypes montrant des monuments africains photographiés par le baron Jean-Baptiste Louis Gros, puis en 1844, avec la publication de l'ouvrage *Pencil of Nature* qui présentait des tirages photographiques représentant des monuments et objets d'art obtenus grâce la technique du calotype mise au point par l'anglais William Henry Fox Talbot (Dossiers d'archéologie 1975 : 8). Mais c'est Louis Désiré Blanquart-Evrard qui divulgue ce procédé, marquant le véritable essor de la photographie archéologique (Larousse 2001 : 82-83). Dans ce contexte, en 1851, la Commission des monuments historiques crée la « mission héliographique » constituée de cinq photographes¹⁵ missionnés pour « constituer les bases d'un musée pittoresque et archéologique » (GAUTRAND, BUISINE 1999 : 26-27) des principaux monuments français antiques et médiévaux en prévision de leur restauration (COGEVAL, WALUSINSKI, MONDENARD 1994 : 33). Mais la mission n'incluait pas les monuments parisiens alors que s'y déroulaient d'importants chantiers de restauration dont celui de Notre-Dame conduit par Viollet-le-Duc, documenté par plusieurs photographes. Parmi eux, Henri Le Secq puis Charles Marville apparaissent comme les « photographes de Paris » transformée sous le Second Empire par le baron Haussmann (1852-1870) (COGEVAL, WALUSINSKI, MONDENARD 1994 : 51). Dans le même temps, des missions de relevés photographiques sont organisées dans le reste du monde, notamment au Proche-Orient où en 1852, le site de Khorsabad (Iraq) est le premier chantier de fouilles archéologiques à bénéficier d'une couverture photographique complète (CHEVALIER 1994). La découverte de nouveaux procédés et techniques de développement et d'acquisition

¹⁵ Hippolyte Bayard, O. Mestral, Edouard Baldus, et les peintres Gustave Le Gray et Henri Le Secq.

photographique en lien avec les chantiers de transformations architecturales de la France et le souhait de conserver des traces des édifices voués à disparaître vont progressivement mener à des relevés systématiques.

A l'heure actuelle, la photographie est un outil d'étude scientifique qui doit documenter complètement et fidèlement l'édifice par une bonne couverture photographique de bonne qualité (PEROUSE DE MONTCLOS 2003 : 44). Le respect d'un protocole méthodique pour prendre les photographies ainsi qu'une bonne connaissance du matériel et des réglages de l'appareil constituent des points essentiels pour obtenir une photographie de bonne qualité. Inversement, la méconnaissance des paramètres de la prise de vue, de mauvaises conditions météorologiques ou lumineuses, et l'inaccessibilité géographique et visuelle sont quelques exemples de facteurs d'incertitude de l'acquisition photographique. Mais lorsque l'objet photographique est exploité en tant que source documentaire, d'autres incertitudes apparaissent. L'analyse des images photographiques vise à apporter des réponses concernant les évolutions chronologiques structurelles ou fonctionnelles du monument immortalisées par les différentes prises de vues (fig.12). Les principales méconnaissances de l'image photographique sont celles de la date de la prise de vue et de l'inaccessibilité visuelle, qui peuvent être solutionnées en procédant à des comparaisons et croisements avec d'autres sources documentaires.



Figure 12 : L'analyse comparative de ces deux cartes postales du début du XX^e siècle montre les transformations réalisées dans l'église de la chartreuse (collections privées).

Dans une démarche inverse à celle qui n'explicité pas visuellement l'incertitude, il existe des méthodes qui prennent en compte l'incertitude et l'intègrent directement dans la représentation (GRIETHE, SCHUMANN 2006 : 149).

II. Modes d'expression de l'incertitude dans la représentation de l'architecture

L'expression de l'incertitude dans les différents types de représentations dépend du seul choix de l'auteur et de l'objectif de la représentation. Si nous reprenons la définition du terme énoncée précédemment, nous avons vu que la représentation pouvait être exprimée par le langage écrit, oral ou gestuel, des signes ou des images. L'exposé qui suit vise à décrire les différents modes d'expression de l'incertitude en fonction du type de sources documentaires que les archéologues exploitent pour procéder aux études. Nous introduirons notre discours par la description des formes d'expression verbales et iconographiques de l'incertitude. Puis, nous poursuivrons par la présentation des techniques mises en œuvre durant le raisonnement archéologique, en orientant notre réflexion sur les méthodes de traitement de l'incertitude.

II.1 Représentation par l'expression verbale : crédibilité des sources écrites et orales

L'expression verbale par l'écriture, la voix et la gestuelle utilise des signes inscrits, dessinés, énoncés oralement ou exprimés par des gestes dans le but d'échanger des informations et des connaissances entre plusieurs interlocuteurs. La caractéristique de la source orale, au même titre que la langue des signes, est qu'elle est énoncée oralement sans être enregistrée. Elle acquiert le statut de « document » seulement lorsqu'elle est transcrite sur un support (bandes magnétiques sonores, cassettes audio-visuelles, transcriptions textuelles)¹⁶.

Les termes courants pour qualifier l'incertitude d'une source écrite ou orale sont ceux de « crédibilité » et de « fiabilité » qui renvoient à la fois à l'auteur du récit et au récit lui-même. L'exemple de la transcription écrite de *La véritable histoire du trésor de la chartreuse du Val-de-Bénédiction de Villeneuve-lez-Avignon* « racontée par Joseph C. qui la tenait de son grand-père Blaise D., qui la tenait lui-même de son père, et, par filiation, de celui qui avait

¹⁶ Un document est défini comme un « ensemble formé par un support et une information, généralement enregistré de façon permanente, et tel qu'il puisse être lu par l'homme et la machine » (définition de l'Organisation Internationale de Normalisation).

reçu la consigne de Dom Joseph de Camaret, Prieur de le Chartreuse, à la Révolution (CHABAUD 1986) illustre parfaitement ce point en soulignant la probabilité que le discours ait été mal transmis ou mal perçu par les différentes générations, ou volontairement déformé et exagéré au fil du temps. La relation entre le narrateur et le destinataire du discours, le contexte et l'objectif du récit, la distance temporelle entre les événements et leur narration, dont la chronologie aléatoire peut être altérée par la mémoire du narrateur (WALLENBORN 2002), les évolutions de langage et l'aptitude rédactionnelle du narrateur à décrire des faits (PIMPAUD 1998 : 11-12) sont quelques exemples de facteurs qui peuvent expliquer la variabilité du degré de fiabilité d'un récit oral. Les mêmes questionnements interviennent également pour les « égodocuments », ou documents du for privé¹⁷, tels que les journaux intimes. Les auteurs peuvent volontairement mentir, éviter les sujets sensibles ou déformer des informations (BARTOLOMEI 2013 : 6) pour des raisons qui leur sont propres.

Quelles que soient les causes, les informations sont exprimées à l'écrit ou à l'oral à travers deux formes verbales. La première utilise des valeurs numériques : chiffres et nombres en alphabet arabe et romain, unités de longueur (« environ seize pouces d'élévation »), échelle, données temporelles (« en 1666, 12 février »). La mire photographique et les échelles de proportion sont également concernées car elles permettent de mesurer ou d'estimer une mesure exprimées par des valeurs numériques. La seconde forme utilise un ensemble de termes issus du vocabulaire courant et du champ lexical élargi de l'incertitude : « environ », « peut-être », « imprécis », « à peu près », « approximatif », l'emploi des formes verbales du conditionnel et de la négation (« nous ne sommes pas en mesure de dire ») ou encore les signes suivants : ? +/- ≈ =

Au-delà de l'acquisition cognitive des informations, des dispositifs techniques ont été développés, capables d'identifier et de représenter l'incertitude exprimée à travers un ensemble de mots prédéfinis. Des techniques de reconnaissance et d'indexation automatique de mots-clés, extraits de fichiers audio et vidéo (BOURDET 2010 : 15), de documents textuels (SABOL 2012) ou du processus de reconnaissance optique de caractères présentent des résultats dont les perspectives pourraient permettre l'identification en temps réel de termes préétablis appartenant au champ lexical de l'incertitude. Cela impose que les mots à reconnaître doivent être lus et compris par le programme numérique. Des solutions existent pour consulter des informations, consistant à faire défiler des listes d'informations, à créer des arborescences et des graphes hiérarchiques ou encore à ajouter des indices visuels aux listes

¹⁷ <http://www.ecritsduforprive.fr/cr103.htm> (page consultée le 12 novembre 2013).

(HASCOET, BEAUDOUIN-LAFON 2001). A ce propos, une expérience a été menée consistant à attribuer un code visuel selon l'incertitude de la traduction de mots échangés oralement lors d'une conversation instantanée (COLLINS, CARPENDALE, PENN 2007). Deux possibilités d'encodage permettent de communiquer l'incertitude en utilisant les traditionnelles variables visuelles jouant avec l'épaisseur, la nuance, la transparence et le « flou » (fig.13). Malgré la lecture plus intuitive et plus immédiate de la deuxième ligne, l'encodage considéré comme le plus exploitable est celui qui utilise le cerclage fin et net (COLLINS, CARPENDALE, PENN 2007 : 54).

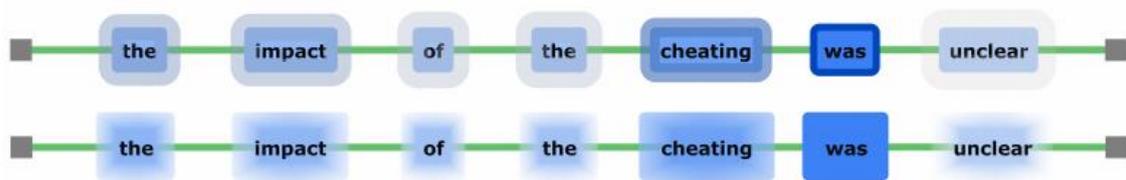


Figure 13 : Systèmes d'encodage de l'incertitude de la traduction intégrés à une interface de conversation instantanée (COLLINS, CARPENDALE, PENN 2007 : 55, fig.3).

II.2. Représentation de l'architecture par le dessin

Le dessin est un art et une technique de représentation de formes en deux dimensions par des moyens graphiques (Le Petit Robert 2011). Les dessins peuvent être réalisés rapidement sans instrument ni échelle de mesure (croquis, schémas), à l'aide de moyens traditionnels (fil à plomb, chaîne, niveau, mètre ruban), ou encore avec des instruments topographiques et photogrammétriques (PEROUSE DE MONTCLOS 2003 : 46-47). Le niveau de précision métrique varie en fonction des outils utilisés mais il n'est pas un critère suffisant pour évaluer la fiabilité de la représentation. Le plan du chœur de l'église Sainte-Marie de Cambrai, relevé par Villard de Honnecourt au XIII^e siècle, démontre que l'absence d'un outillage technologique performant n'a pas empêché le maître d'œuvre de représenter avec précision les proportions de l'édifice (fig.14).

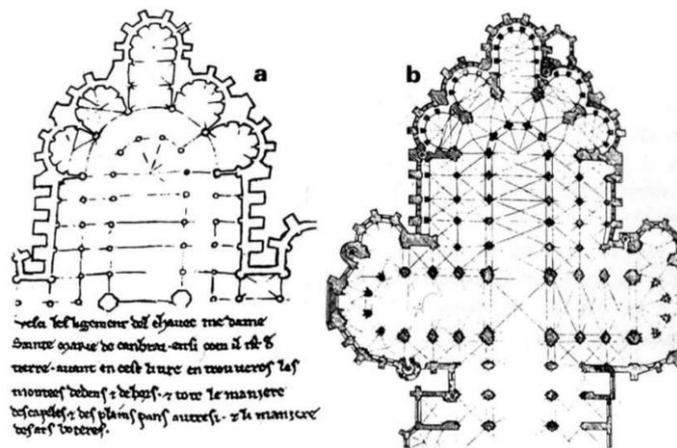


Figure 14 : Comparaison du plan du chœur de l'église Sainte-Marie de Cambrai : le premier a été dessiné par Villard de Honnecourt vers 1200-1230 (*Carnet*, pl. 28)¹⁸, le second date du XIX^e siècle.

Selon Saint-Aubin, le relevé architectural est une méthode d'analyse quantitative et qualitative qui permet de connaître les dimensions et les formes d'un édifice ainsi que les relations entre les parties qui le composent (SAINT-AUBIN 1992). Il est régi par des modes de représentation imposés (plan, coupe et perspective) et des normes graphiques spécifiques (types de tracés) (PARRON-KONTIS, REVEYRON 2005). Le dessin permet également d'enregistrer et de collecter des données spatiales et géométriques restituées sur un support graphique ou numérique. Le relevé manuel en archéologie du bâti s'inscrit dans cette démarche de documentation de la réalité par la production d'une représentation relevant du réalisme intellectuel tout en conservant un certain réalisme visuel (LAURENT 1986 : 90). L'enregistrement des éléments pertinents de la construction implique un travail préalable d'observation à l'issue duquel seront produits des relevés comportant les informations significatives de la construction. Ils peuvent être complétés par des relevés effectués avec des instruments technologiques capables d'enregistrer des millions de points représentant la géométrie de l'édifice. Malgré les avantages apparents de ces techniques de pointe, développées plus loin, les relevés ne présentent pas le même niveau ni le même type d'informations qu'un relevé manuel (fig.15).

¹⁸ *Carnet* de Villard de Honnecourt : <http://villarddehonnecourt.free.fr/carnet.htm> (page consultée le 12 novembre 2013).

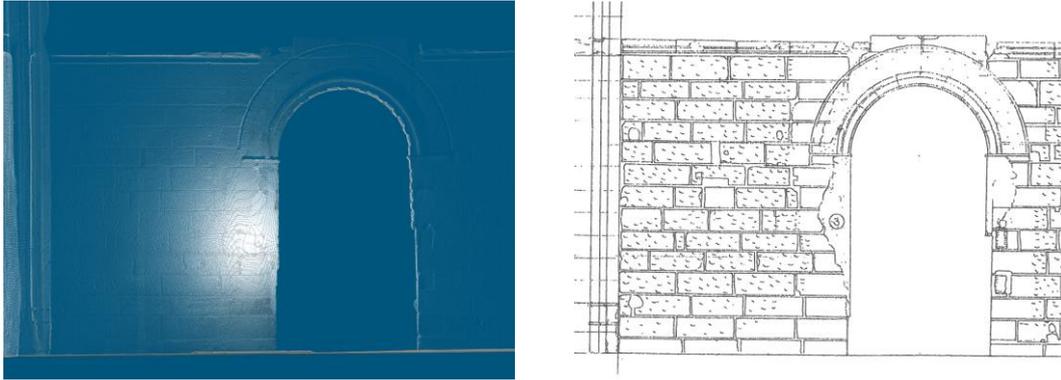


Figure 15 : Comparaison entre un nuage de points acquis avec le scanner laser Faro Photon en résolution 1 (© laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2012) et un relevé pierre à pierre à l'échelle 1/50^e (NAGEL, URBAN 2005, pl. III.7).

Si l'on considère la question dans le sens inverse, la précision et le réalisme de la représentation peuvent être secondaires si l'objectif du dessin est de montrer des points spécifiques. Les approches de l'architecte et graveur italien Piranèse du XVIII^e siècle et de l'archéologue du XX^e siècle Jean-Marie Gassend vont dans ce sens. Toutes deux sont comparables au sens où elles utilisent les mêmes procédés de représentation pour différencier les constructions originales des parties restituées. Piranèse fait figure de précurseur de la représentation de l'architecture contemporaine. Sa maîtrise des proportions et des effets de clair-obscur lui permettent de représenter de manière explicite des architectures hypothétiques¹⁹. Alors que ses contemporains et successeurs ont produit des restitutions sans spécifier quels éléments sont originaux, fondés ou totalement imaginés, Piranèse va jusqu'à expliquer ses techniques de représentation dans le titre de ses dessins : « Les parties indiquées en clair-obscur sont celles existantes. Les parties gravées au trait sont celles qu'on a supplées » (fig.16, haut) ou « Aspect du temple d'Isis dont la démonstration géométrique a été supplée dans toutes les parties qui sont gravées au trait » (fig.16, bas). Dans une configuration inverse, la démarche de l'archéologue repose dans la superposition de représentations appartenant à des états temporels différents matérialisés par plusieurs techniques de dessin (fig.17). L'usage de la technique de l'aquarelle, de palettes de couleurs différentes et d'un tracé de croquis permet de distinguer les constructions disparues par des représentations colorées et détaillées tandis que le trait suggère le paysage urbain actuel (GASSEND 1997). Cette méthode permet de capter l'attention du lecteur sur les éléments disparus, à l'inverse des dessins de l'architecte

¹⁹ Blog présentant un travail de restitution du temple d'Isis à Pompéi : http://isisgoesdigital.blogspot.fr/2012_08_01_archive.html (page consultée le 15 septembre 2013).

italien qui attire le regard sur l'architecture existante. La critique que l'on peut faire aux deux démarches est qu'elles ne donnent pas d'indications sur les données utilisées pour produire les dessins, ni sur le degré de fiabilité des restitutions. Dans le cas des dessins du Piranèse, la restitution se fonde sur ses connaissances architecturales et sur la déduction des formes alors les restitutions de Gassend sont le résultat d'un travail collaboratif avec les archéologues.

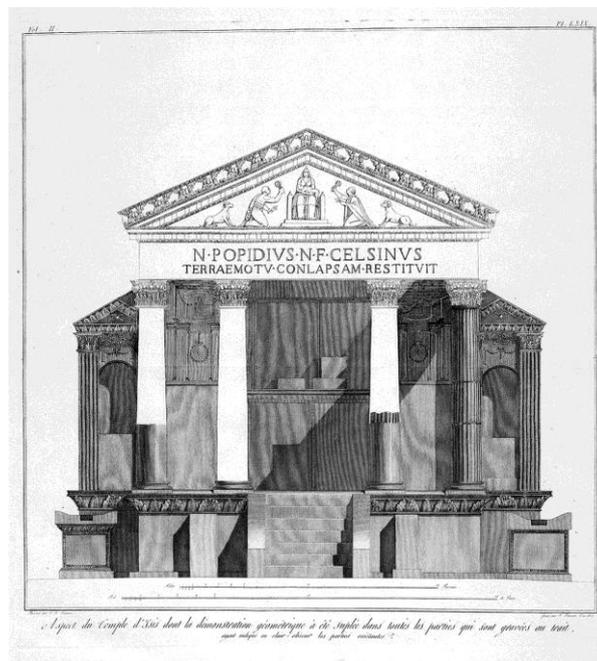
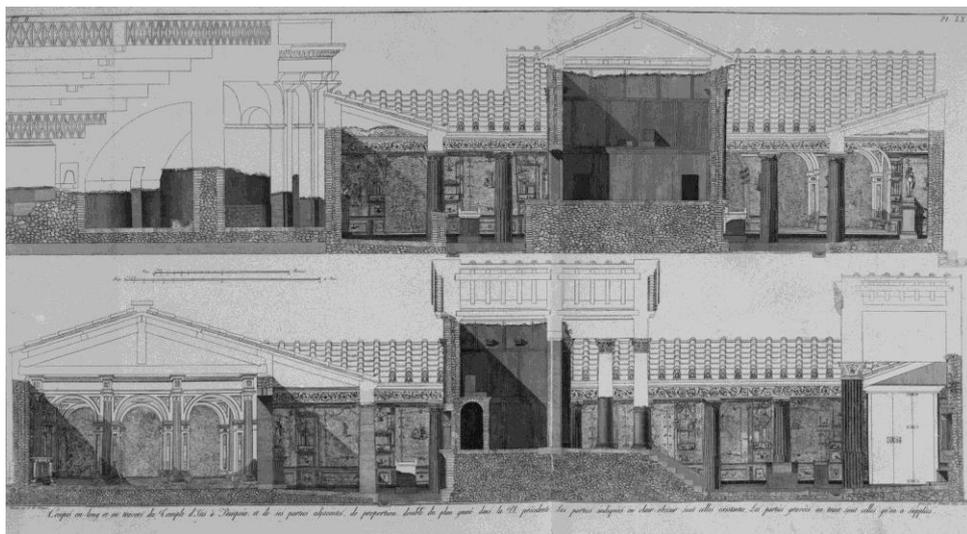


Figure 16 : Coupes longitudinales et élévation de la façade du temple d'Isis de Pompéi par Piranèse, 1806 (Bildindex²⁰).

²⁰ Banque de données photographiques du centre de documentation en histoire de l'art : <http://www.bildindex.de> (page consultée le 15 septembre 2013).

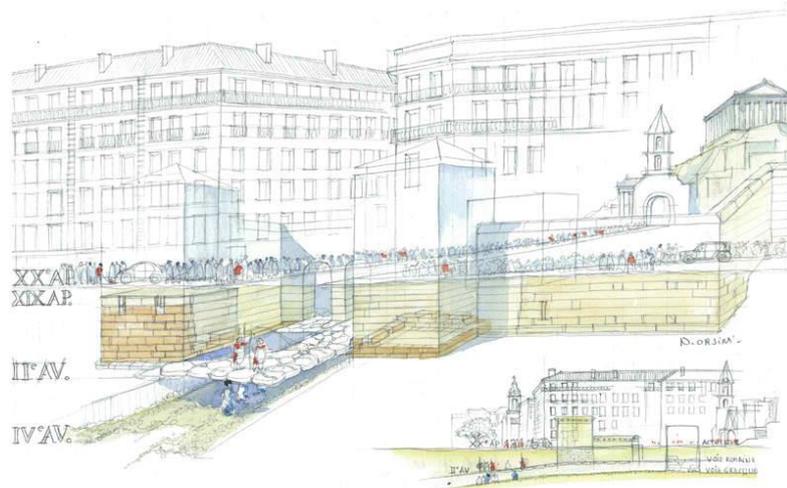
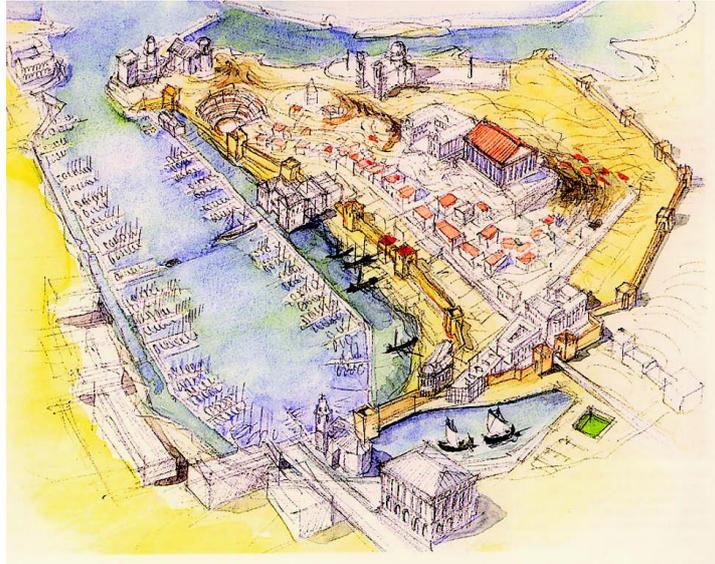


Figure 17 : La technique de représentation de J-M Gassend, à travers la superposition de l'état ancien aquarellé et du paysage urbain actuel suggéré par un tracé, permet d'évoquer l'image du port de Marseille en 550 avant J.-C. (POMEY 1998) et de restituer une voie dallée à Marseille²¹ (Collection du Musée d'Histoire de Marseille).

Au regard de ces exemples, nous remarquons que la représentation de l'architecture peut, d'une part, exprimer ce qu'elle est, à savoir l'image d'une construction, qu'elle ait été construite dans la réalité ou qu'elle soit imaginaire et, d'autre part, emprunter l'image d'un objet architectural pour symboliser un concept. Seules les connaissances du lecteur lui permettront de savoir s'il s'agit d'une représentation qui traduit le réel ou s'il s'agit d'une image totalement abstraite. Les études ont également démontré que l'usage d'une codification visuelle spécifique permettait d'exprimer des échelles d'incertitude. Les variables les plus communes sont la transparence, la variation de la nuance de la couleur ou l'épaisseur des

²¹ http://axe-historique.marseille.fr/la_voie_antique.php (page consultée le 15 septembre 2013).

lignes de contour, variables appliquées à la visualisation des connaissances dans les représentations 3D numériques. Avant de nous concentrer sur les techniques de construction de la représentation tridimensionnelle, nous nous sommes interrogés sur les procédés physiques utilisés pour communiquer l'incertitude d'une construction 3D réelle.

II.3. Représentation 3D réelle

Les édifices construits peuvent être qualifiés de « documents bâtis » (BECKER 2011 : 208) et de sources documentaires dès lors qu'ils peuvent être analysés (DEMOULE et al. 2002 : 40). Les travaux de restauration et de reconstitution d'architectures dégradées ou partiellement disparues, sont réglementés par des normes énoncées dans des traités internationaux. L'article 12 de la charte de Venise sur la *Conservation et la restauration des monuments et des sites* stipule que « les éléments destinés à remplacer les parties manquantes doivent s'intégrer harmonieusement à l'ensemble, tout en se distinguant des parties originales, afin que la restauration ne falsifie pas le document d'art et d'histoire. » (ICOMOS 1965) (fig.18).



Figure 18 : Anastylose du temple d'Athéna Niké sur l'acropole d'Athènes (Grèce) (photo Wikipédia²²).

La pratique de l'anastylose s'inscrit dans cette démarche puisqu'elle est proposée de reconstruire un édifice ruiné à partir d'éléments retrouvés sur place (Le Petit Larousse illustré 2011). Les traités de restauration architecturale imposent également que les techniques utilisées pour remplacer les éléments disparus soient réversibles.

²² http://upload.maieutapedia.org/picture/Temple_d_Ath%C3%A9na_Nik%C3%AA_1302081953.jpg (page consultée le 25 septembre 2013).

L'exemple inverse du cloître de l'abbaye Saint-Michel de Cuxa est intéressant à citer dans ce contexte. L'architecte en chef des monuments historiques Sylvain Stym-Popper, en charge des travaux de restauration effectués entre 1945 et 1965, soit quelques années avant la rédaction de la chartre de Venise, a remonté les colonnes du cloître, démonté au début du XIX^e siècle, sans différencier les fragments originaux, récupérés auprès des anciens propriétaires et découverts en fouilles, des éléments de remplacement de ceux achetés par George Gray Barnard et transportés aux Etats-Unis (MALLET 2001). Conscient de l'impossibilité de restituer le cloître à l'identique, l'architecte a réalisé une présentation avantageuse de quelques éléments authentiques (MALLET 2002 : 151). A sa décharge, aucune règle n'imposait, à ce moment-là, de différencier l'original de la copie. Ce sont les nombreux exemples de ce type qui ont poussé les institutions patrimoniales à établir des règles strictes pour la sauvegarde et la conservation du patrimoine.

Outre l'architecture monumentale, il existe les modèles réduits dont la signification suscite des débats. Pour une partie d'entre elles, les maquettes sont des constructions à petite échelle d'une architecture qui a réellement existé dans le passé (fig.19, gauche) ou le présent, ou dans le futur dans le cas des maquettes réalisées en phase de conception et de préfiguration. Pour l'autre partie, l'image d'une architecture est utilisée pour symboliser un concept, comme l'acte de fondation ou de donation d'un édifice représenté à travers son modèle réduit (fig.19, droite), posant la question du réalisme de la représentation que nous avons déjà soulevé.

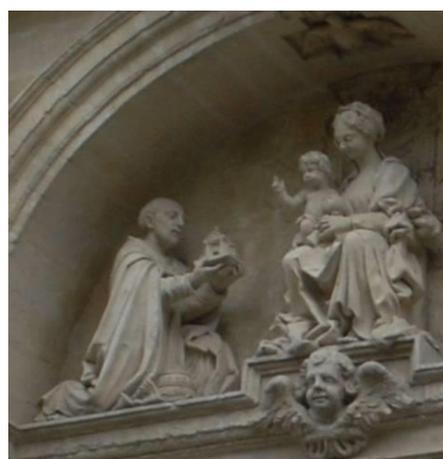


Figure 19 : Deux exemples de modèles réduits : à gauche, maquette architecturale en terre cuite d'un sanctuaire de la civilisation Gumelnita (Roumanie) du V^e millénaire avant notre ère (photo : Marius Amarie, institut d'étude de l'ancien monde, New-York) ; à droite, le pape Innocent VI offre le modèle réduit du portail d'entrée de la chartreuse de Villeneuve lez Avignon à la Vierge (MILONAVOFF 1991 : 3) (photo : © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC)).

L'objectif de cette première partie était de clarifier la notion d'incertitude en énonçant les différents types et sources qui peuvent être classés en catégories ou hiérarchisés par niveaux. L'incertitude est également apparue comme une notion implicite lorsqu'il s'agit de s'interroger sur le réalisme et la signification de la représentation. Enfin, les questions de l'utilité ou de la nécessité d'exprimer l'incertitude ont été soulevées et illustrées par des exemples. Les modes de représentation pour exprimer les connaissances, incluant l'incertitude, utilisent des formes verbales et des codes visuels dont la perception varie selon les facultés humaines et la culture.

L'émergence des techniques numériques à partir des années 1970 a apporté de nombreux bénéfices à l'étude et la communication du patrimoine architectural. Les instruments mis en œuvre sur le terrain pour enregistrer les données permettent de diminuer de façon considérable la durée du relevé, tout en apportant un complément à l'analyse de visu et au relevé manuel. De plus, les solutions informatiques développées pour le traitement et la visualisation des connaissances constituent des supports d'aide pour l'analyse et la compréhension de l'architecture.

III. L'usage des techniques numériques en archéologie du bâti

Dans le langage courant, la 3D renvoie au monde de l'imagerie numérique. Mais il faut rappeler que « 3D » caractérise avant tout l'espace réel qui nous entoure à travers sa largeur, sa hauteur et sa profondeur ; les axes XYZ en géométrie. D'un point de vue technique, la 3D permet, grâce aux facultés humaines et à la vision binoculaire, de percevoir le relief et de représenter numériquement « un objet dans l'espace, dans son environnement et, implicitement, suivant un référentiel isométrique qui est mesurable suivant ses trois axes » (MAUMONT 2010 : 2).

Le développement de l'outil informatique depuis les années 1970 a permis de représenter l'espace par des moyens virtuels dans le but de simuler un environnement réel ou imaginaire traduit en 3D. Les applications de la réalité virtuelle sont de comprendre et d'analyser la complexité du monde réel, de prédire la venue d'un phénomène particulier en faisant des simulations selon plusieurs scénarios et, enfin, de traduire des données alphanumériques en représentations réalistes (HERMON, NICCOLUCCI, D'ANDREA 2005 : 2). Les possibilités offertes par la réalité virtuelle ont progressivement amené les archéologues à exploiter ces nouvelles techniques d'analyse.

III.1. Archéologie virtuelle

III.1.a. Essor de l'archéologie virtuelle

La première mention de l'utilisation de la 3D en archéologie a été faite en 1973 lors du congrès *Computer and Applications in Archaeology*. J.D. Wilcock évoque l'usage de l'informatique pour la « reconstruction de temples et d'autres monuments » (FRISCHER, DAKOURI-HILD 2008 : VI), qualifié en 1990 d'« archéologie virtuelle » par Paul Reilly, pionnier de la visualisation d'informations en archéologie²³ (FORTE, SILIOTTI 1997). Par la suite, les archéologues se sont rapidement intéressés aux bénéfices de la 3D et de la réalité virtuelle pour, d'une part, résoudre les problèmes de compréhension et d'interprétation des données archéologiques et, d'autre part, transformer les données collectées en connaissance (HERMON 2005 : 35). Les premières restitutions tridimensionnelles de sites archéologiques datent des années 1990 et ont notamment porté sur le temple égyptien de Karnak, projet mené en collaboration avec EDF (BOCCON-GIBOD, GOLVIN 1990) (fig.20, gauche) et sur l'abbatiale de Cluny III, projet soutenu par IBM et présenté dans un film en 1992 intitulé « Mémoires de pierre ».

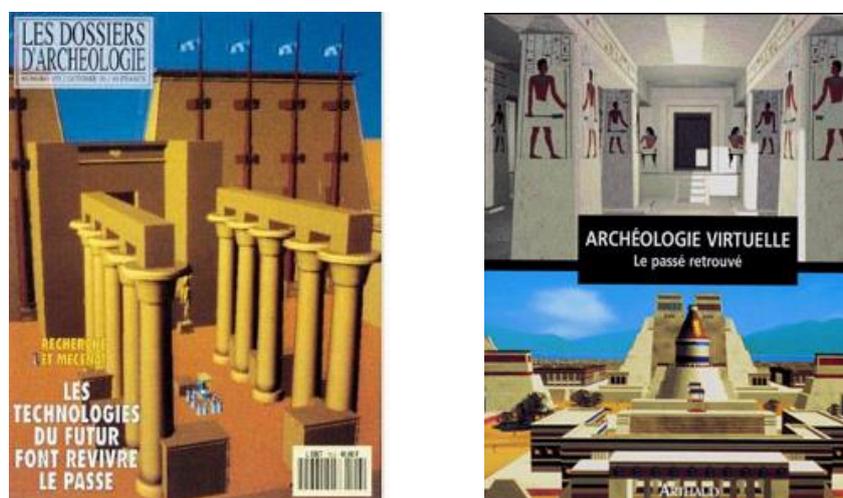


Figure 20 : Publications dédiées aux outils informatiques pour la restitution du patrimoine : *Dossiers d'archéologie* (Dossiers d'archéologie 1990), ouvrage sur l'archéologie virtuelle (FORTE 1996).

²³ L'expression « Virtual Archaeology » est utilisée pour la première fois par Paul Reilly dans "Towards in Virtual Archaeology", *CAA* 1990, p.133-139. Il est considéré comme le pionnier de l'archéologie virtuelle et de la visualisation d'informations en archéologie.

La nature du modèle 3D à expliciter clairement les informations suscite, dans un premier temps, un engouement assez limité de la part des chercheurs, traduit par le faible nombre d'études sur les aspects méthodologiques et théoriques de la réalité virtuelle et de la 3D en archéologie (HERMON 2008 : 36). Peu d'entre eux considèrent ces outils comme une aide aux investigations. Malgré cela, un certain nombre de publications paraît dans des revues spécialisées (Dossiers d'archéologie 1990) ou des ouvrages dédiés (VERGNIEUX, GONDRAN 1996), (FORTE 1996) (fig.20, droite), (FORTE, SILIOTTI 1997) et l'on assiste aux premières mises sur le marché de dispositifs multimédias (films, jeux vidéos). Depuis la fin des années 1990, des colloques internationaux réservés aux professionnels sont organisés autour de deux thématiques principales : la communication du patrimoine culturel au public et les nouvelles avancées technologiques²⁴. Dans le même temps, la multiplication des travaux universitaires menés au sein de laboratoires pluridisciplinaires démontre la complémentarité de l'archéologie et des techniques informatiques (PIMPAUD 1998), (FUCHS 2006), (FEVRES 2012).

Ce rapide panorama des trente dernières années montre que l'archéologie est associée aux technologies les plus performantes en matière d'acquisition de données, de reconstruction 3D et de valorisation des résultats des études scientifiques. Les preuves ont été faites que la 3D jouait un véritable rôle dans la conservation du patrimoine mais également dans la communication des informations auprès du public.

La multiplication des travaux de recherche a très vite mis en évidence des problèmes de terminologies pour qualifier un modèle 3D et pour évaluer sa fiabilité. Jean-Claude Golvin rappelle quelques définitions (GOLVIN 2003 : 39) :

- **Restituer** exprime avant tout l'idée de rendre l'aspect qu'avait un édifice ou un site à un moment ou à un autre de son histoire, avec ses fonctions et sa symbolique. Une part d'incertitude subsistera toujours mais elle est atténuée par les recherches méthodiques menées en amont de la restitution.
- La **reconstitution**, graphique ou réelle, renvoie à la technique de l'anastylose consistant à replacer dans un ordre pertinent les éléments existants, épars ou conservés en place, d'une construction.

²⁴ Les principaux colloques internationaux sont les suivants : *VAST: International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage* ; *Virtual Retrospect* ; *Archeologica 2.0: Virtual Archaeology International Network* ; *VSMM: Virtual Systems and MultiMedia* ; *CAA: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* ; les colloques de l'université de Cottbus.

- La **restauration** est une amélioration de l'état d'un édifice afin d'en assurer la conservation et la compréhension. Les nombreuses règles de conservation visent à limiter l'ampleur des restaurations et à assurer autant que possible sa réversibilité (Charte de Venise 1965).

Ces trois terminologies courantes ne sont pas entendues de la même manière selon les chercheurs. Les membres du *Cultural Virtual Reality Laboratory* utilisent les termes « modèle de restauration » et « modèle de reconstruction » pour parler de la « restitution » au sens où l'entend Golvin pour, d'une part, qualifier un monument dont il reste des vestiges et pour lequel le modèle 3D devra rétablir l'aspect d'une phase antérieure en supprimant les ajouts récents, et d'autre part, pour parler d'un édifice dont il ne reste presque pas de traces sur lesquelles baser le modèle 3D (FRISCHER, STINSON 2007 : 51-52). Ces définitions apportent des éléments de réponse pertinents mais ne spécifient pas si le modèle 3D s'inscrit dans l'espace réel ou virtuel.

Robert Vergnieux apporte sa pierre à l'édifice en définissant la scène 3D comme « un ensemble de fichiers numériques qui, ouverts à l'aide du logiciel approprié, permettent de visualiser sur un écran (ou autre système de vision) un modèle 3D correspondant à une unité spatiale reproduisant une portion d'espace patrimonial à un instant donné » (VERGNIEUX 2011a : 11). Il complète la définition en spécifiant qu'un « même site peut donner naissance à plusieurs scènes 3D selon les époques et les secteurs », qu'elle peut contenir des parties existantes et des parties disparues, et enfin, qu'elle « peut être numériquement composée de nuages de points, de maillages ou de textures » (VERGNIEUX 2011a : 11-12). Sa méthode de travail consiste à créer des modèles 3D classés en trois versions selon leur niveau de certitude. Ainsi, la version V1 fournit une première représentation des hypothèses soumises aux débats lors de séminaires ; puis les différentes versions du niveau V2 (V2.1 ... V2.x) sont progressivement créées au gré des recherches archéologiques jusqu'à proposer une restitution texturée (V3) diffusable obtenue après validation par l'équipe scientifique (VERGNIEUX 2011a) (VERGNIEUX 2011b).

Ces questions de vocabulaire et de vérifiabilité ne sont pas inédites. Elles sont soulevées depuis le début de l'usage des technologies numériques en archéologie et se précisent au fur et à mesure de l'avancée des travaux de recherches. De nouvelles approches sont sans cesse développées par les chercheurs soucieux de mieux comprendre et de mieux communiquer les résultats de leurs investigations.

III.1.b. La 3D, un outil d'investigation

La visualisation d'informations à travers un modèle 3D est une solution visuelle mais elle ne suffit pas à accréditer sa valeur scientifique. Une maquette tridimensionnelle peut être réaliste d'un point de vue esthétique, elle n'est pas pour autant fiable sur le plan scientifique. Les chercheurs, soucieux de vouloir communiquer avec exhaustivité et justesse les résultats de leurs travaux, ont défini des standards et des méthodologies dès la fin des années 1990 (HERMON 2005 : 35). Ces normes établissent les bonnes pratiques de la modélisation, destinées à évaluer la crédibilité historique du modèle 3D. Cinq règles ont ainsi été clairement définies sur la base des premières normes établies (ROCHELEAU 2011 : 251-256) :

- **Réalisme** – *Le réalisme visuel d'un modèle 3D ne garantit pas son authenticité historique.* La maquette numérique résulte toujours d'une interprétation, quelques soient le type, la quantité et la qualité des sources.
- **Transparence** – *Principe de traçabilité du processus de création.* Il s'agit de rendre accessible les étapes de la modélisation 3D en mettant à disposition les sources documentaires et l'explication des choix d'interprétation. Une maquette 3D n'est pas fiable si elle n'est pas documentée.
- **Incertitude** – *Signaler les incertitudes exprime une forme d'honnêteté intellectuelle et renforce la transparence du processus de modélisation 3D.* Les deux méthodes communes de visualisation de l'incertitude sont la transparence et le mélange des techniques de représentation, sous la forme d'esquisses.
- **Pérennité** – *Obligation de sauvegarder les données brutes et traitées sur le long terme,* en vue de la préservation et de la transmission aux générations futures (archives numériques). Des projets de sauvegarde et de diffusion pédagogique de modèles numériques 3D existent, telles que la PFT3D Archéogrid²⁵.
- **Standards internationaux** – *Encadrer la création de modèles 3D selon des règles.* Des chartes de bonnes pratiques de la 3D ont été établies :
 - le *Document Nara* (1994)²⁶ régit l'authenticité de la modélisation 3D,

²⁵ Plate-Forme Technologique 3D Archéogrid de l'Université de Bordeaux 3 : <http://archeogrid.in2p3.fr/> (page consultée le 13 juin 2012).

²⁶ Le « Document Nara » a été rédigé par les 45 participants de la conférence NARA qui s'est déroulée au Japon en novembre 1994 : http://www.icomos.org/charters/nara_f.pdf (page consultée le 26 septembre 2013).

- la *London Charter* (2009) expose six principes d'utilisation et de visualisation de la modélisation 3D : rigueur, crédibilité, transparence, reconnaissance par les pairs, évaluation et réutilisation²⁷, (DENARD 2012),
- l'*ICOMOS Ename Charter* (2007)²⁸ énonce les principes de transparence et d'authenticité (ICOMOS 2007 : 11),
- le projet de la *Carta de Sevilla* devra concerner l'usage de la 3D en archéologie²⁹.

Outre le respect de ces normes, l'absence de liaison avec les sources documentaires, l'impossibilité de mettre à jour le modèle en fonction des nouvelles découvertes et l'absence de marqueurs significatifs d'incertitude ou de contradiction sont des limites à l'accréditation du modèle 3D (DUDEK, BLAISE 2008 : 268). Pour pallier ces aspects, des dispositifs ont été développés dans le cadre de la démarche de « modélisation informationnelle » définie comme « un cadre méthodologique pour la représentation des connaissances spatialisables et évolutives manipulées dans l'étude de l'artefact patrimonial et de ses évolutions, par l'intégration de problématiques de modélisation des artefacts et de visualisation des informations » (BLAISE, DUDEK 2006a : IV).

L'état des lieux des recherches récentes menées en archéologie virtuelle fait apparaître un large éventail de perspectives de recherches non explorées en matière de visualisation des connaissances. Les systèmes d'informations actuels proposent des accès aux sources documentaires et aux métadonnées qui renseignent les étapes de modélisation. Mais l'absence d'informations sur l'état des connaissances ne permet pas d'accréditer la fiabilité du modèle 3D. Pour cette raison, nous avons souhaité aborder la question de l'incertitude, et plus spécifiquement l'incertitude de la représentation 3D virtuelle. Nous avons évoqué le fait que les archéologues s'appuyaient de plus en plus sur des modèles tridimensionnels pour approfondir leurs réflexions et simuler des hypothèses de restitution fondées sur les vestiges existants et la documentation historique. La question de la fiabilité de la représentation 3D nous incite à nous interroger sur la fiabilité des étapes qui précèdent la création du modèle numérique.

²⁷ Principes de la *London Charter* : <http://www.londoncharter.org/> (page consultée le 13 juin 2012).

²⁸ The ICOMOS Ename Charter : <http://www.enamecharter.org/index.html> (page consultée le 13 juin 2012).

²⁹ Carta de Sevilla : <http://www.arqueologiavirtual.com/carta/> (page consultée le 13 juin 2012).

III.2. Processus de construction d'un objet archéologique en 3D

Le processus de construction du modèle 3D, fondé sur le raisonnement archéologique, implique la mise en œuvre de techniques spécifiques pour acquérir des données sur le terrain ou dans la documentation, données analysées pour comprendre l'objet architectural et son cycle de vie. La « perspective probabilistique » de l'archéologie se situe au niveau de l'existence de « plusieurs vérités possibles » qui peuvent se traduire, dans la représentation 3D, de diverses façons selon les résultats des études (NICCOLUCCI, HERMON, 2010b). Plusieurs possibilités de restitution peuvent être proposées pour un même édifice, la dernière, validée par des experts, correspondant à la plus plausible (fig.21).

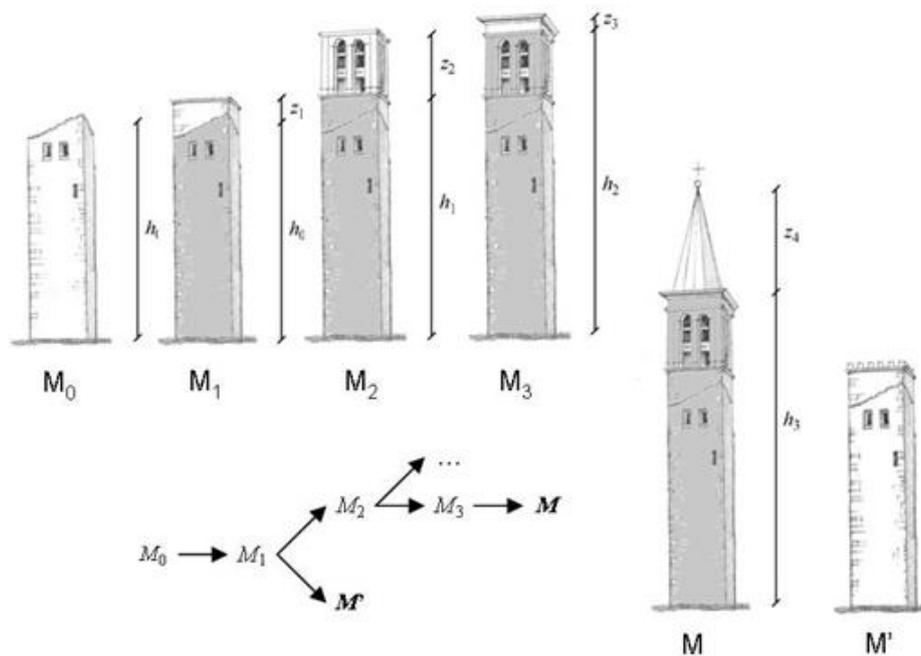


Figure 21 : Diagramme schématisant le raisonnement archéologique (HERMON, NICCOLUCCI, D'ANDREA 2005 : 110) appliqué à la restitution du clocher de la cathédrale de Spoleto (Italie) (NICCOLUCCI, HERMON, 2010b). Plusieurs possibilités de restitution sont simulées pour les baies de la partie haute et la couverture à toit plat ou pyramidal. Une hypothèse secondaire, liée à la fonction de l'édifice, était de restituer un crénelage (M').

La construction de la représentation 3D d'un édifice disparu en totalité ou partiellement nécessite d'étudier les vestiges et les sources qui décrivent sa fonction, sa forme, son environnement, ses aménagements, son apparence et ses transformations. Le schéma suivant organise les types de sources utiles à la création d'un modèle virtuel desquels dépend sa fiabilité (HERMON 2008 : 40, fig.4) (fig.22). Les données issues de fouilles archéologiques sont positionnées en tête du processus comme les données les plus fiables, suivies des études comparatives faites avec d'autres travaux de recherche, puis les sources historiques

regroupant les iconographies anciennes et les récits. Enfin, en quatrième position, intervient l'imagination dont le niveau de créativité peut faire varier la fiabilité du modèle 3D final.

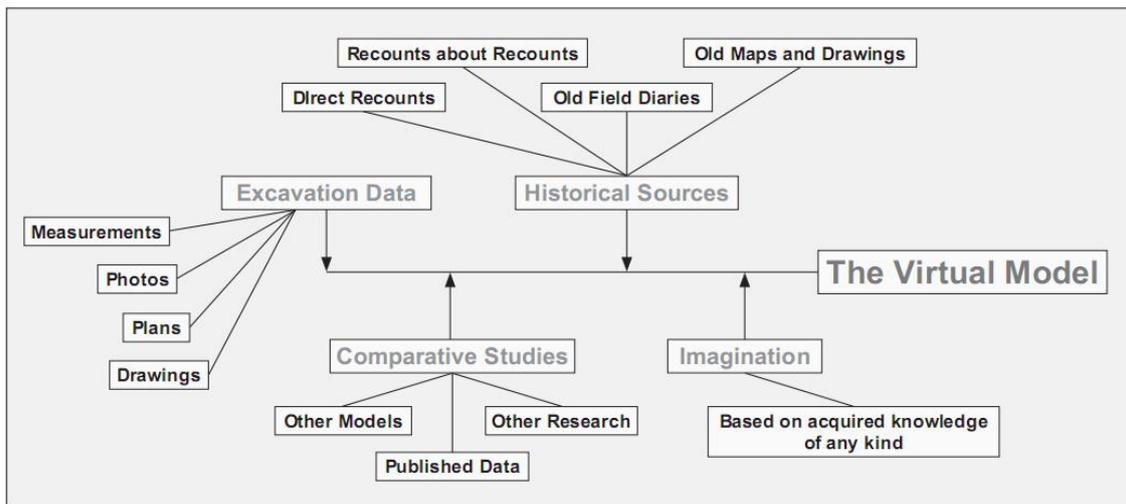


Figure 22 : Processus de modélisation 3D en quatre étapes déterminées selon les types de sources (HERMON 2008 : 40, fig.4).

En complément indispensable de l'analyse documentaire, les vestiges réels, conservés *in situ* ou déplacés, font l'objet de relevés spécifiques utilisant diverses techniques que nous exposerons dans les paragraphes suivants. La méthodologie mise en œuvre pour enregistrer les données spatiales, métriques et morphologiques suit un cheminement précis déterminé par le type d'objet à enregistrer, le coût financier de l'opération, les outils et techniques disponibles, les objectifs de l'étude et les enjeux de la valorisation. Une étude, conduite en 2009 par le laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC) et le Ministère de la Culture et de la Communication³⁰, a été réalisée à ce propos. Elle a permis, d'une part, d'identifier les pratiques de la numérisation du patrimoine utilisées en France par les professionnels du secteur, puis de proposer un cahier des charges définissant les bonnes méthodes (fig.23). Plus récemment, une thèse s'est intéressée à la même question en déterminant des méthodologies précises dictées par les mêmes configurations (KURDY 2013).

³⁰ Etude des bonnes pratiques de la numérisation 3D : <http://www.map.archi.fr/3D-monuments/etudemcc/Etude3D/Intro.html> (page consultée le 27 juin 2012). Les interviews faites auprès des professionnels du numérique au cours de l'étude ont permis de dresser ce schéma relationnel entre les différentes étapes du processus de la numérisation 3D.

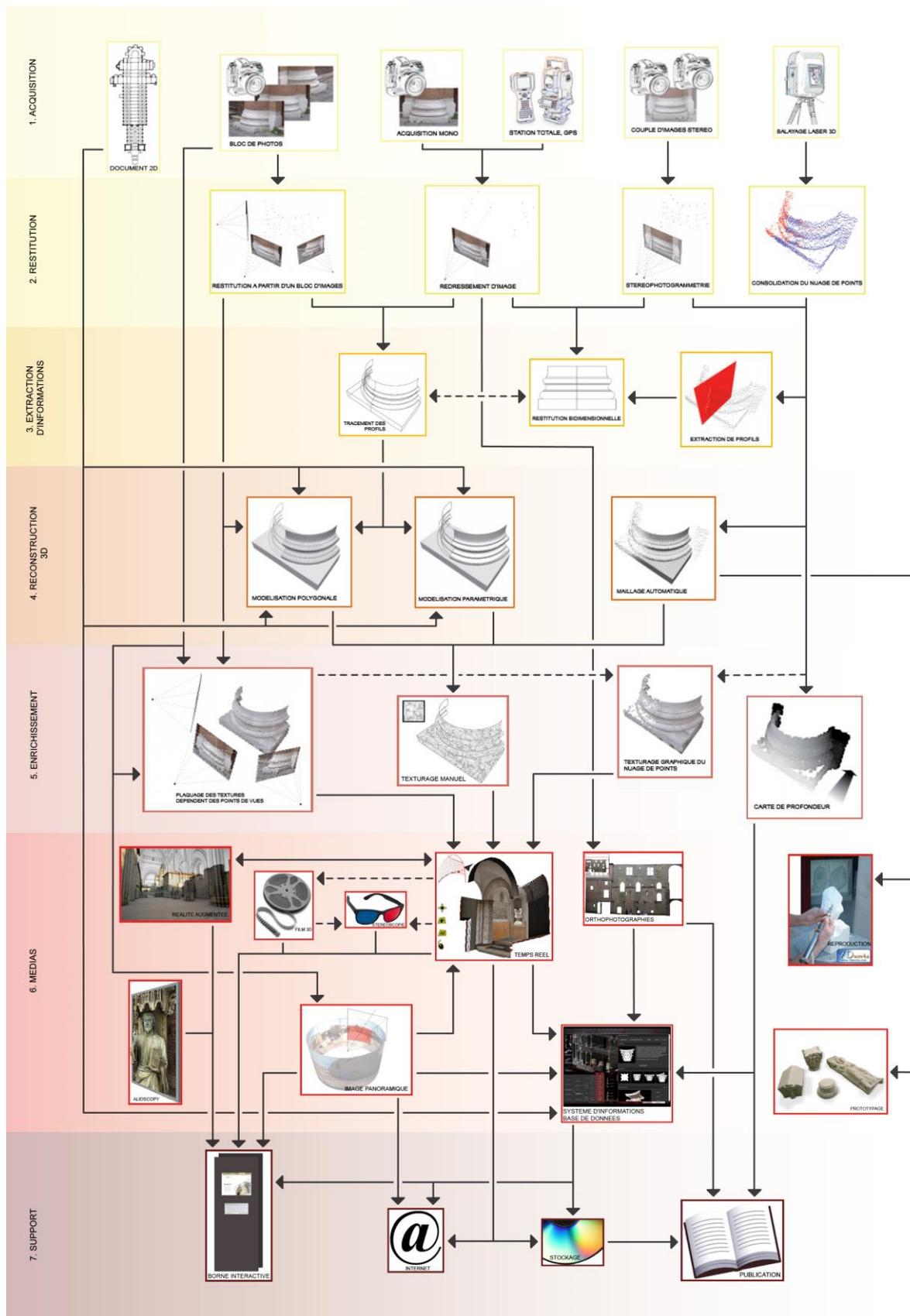


Figure 23 : Schéma des relations existantes entre chaque étape du processus de numérisation 3D.

La « propagation de l'incertitude » dont l'appellation vient d'une méthode de mesure spécifique explorée par les disciplines métrologiques s'applique au raisonnement archéologique. La perte de données est non seulement consécutive à l'interprétation des textes d'archives mais également à l'approximation de la reconstruction de surface causée par l'échantillonnage des nuages de points, le contrôle du niveau de détail, la compression de la géométrie et la gestion du rendu des nuages de points (REMONDINO 2003 : 3). Les procédures de reconstruction 3D doivent donc déduire la géométrie correcte, la topologie et les caractéristiques à partir d'un ensemble fini de points d'échantillonnage (REMONDINO 2003 : 3). L'évaluation des données vise ainsi à réduire l'incertitude qui, lorsqu'elle est épistémique est réductible, à l'inverse de l'incertitude aléatoire rencontrée avec des phénomènes imprévisibles et incontrôlables (THOOMU 2010 : 7). La mise en place de pratiques méthodologiques et d'analyses scientifiques (analyses physico-chimiques, analyses comparatives) permet de vérifier la fiabilité de chaque étape du raisonnement, de la collecte des données jusqu'à la visualisation en passant par l'interprétation (fig.24).

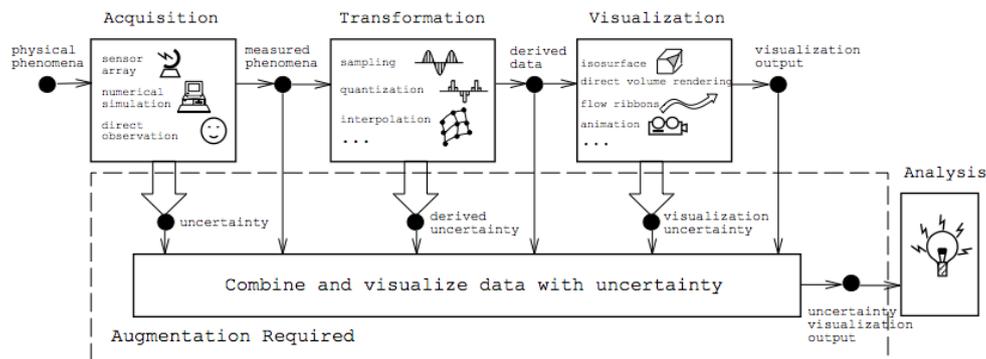


Figure 2.1: This visualization pipeline shows measurement uncertainty, derived uncertainty, and visualization uncertainty.

Figure 24 : Processus de visualisation des données qui montre l'introduction des données incertaines à partir des modèles et des mesures, l'incertitude dérivée du processus de transformation, et de la visualisation de l'incertitude à partir du processus lui-même (WITTENBRINK, PANG, LODHA.1995 : 2, fig.2.1).

III.2.a. Collecte des données

La phase de collecte des données est réalisée selon diverses approches utilisant plusieurs techniques.

Les données à collecter pour procéder à leur analyse puis à leur traduction sous forme d'un modèle 3D à l'échelle 1 sont de plusieurs types. Elles peuvent être des données

archéologiques collectées sur le terrain, des relevés manuels et numériques, des iconographies anciennes antérieures à la photographie, des descriptions textuelles, des hypothèses de restitution déjà émises dans le cadre de travaux antérieurs³¹ ou des données collectées sur des édifices similaires pour les analyses comparatives. Les anciens relevés, qualifiés de « relevés documents » par Pérouse de Montclos, présentent des risques de perte de fiabilité et de précision au moment de leur reproduction (photographiés, calqués, redessinés), causés par le non-respect des normes graphiques ou des formes originales (PEROUSE DE MONTCLOS 2003 : 47).

Le niveau d'accès aux documents peut constituer un premier frein à la constitution exhaustive d'une banque de données (SKEELS et al. 2009 : fig.3), bien que la politique de numérisation des archives permette, depuis quelques années, de consulter des documents à distance³². L'analyse des sources doit être menée avec prudence et méthode car elles peuvent être empruntées de nombreuses incertitudes que nous avons évoquées précédemment : elles peuvent être la conséquence de problèmes liés à la crédibilité des auteurs, de l'éloignement temporel avec le fait, de l'exagération des récits, du mensonge délibéré, de la signification de la représentation, de l'authenticité historique ou encore de la non-représentation de l'incertitude.

En complément de la collecte des sources historiques, des méthodes de terrain consistent à enregistrer les données directement sur le monument, avec ou sans l'aide d'instruments technologiques.

Le relevé manuel réalisé avec des outils traditionnels de mesure et le relevé au tachéomètre laser, qui consiste à mesurer des distances et des angles à partir de visées convergentes effectuées depuis une position dans l'espace (fig.25) (SAINT-AUBIN 1992 : 21), (BOUVELOUP et al. 2007 : 13) s'inscrivent dans une démarche similaire. Les deux techniques répondent à une approche réfléchie de la construction qui impose à l'opérateur de choisir au préalable les points à mesurer situés dans un quadrillage bien défini (réseau de joints, angles non endommagés) ainsi que la densité des points selon la configuration de l'objet (SAINT-AUBIN 1992 : 21).

³¹ Le premier modèle 3D de l'abbatiale Cluny III, construit dans les années 1990, a servi de document de référence pour la construction du nouveau modèle des années 2000.

³² Les médiathèques, archives et bibliothèques mettent à disposition des internautes leurs archives en version numérique. Quelques exemples : BNF Gallica, <http://www.manuscritsenlumines.fr/>, <http://archives.avignon.fr/>.

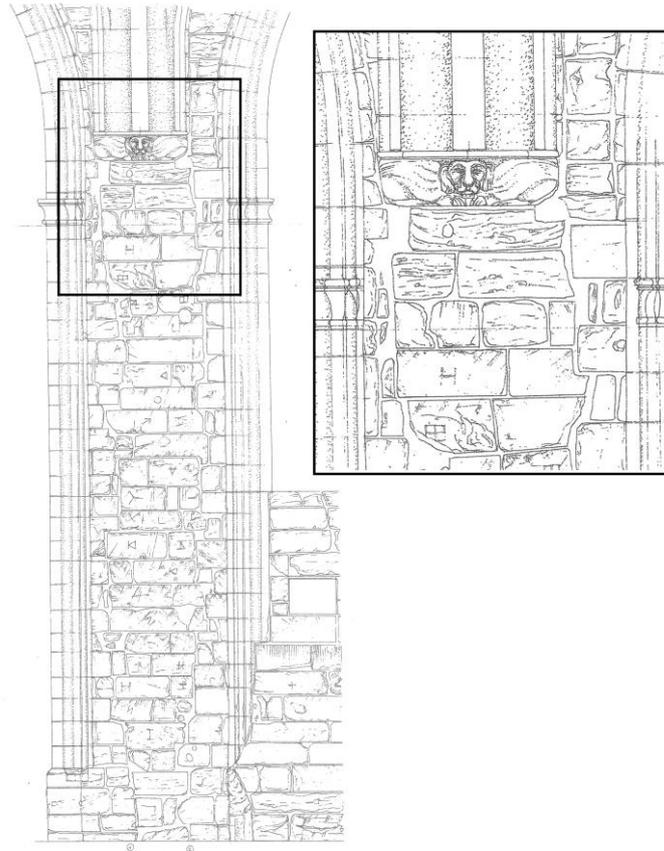


Figure 25 : Relevé au tachéomètre laser à l'échelle 1/20^e d'un des piliers sud de l'église de la chartreuse (NAGEL, URBAN 2005, pl. IV.2).

Les principaux risques de perte de données au moment de leur enregistrement sont liés à la perte de la troisième dimension dans le cas d'une transcription sur un support bidimensionnel, ou sont issus de la mise à l'échelle de l'objet réel et à l'échantillonnage lié justement à la sélection des points pertinents (PIMPAUD 1998 : 16). L'inconvénient principal de ces deux approches est le temps requis pour le relevé qui varie en fonction des dimensions de la construction et de la quantité d'informations à enregistrer. Ce problème peut être compensé par l'utilisation complémentaire d'appareils technologiques capables d'enregistrer très rapidement l'intégralité d'une même surface, bien qu'eux-mêmes apportent d'autres inconvénients.

Les techniques numériques de la photogrammétrie et de la topographie utilisent des instruments de mesure issus de la découverte de la perspective savante au XV^e siècle par l'architecte Filippo Brunelleschi. La perspective est une technique de représentation fondée, d'une part, sur l'existence d'un rayon visuel entre l'observateur et l'objet et, d'autre part, sur le principe d'intersection géométrique des visées (SAINT-AUBIN 1992 : 20). La

photogrammétrie, tout d'abord, est « une technique qui permet de reconstituer la forme, les dimensions et la position d'un objet à partir de ses perspectives enregistrées photographiquement » (CARBONNELL 1969 : 3). Le principe consiste à mesurer un ensemble de points appartenant à un objet reproduit en perspective à partir de deux stations d'observation (SAINT-AUBIN 1992 : 23). La découverte de la photographie dans le milieu du XIX^e siècle et son application au principe d'intersection des perspectives a abouti à la théorisation de la photogrammétrie architecturale par l'ingénieur Aimé Laussedat en 1849 et à son invention par l'architecte Albrecht Meydenbauer en 1893 (ALBERTZ 2001). Les progrès techniques et l'invention du numérique ont nettement facilité le traitement des images : les photographies numériques directement visualisables sur ordinateur ont supplanté la manipulation des restituteurs analogiques et analytiques utilisés pour le traitement des images stéréophotographiques depuis le début du XX^e siècle. La photogrammétrie numérique, démocratisée depuis les années 1990, est basée sur la détermination de coordonnées XYZ dans l'espace, faite manuellement (photomodélisation) ou par des procédés semi-automatiques. Elle fonctionne suivant « le principe de la corrélation d'images, c'est-à-dire la reconnaissance automatique de pixels homologues sur une surface définie » (MAUMONT 2010 : 9), autrement appelée corrélation épipolaire dense (CED) (HULLO 2009 : 1). L'exemple de la chaîne opératoire PAM-TAPEnADe³³, développée par l'Institut National des Sciences Géographiques et le laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), propose un protocole complet permettant, tout d'abord, d'extraire et de corréler des points significatifs présents sur plusieurs photographies (module Pastis), de calculer ensuite l'orientation et la position des images dans l'espace (module Apéro) et, enfin, de générer automatiquement des nuages de points denses (module Micmac) (TRONCHON 2012 : 12) (fig.26). Les expériences récentes de génération de nuages de points menées sur des sondages archéologiques et des artefacts architecturaux ont démontré l'efficacité des procédés (PAGANI et al. 2011), (CALLIERI et al. 2011), (NONY et al. 2012). Ils restent toutefois réservés à un public averti, membre de la communauté scientifique en raison de la complexité de mise en œuvre des calculs algorithmiques.

³³ Programme TAPEnADe : <http://www.tapenade.gamsau.archi.fr/TAPEnADe/Home.html> (page consultée le 13 juillet 2013).



Figure 26 : Génération automatique d'un nuage de points à partir de photographies convergentes d'un chapiteau du cloître de Cuxa (projet « Abad Oliba » © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2012).

Les avantages apparents de cette technique de génération automatique de nuage de points sont à comparer avec les nuages de points issus d'un relevé lasergrammétrique. Le principe, issu de la topométrie, est de calculer en temps réel la distance aller-retour parcourue par un rayon laser (scanner à temps de vol) ou une onde (scanner à décalage de phases) émis entre le scanner et l'objet (BOEHLER, MARBS 2002 : 1) (fig.27). L'enregistrement systématique, c'est-à-dire sans sélection de points significatifs, de plusieurs millions de coordonnées 3D forme une représentation globale de la géométrie de l'objet à partir de laquelle seront menées les études d'interprétation. Certains modèles de scanners intègrent également un capteur sensible permettant d'enregistrer, en plus des coordonnées spatiales des points, les valeurs couleurs de chaque point de la surface impactée (scanners à décalage de phases et à triangulation optique) (BOEHLER, MARBS 2002 : 2). C'est principalement sur ce point que des comparaisons ont été faites avec un nuage de points issu d'une corrélation épipolaire dense. Les photographies prises avec le scanner sont d'une qualité insuffisante pour être exploitées, causée par la trop grande quantité de points 3D pour l'appareil photographique qui ne parvient pas à enregistrer les valeurs colorimétriques correspondantes. Si l'objectif est d'utiliser une représentation 3D numérique texturée, il faudra donc faire un relevé photographique complémentaire et procéder à la projection des images sur le modèle 3D.

Une autre limite soulevée à propos du relevé numérique est celle de l'enregistrement exhaustif des données d'une surface, sans sélection des points pertinents, signifiant qu'aucune interprétation n'a été faite en amont. L'intégralité de la surface visée par l'appareil

photographique ou des points impactés par le rayon laser du scanner sera enregistrée. La sélection des zones intéressantes pour l'analyse architecturale sera faite lors de la seconde phase de traitement.

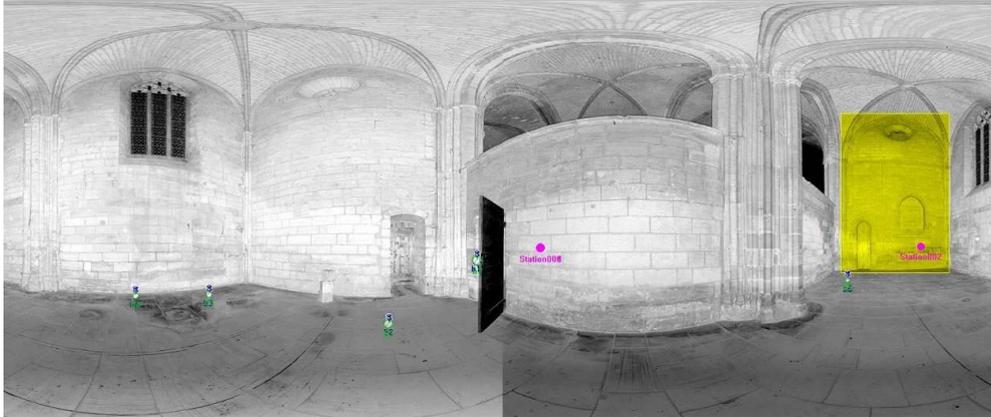


Figure 27 : Nuage de points de la double chapelle Saint-Bruno/Saint-Michel de l'église de la chartreuse, acquis avec le scanner Faro Photon (Aurélie Favre-Brun, Micheline Kurdy © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), janvier 2012).

Pour les nuages de points, la quantité de données perdues à la suite à l'échantillonnage répond à la principale contrainte du poids du fichier informatique. La suppression d'un point sur deux, par exemple, permet de réduire de 50% le nombre de points total, allégeant le nuage, sans empêcher la lecture de la représentation.

Qu'il s'agisse de relevés précédés d'une analyse sélective ou issus d'une acquisition systématique et exhaustive, plusieurs méthodes permettent de traduire les données en une représentation 3D.

III.2.b. Interprétation et représentation

Le raisonnement scientifique entre dans la deuxième phase d'interprétation et de représentation des sources et des données de terrain. L'usage du terme « interprétation » pour qualifier une seconde étape de travail peut être sujet à débat puisqu'une première interprétation a déjà été faite au moment du relevé pierre à pierre. De plus, nous parlons ici de « re-présentation » au sens où l'analyse et l'interprétation des données de terrain et documentaires permet de décrire l'édifice avec un langage formalisé et standardisé conduisant à une représentation de l'édifice tel qu'il devait être à un moment de son histoire. La définition de normes graphiques de représentation de l'architecture (PARRON-KONTIS, REVEYRON 2005) ainsi que le diagramme de Harris sont deux méthodes usuelles pour

représenter des données archéologiques. Le diagramme de Harris est une méthode de représentation conventionnelle des relations temporelles établies entre les couches stratigraphiques. La question de la formalisation de l'incertitude des observations stratigraphiques et de l'imprécision des données temporelles a été abordée à travers l'intégration, dans un outil spécifique, d'une matrice d'adjacence qui déduit les relations logiques (DESACHY 2010 : 7) (fig.28).

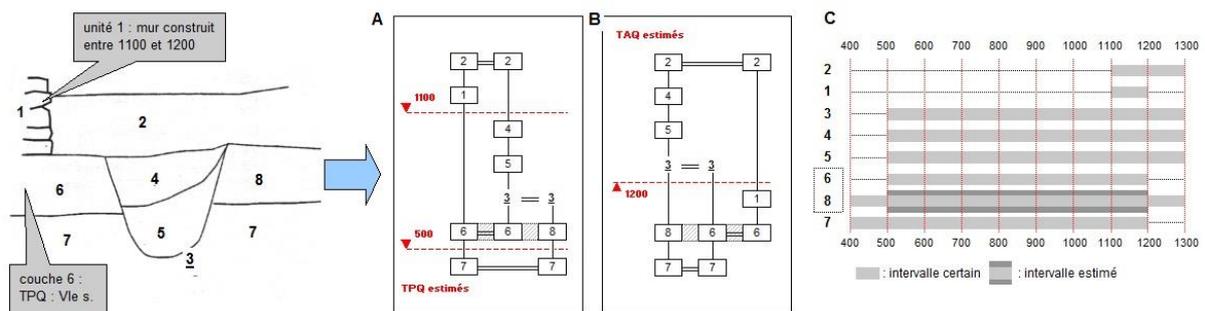


Figure 28 : Diagramme de Harris intégrant la formalisation de l'incertitude des relations temporelles (DESACHY 2010 : 12, fig.5).

L'approche par le numérique permet de construire une représentation 3D fondée uniquement sur les sources documentaires lorsque nous ne disposons pas de données de terrain ou sur l'ensemble des données existantes (photogrammétriques, lasergrammétriques, documents historiques).

Selon une première méthode, la reconstruction géométrique par modélisation manuelle est effectuée par l'ajout, la soustraction, la transformation de primitives géométriques ou par la création de surfaces (DE LUCA 2006 : 27). La reconstruction s'appuie sur un ensemble de points pertinents, sur des images en perspective sans données métriques, à partir de la déduction ou de la comparaison de formes ou, enfin, elle peut être le fruit de la pure imagination (HERMON, NIKODEM, PERLINGIERI 2006 : 126). La modélisation manuelle générique se fonde sur les connaissances issues de l'analyse des sources documentaires dont la fiabilité peut se répercuter sur le modèle 3D. En raison de l'absence de données réelles métriques, nous avons adopté cette pratique pour reconstruire la fontaine présumée du grand cloître de Cuxa. Mais la difficulté a été de savoir quel modèle restituer puisque deux fontaines semblent avoir été à cet emplacement. Les gravures réalisées entre 1830 et 1845 ainsi que quelques photographies et informations tirés de plusieurs ouvrages (HENRY 1842 : 203), (DURLIAT 1971 : 11), (BARRAL I ALTET 1976 : 123-125), (DISKANT 1992 : 135)

mentionnent deux fontaines. Des deux hypothèses, nous avons choisi de restituer la grande fontaine aujourd'hui située dans le jardin du château Balsan à Eze (Alpes-Maritimes) (fig.29) plutôt que celle du musée de Philadelphie, dont les dimensions sont plus petites.



Figure 29 : La fontaine du cloître de Cuxa a été reconstruite d'après 3 photographies (base Mémoire, n°44L06271, 44L06277 et 44L06278, Sylvain Stym-Popper, octobre 1964) et des données métriques (HENRY 1842 : 203) (3D : Aurélie Favre-Brun © 2011).

Dans une configuration différente, la modélisation 3D manuelle peut prendre appui sur des nuages de points, accordant au modèle 3D une plus grande fiabilité en termes de précision dimensionnelle et morphologique (fig.30).

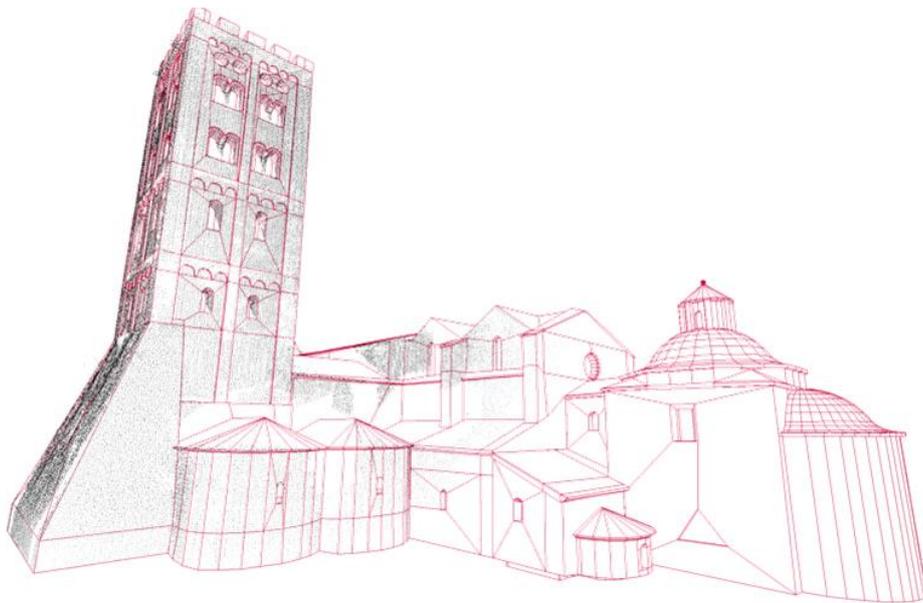


Figure 30 : Modèle 3D de l'église Saint-Michel de Cuxa appuyé sur les nuages de points (Chawee Bussayarat © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2010).

Les photographies peuvent être intégrées dans plusieurs processus de reconstruction géométrique 3D. Le premier procédé est celui de la photomodélisation dont le principe repose sur la détermination de points communs visibles sur une série de photographies sur lesquelles s'appuient les primitives géométriques (DE LUCA 2009 : 30). Au sein du logiciel de reconstruction par photomodélisation (Autodesk ImageModeler), les erreurs de calibration sont signalées par un code couleur appliqué aux icônes des locateurs et par des cercles d'un diamètre variable symbolisant l'importance de l'erreur (fig.31).

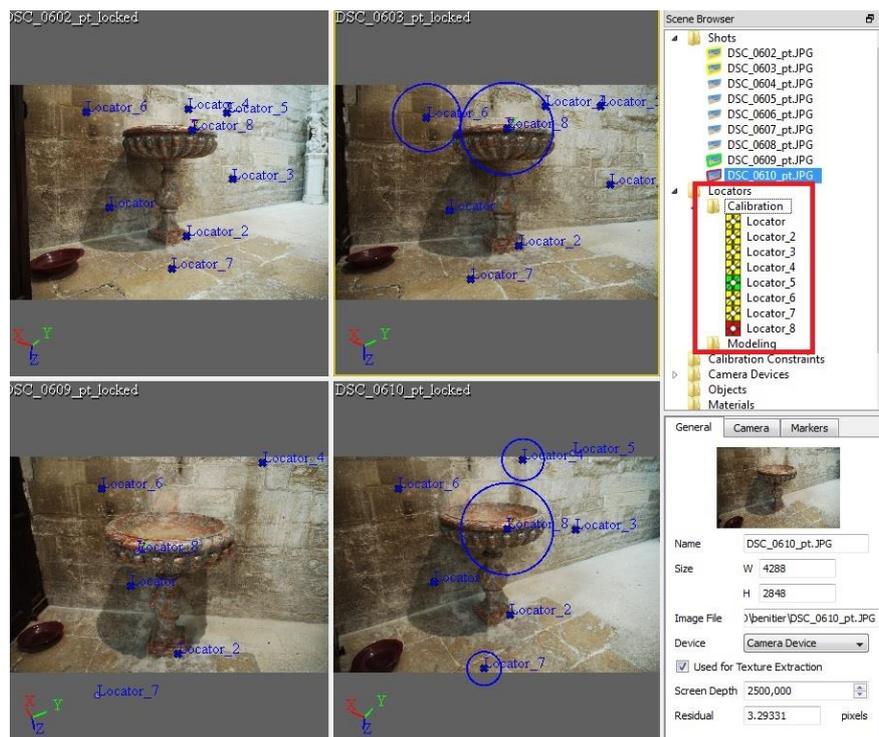


Figure 31 : Photomodélisation du bénitier de l'église de la chartreuse, collégiale de Villeneuve lez Avignon. Les erreurs de calibration sont signalées par des codes couleurs dans l'explorateur et par des cercles au diamètre plus grand en fonction de l'importance de l'erreur (©laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009).

La deuxième application utilisant des images photographiques par la technique de corrélation épipolaire dense se distingue de la photomodélisation au sens où la reconnaissance des points homologues porte, dans le cas présent, sur un ensemble de pixels qui composent la photographie et non plus sur la détermination manuelle de points significatifs. Un masque de sélection est créé sur chaque image pour délimiter les pixels à corréler (fig.32).



Figure 32 : Fontaine du cloître Saint-Jean de la chartreuse. La création manuelle des masques permet de délimiter les pixels de chaque photographie en vue de créer un nuage de points dense³⁴.

La représentation 3D produite, qui prend la forme d'un nuage de points photo-réaliste lorsqu'il est issu de photographies, peut ensuite faire l'objet d'une reconstruction par maillage. La technique peut également être utilisée pour les nuages acquis par des scanners laser spéciaux (à triangulation optique) ou permettant d'obtenir un nuage très dense. La technique du maillage consiste à créer un modèle polygonal cohérent composé de triangles dont les sommets s'appuient sur les points du nuage (DE LUCA 2006 : 24). La procédure est plus adaptée à des objets de forme complexe comme des sculptures car le maillage est plus malléable en comparaison d'une primitive géométrique déformée manuellement. La surface maillée peut être incomplète et présenter des « trous » résultant de l'inaccessibilité visuelle de certaines zones de l'objet au moment du relevé, d'un mauvais paramétrage des variables du maillage ou du résultat de la suppression de surfaces mal maillées (fig.33).

³⁴ Etude de cas : http://www.tapenade.gamsau.archi.fr/TAPeNADe/CS_st-jean_files/fontaine_saintjean.pdf (page consultée le 1 octobre 2013).

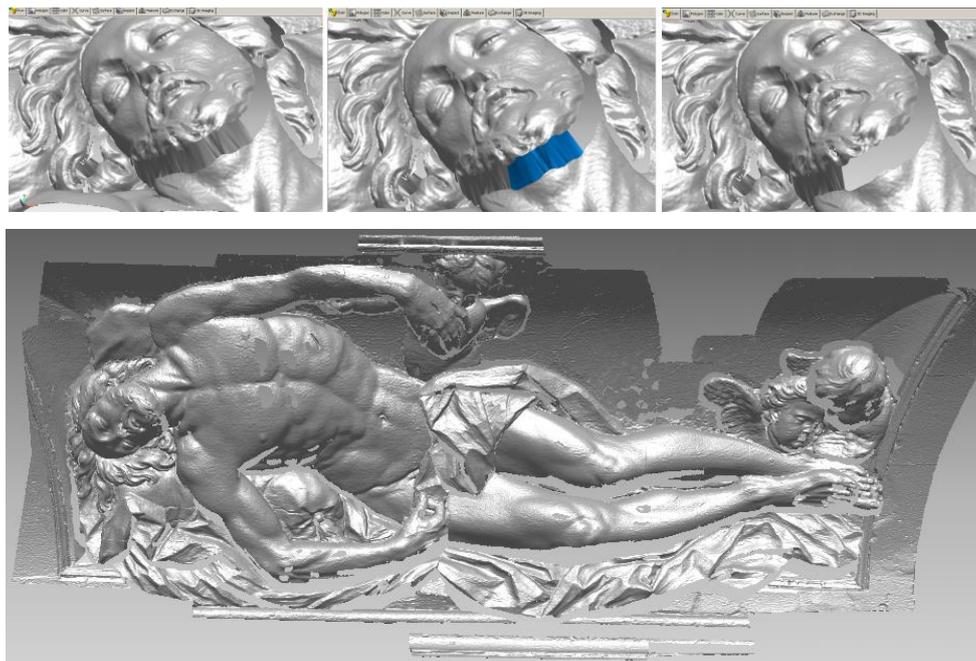


Figure 33 : Maillage automatique du gisant du maître-autel de la chartreuse montrant des « trous » issus d'un problème d'interpolation (Aurélié Favre-Brun © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2010).

Des solutions relevant des mathématiques proposent de mesurer l'écart entre le modèle 3D et le nuage de points représentant la réalité (VERGNIEUX 2011a : 12) (fig.34) ou de calculer la fiabilité globale du modèle 3D à partir des valeurs de fiabilité attribuées à ses composants (HERMON, NIKODEM, PERLINGIERI 2006).

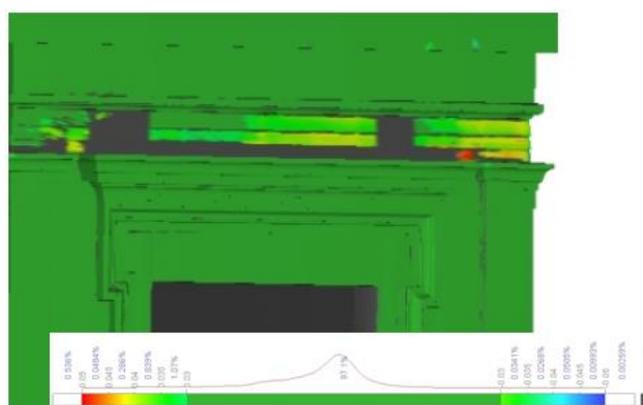


Figure 34 : Résultat du calcul de l'écart de précision entre le modèle 3D du temple d'Auguste et de Livie (Vienne) et le nuage de points ; visualisation par un code couleur³⁵.

³⁵ Application au temple d'Auguste et de Livie (Vienne), agence de topographie TPLM 3D : http://www.tplm-3d.fr/references_architecture_modele3D_Vienne.htm (page consultée le 12 juillet 2012).

Tandis que la première méthode se fonde sur des données quantifiables issues de données métriques, la seconde propose de mesurer ce qui ne peut pas l'être. Notre intérêt pour cette approche, qui peut être critiquable sous certains aspects, nous a motivé à l'expérimenter sur le programme de restitution de l'église de la chartreuse que nous détaillerons dans la seconde partie.

La phase finale de l'étape de représentation est celle de la validation du résultat par des experts, des expérimentations réelles et des simulations virtuelles visant à vérifier la validité des hypothèses. La démarche de l'archéologie expérimentale est de reconstituer l'usage et le mode de fabrication des vestiges archéologiques par des expérimentations concrètes. Les nombreux exemples d'applications réelles concernent des thèmes et des époques différents. Ainsi, le château médiéval de Guédelon est construit avec les techniques et les matériaux de construction utilisés au Moyen-Age³⁶ et les procédés de fabrication des charpentiers grecs ont été expérimentés lors de la construction de la réplique d'une barque navigante grecque du VI^e siècle avant notre ère³⁷.

La simulation d'hypothèses peut également être menée dans un environnement virtuel où les possibilités sont sans limites et sans contraintes. Ainsi, l'église de la Trinité de l'abbaye de Cuxa, édifée au tout début du XI^e siècle (entre 1009 et 1040) sous l'abbé Oliba³⁸, a fait l'objet de deux simulations. La première a porté sur la restitution de l'église dont le plan singulier pose des problèmes de restitution, soulevés dans les rares publications, dont certaines sont anciennes (PONSICH 1952), (UDHE-STAHN 1977), (SAPIN 2003), (ALESSANDRI, HUSER, MOLINIER 2012). Les vestiges actuels, conservés sur 1 m de hauteur, laissent deviner la présence d'une abside orientée, de six petites niches semi-circulaires et de deux escaliers en colimaçons, organisés autour d'un espace central ovoïde. Les conclusions des études révèlent que deux galeries situées au nord et au sud de l'abside reliaient les bas-côtés de l'église Saint-Michel, formant un atrium entre les deux bâtiments et organisant un circuit de circulation processionnel (ALESSANDRI, HUSER, MOLINIER 2012 : 55). La présence d'un étage dans l'église de la Trinité et donc la fonction des escaliers

³⁶ Aventure de Guédelon : <http://www.guedelon.fr/> (page consultée le 1 octobre 2013).

³⁷ Prôtis : <http://protis.hypotheses.org/> (page consultée le 1 octobre 2013).

³⁸ L'abbé Oliba fait réaliser des travaux dans la crypte du Pessebre et fait construire la chapelle dédiée à la Vierge et aux archanges Gabriel et Raphaël (ALESSANDRI, HUSER, MOLINIER 2012 : 46).

ne sont pas signalées dans la description du moine Garsias³⁹, amenant à formuler plusieurs hypothèses. La première proposait que les escaliers mènent à deux tourelles extérieures, en réponse aux clochers-tours de l'église Saint-Michel (UDHE-STAHN 1977 : 345). Une seconde restitue une tribune ou un passage en bois aménagé contre la façade interne occidentale (PONSICH 1952). Enfin, la troisième théorie est celle de la présence de deux galeries installées à l'étage au nord et au sud du chœur, théorie qui semble être confirmée par la découverte récente de la dernière marche de l'escalier à vis portant la trace de gonds de porte (ALESSANDRI, HUSER, MOLINIER 2012 : 61).

Les restitutions proposées au comité scientifique en 2011 portaient sur la couverture de l'église (fig.35). Deux modèles ont été présentés : le premier traduisant en 3D l'hypothèse des tourelles extérieures flanquant une coupole octogonale, le second sans les tourelles. La seconde proposition avait été retenue et avait soulevé la question de la restitution de l'espace intérieur qui a donc, depuis, été résolue (ALESSANDRI, HUSER, MOLINIER 2012 : 61).

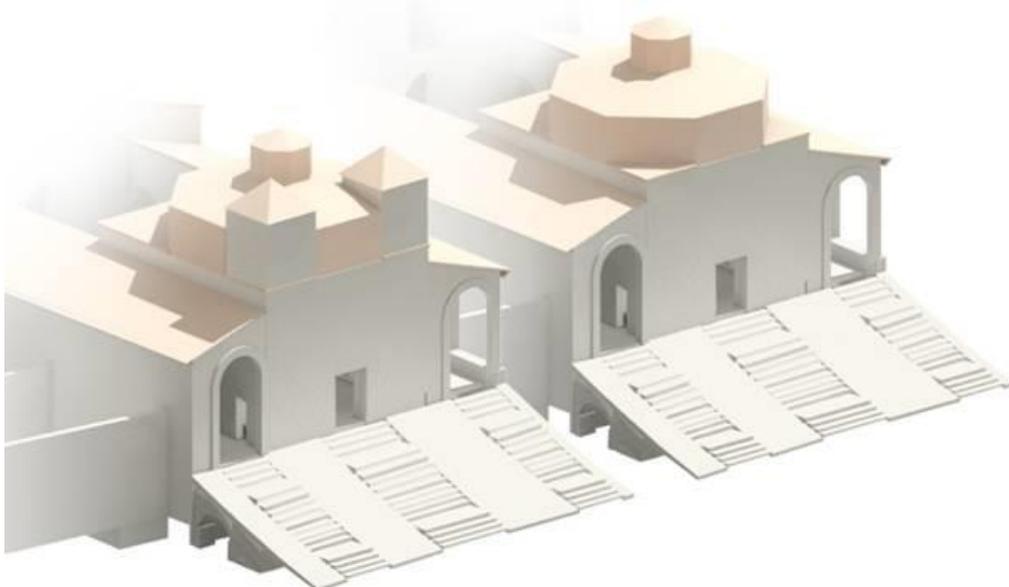


Figure 35 : La présence de deux escaliers intérieurs dont la fonction n'était pas validée en 2011 a mené à deux hypothèses de restitution de la couverture de l'église de la Trinité de Cuxa (Micheline Kurdy © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2011).

La seconde discussion a concerné la crypte souterraine du Pessebre dans laquelle la présence de deux ouvertures dans la paroi sud, aujourd'hui obstruées, a soulevé la question de leur

³⁹ La lettre rédigée en 1040 par le moine Garsias constitue un texte de référence pour la connaissance de l'abbaye.

fonction. Le père Daniel Codina, lors d'une session de travail, a émis oralement l'hypothèse selon laquelle il pouvait s'agir de puits de lumière, hypothèse justifiée par le fait que la crypte est enterrée, sans ouverture directe sur l'extérieur. La restitution de l'église fondée sur les études archéologiques et relevés numériques a permis d'observer que ces ouvertures affleuraient le sol originel. En conséquence, une galerie à colonnade ouverte au sud sur le mont Canigou a été restituée, répondant à la galerie septentrionale dont la présence est attestée par les vestiges (fig.36).



Figure 36 : Simulation de l'éclairage de la crypte du Pessebre de l'abbaye de Cuxa : la présence d'ouvertures dans les parois sud de la crypte a justifié la restitution d'une galerie ouverte au niveau supérieur (Léonard Gugi © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2011).

La vérification des hypothèses rendue possible à travers des représentations 3D virtuelles invite à s'interroger sur la visualisation des connaissances. En tant que support d'étude et outil de réflexion, le modèle 3D n'a pas besoin d'avoir une apparence réaliste. Il doit traduire les connaissances issues des résultats des interprétations. Mais il est intéressant de s'interroger sur la manière de visualiser les connaissances.

III.2.c. Visualisation des connaissances

La visualisation des connaissances est « un domaine pluridisciplinaire dont l'objet d'étude est la représentation visuelle des données »⁴⁰. L'objectif est de mieux raisonner sur les connaissances afin de les documenter, de les communiquer et de les préserver (TUFTE 1997).

⁴⁰ Visualisation d'information : http://fr.wikipedia.org/wiki/Visualisation_d'Information (page consultée le 22 février 2013).

Il s'agit avant tout de transmettre des informations valides sur le plan scientifique, quelques soient le support et le dispositif de visualisation. Il peut s'agir d'un relevé archéologique ou d'une photographie interprétée, d'un dessin de restitution ou d'un modèle 3D. Le réalisme visuel n'a pas d'importance s'il n'apporte pas d'autres informations que celles sur son apparence (fig.37).

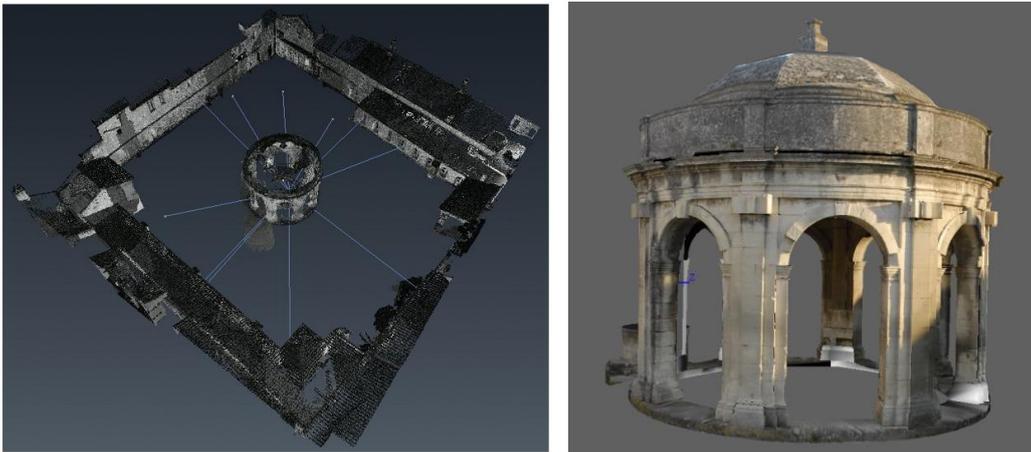


Figure 37 : Fontaine du cloître Saint-Jean de la chartreuse. Le nuage de points acquis par relevé lasergrammétrique (© ENSG 2006) (GRESSIN 2009 : 25, fig.10) et le modèle 3D photomodélisé et texturé (fontaine 3D : Florian Moreno © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2008) fournissent des informations similaires concernant la morphologie de la fontaine et son implantation dans le cloître.

De plus, l'exploration des possibilités offertes par la réalité virtuelle a permis de créer de nouveaux outils de communication et de perception des connaissances avec, par exemple, la visualisation de modèles 3D dans des systèmes immersifs de type CAVE⁴¹ ou qui utilisent des lunettes et casques stéréoscopiques (MADELEINE, FLEURY 2011).

Le modèle 3D est avant tout un outil d'aide à la recherche avant d'être un support de communication pour le public bien qu'il puisse être utilisé dans ce but. Dans ce cas, il présente l'état des connaissances à travers une représentation réaliste afin d'être plus explicite pour le public non averti (FREUDENBERG et al. 2001 : 98). Les solutions actuelles pour restituer l'apparence d'un objet réel s'appuient sur les données photométriques enregistrées sur site dans le but de produire un dessin réaliste en 3D à partir de technologies informatiques (REMONDINO 2003 : 2) (fig.38).

⁴¹ CAVE : Cave Automatic Virtual Environment : dispositif immersif dans un environnement de réalité virtuelle.

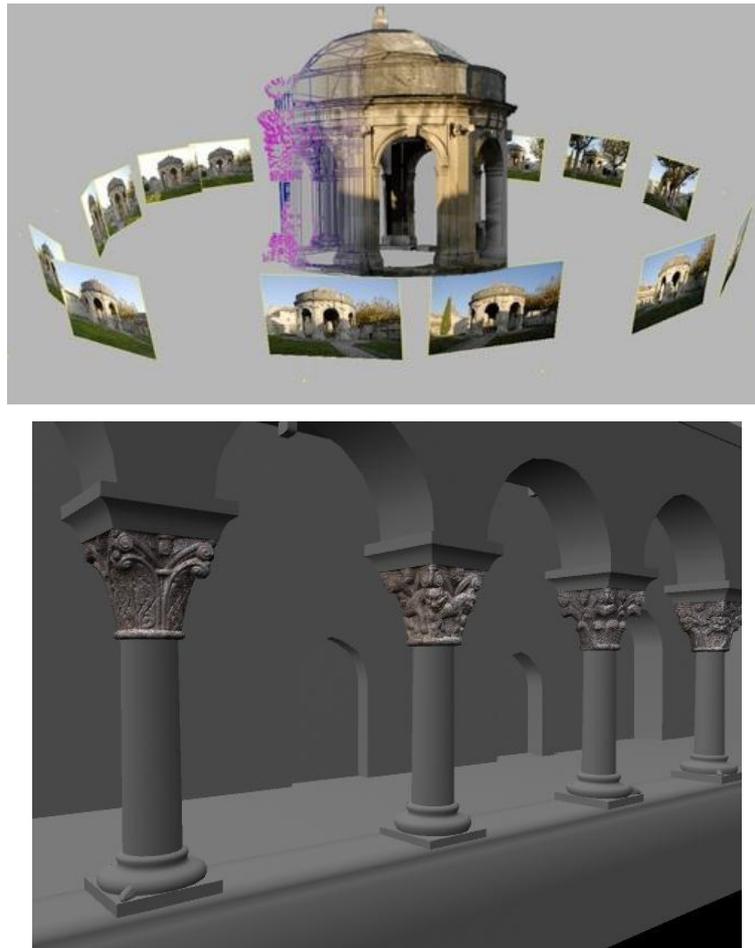


Figure 38 : Deux procédures de restitution de l'apparence visuelle : par projection de portions d'images à partir de photographies convergentes : fontaine du cloître Saint-Jean de la chartreuse (Florian Moreno © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009) ; par génération automatique de nuage de points : restitution de la galerie sud du cloître de Cuxa (Aurélié Favre-Brun © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2011).

Dans le cadre d'une approche scientifique, la recherche du réalisme n'est pas indispensable pour comprendre l'évolution d'un bâtiment, ses fonctions, ses dimensions ou son implantation dans son environnement. Les chercheurs préfèrent utiliser des rendus non photo-réalistes (MASUCH et al. 1999 : 88) en appliquant des textures de synthèse ou des visuels non réalistes. Des expériences comparatives (fig.39) ont été menées sur la restitution 3D du palais du premier empereur germanique Otto le Grand à Magdeburg, érigé au X^e siècle et détruit dans un incendie en 1207. Elle est présentée, à gauche, avec un rendu photoréaliste à l'apparence finie qui ne permet pas de distinguer les niveaux de connaissances et, à droite, sous l'apparence d'un croquis où la courbure et la netteté des lignes d'arêtes expriment les niveaux d'incertitude (fig.39). L'usage des traits de croquis est une méthode intuitive adaptée des pratiques du dessin pour exprimer l'état des connaissances.



Figure 39 : Restitution 3D du palais d’Otto le Grand de Magdeburg : le rendu photo-réaliste donne une image finie et la sensation « d’y être » mais sans montrer les doutes (MASUCH et al. 1999 : 89, fig.3) alors que le rendu schématique rend compte des différents niveaux d’incertitude concernant l’apparence de l’édifice au X^e siècle (STROTHOTTE, MASUCH, ISENBERG 1999 : 40, fig.4), (STROTHOTTE et al.1999 : 17, fig.2).

Les premiers travaux de recherche sur la formalisation de la visualisation des connaissances ont débuté dans les années 1970 avec l’invention par Jacques Bertin de la sémiologie graphique, autrement dit un « ensemble de règles d’un système graphique de signes pour la transmission d’une information » (BERTIN 1973). Les huit variables graphiques 2D créées par le sémiologue étaient avant tout destinées à représenter des informations cartographiques. Sur le modèle de ces variables et dans le courant de pensée d’Edward Tufte, Jean-Yves Blaise et Iwona Dudek ont développé la démarche de la « modélisation informationnelle » afin de rendre plus lisible les connaissances compilées dans la représentation finale en utilisant des dispositifs visuels (BLAISE, DUDEK 2006a : V). Ils ont ainsi établi une liste de « quatorze règles (plus une) » aidant à déterminer le niveau de cohérence du processus de création graphique (BLAISE, DUDEK 2006a), réparties en cinq catégories concernant (fig.40) :

- l’étude des *informations* incertaines et hétérogènes (exemple : règle 1 : « Chaque donnée sur l’objet sera interprétée afin de pouvoir trier et distribuer l’information résultante en un ou plusieurs niveaux de lecture, appelés échelles informationnelles »),
- la *modélisation* des connaissances évolutives (exemple : règle 5 : « Un modèle théorique décrira de façon structurée les formes architecturales »),
- la *représentation* : production dynamique d’outils de réflexion et de visualisation des informations (exemple : règle 11 : « L’apparence donnée à l’objet exploitera un ensemble de codes graphiques à développer pour visualiser les informations le caractérisant »),

- l'abstraction : adaptation des pratiques aux réalités spécifiques du champ patrimonial (exemple : règle 14 : « Le degré de complétude dans l'étude de l'objet sera exprimé graphiquement en temps réel »),
- le cinquième indicateur signale l'utilité de la maquette 3D (règle 15 : « Si la maquette ne débouche pas sur un gain d'intelligibilité des informations qu'elle véhicule, alors elle est inutile »).

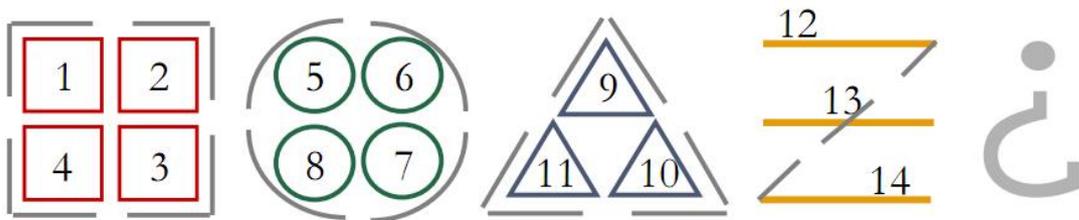


Figure 40 : Les « quatorze règles (plus une) » de la modélisation informationnelle sont figurées par cinq indicateurs (BLAISE, DUDEK 2006a : VIII).

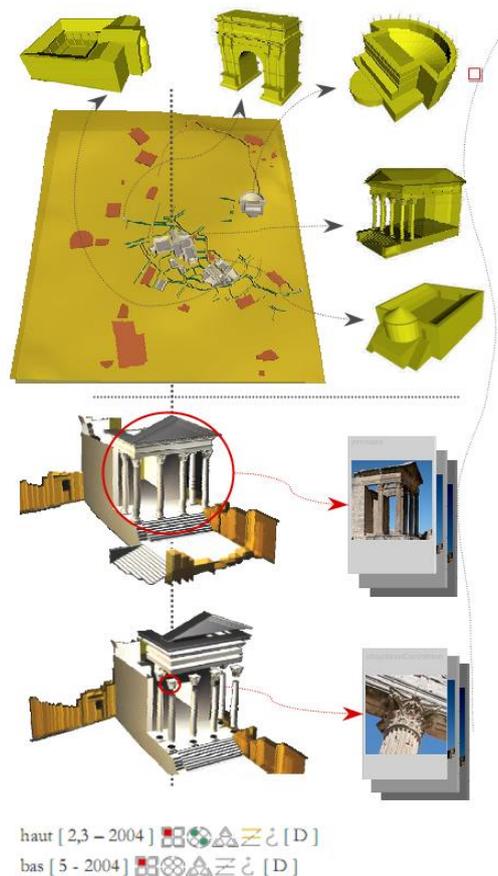


Figure 41 : Exemple d'évaluation de la cohérence de la production du modèle 3D du site de Dougga (BLAISE, DUDEK 2006a : 5-6, fig.1).

Qu'il s'agisse des variables graphiques nées de la sémiologie ou les indicateurs de la « modélisation informationnelle », les deux démarches permettent de communiquer des informations reflétant l'état des connaissances. Toutefois, elles ne sont pas transposables dans une représentation 3D interactive.

Pour ce faire, il existe toute une série de solutions plus ou moins complexes résultant de calculs d'algorithmes de rendus (WITTENBRINK, PANG, LODHA 1995) qui génèrent des phénomènes dynamiques de radiosité, de flux et d'oscillation (PANG, WITTENBRINK, LODHA 1997 : fig.2-4-8-10-21) (fig.42).

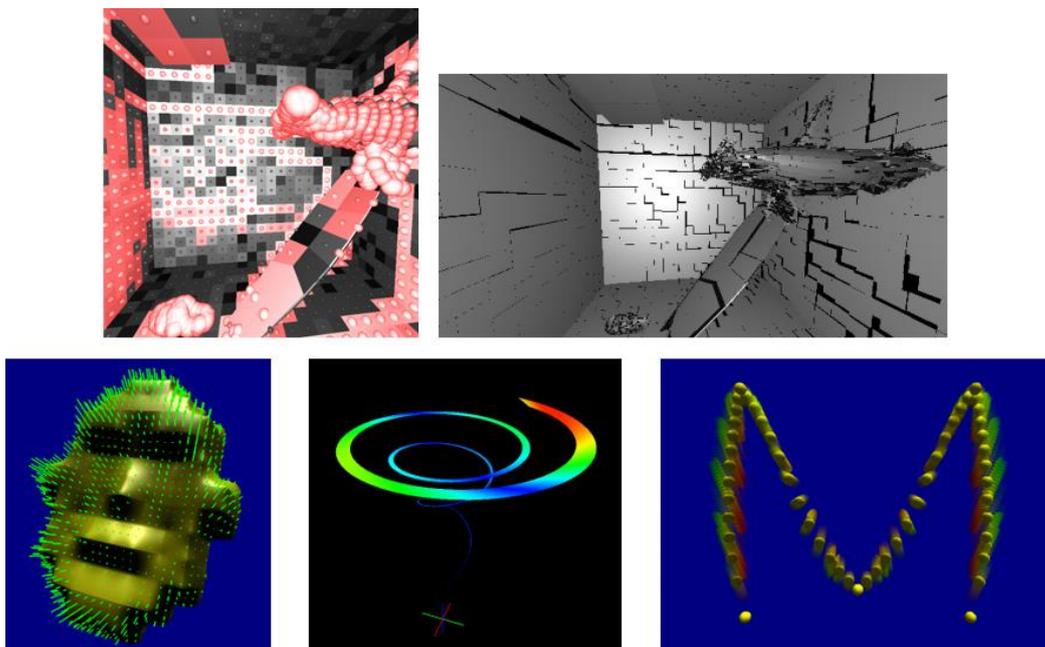


Figure 42 : Dispositifs de visualisation de l'incertitude à travers des phénomènes de radiosité, de flux et d'oscillation (PANG, WITTENBRINK, LODHA 1997 : fig.2-4-8-10-21).

D'autres variables plus intuitives sont couramment utilisées pour visualiser les niveaux de connaissances archéologiques. Les propriétés visuelles les plus courantes sont la transparence, la couleur, la saturation, l'intensité, la netteté, la luminosité, la diffusion spéculaire et la réfraction (HENGL 2003), (REMONDINO 2003 : 2), (MAC EACHREN et al. 2005) ainsi que le « flou », qui constitue une métaphore très intuitive de l'incertitude (GRIETHE, SCHUMANN 2006 : 150) (fig.43).

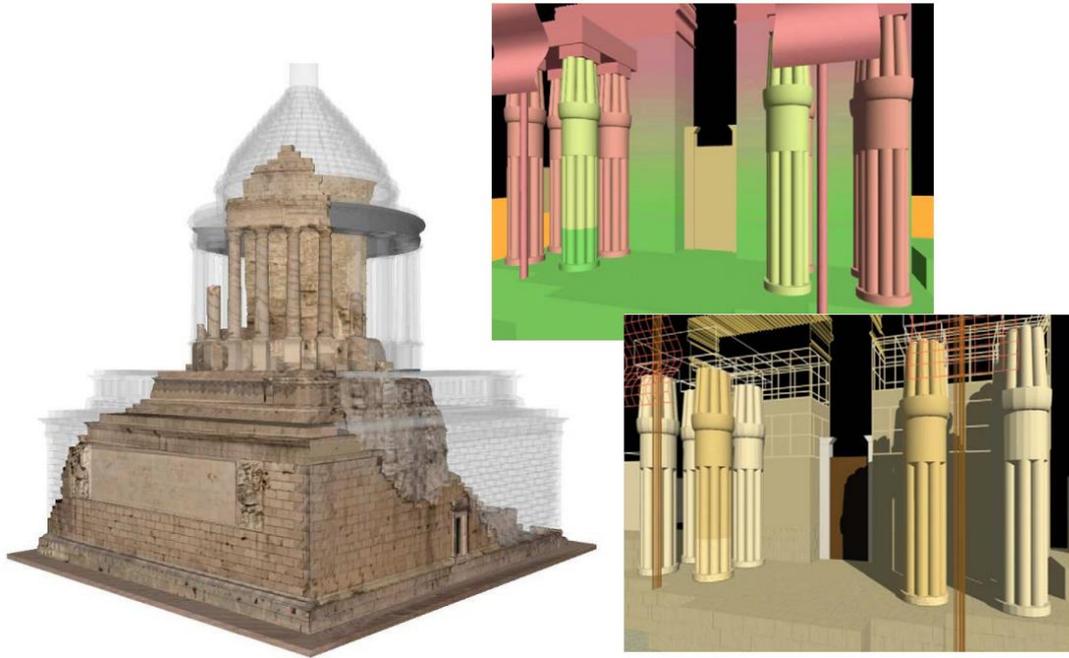


Figure 43 : Visualisation de l'incertitude à travers des propriétés de transparence : restitution 3D du trophée des Alpes à La Turbie (STEFANI 2010 : 175), de fausses couleurs ou de rendu en fil de fer : entrée du temple principal d'Aton à Amarna, Egypte (KENSEK, DODD, CIPOLLA 2004 : 178-179, fig.2-5).

Des recherches complémentaires ont porté sur la visualisation de l'incertitude à travers les techniques de rendus en fil de fer (ou « wireframe ») (KENSEK, DODD, CIPOLLA 2004), ou en « ray tracing » et en « scanline », ces deux techniques étant les plus utilisées mais présentant chacune des contraintes (REMONDINO 2003 : 2). Le « ray tracing » est une technique de rendu qui consiste à rendre le modèle 3D objet par objet, ou pixel par pixel, en calculant l'intensité lumineuse et la capacité du rayon à intercepter tous les objets de la scène dans une direction particulière (REMONDINO 2003 : 2). Le rendu est réaliste mais il ne peut pas être exploité dans une visualisation temps réel en plus de ne pas exprimer intelligiblement l'état des connaissances. A l'inverse, la technique « scanline » utilise des calculs algorithmiques qui extraient des lignes d'arêtes de l'objet et génèrent des textures composées de traits de croquis horizontaux et verticaux dont la netteté et la courbure des traits (STROTHOTTE et al. 1999 : 39, fig.4) (fig.39 droite, fig.44) ou le niveau de détails (POTTER et al. 2007) (fig.45) signalent le degré de certitude accordé à la restitution.

L'expérience sur les traits de contours appliqués à la restitution du palais d'Otto le Grand, déjà expliquée précédemment,

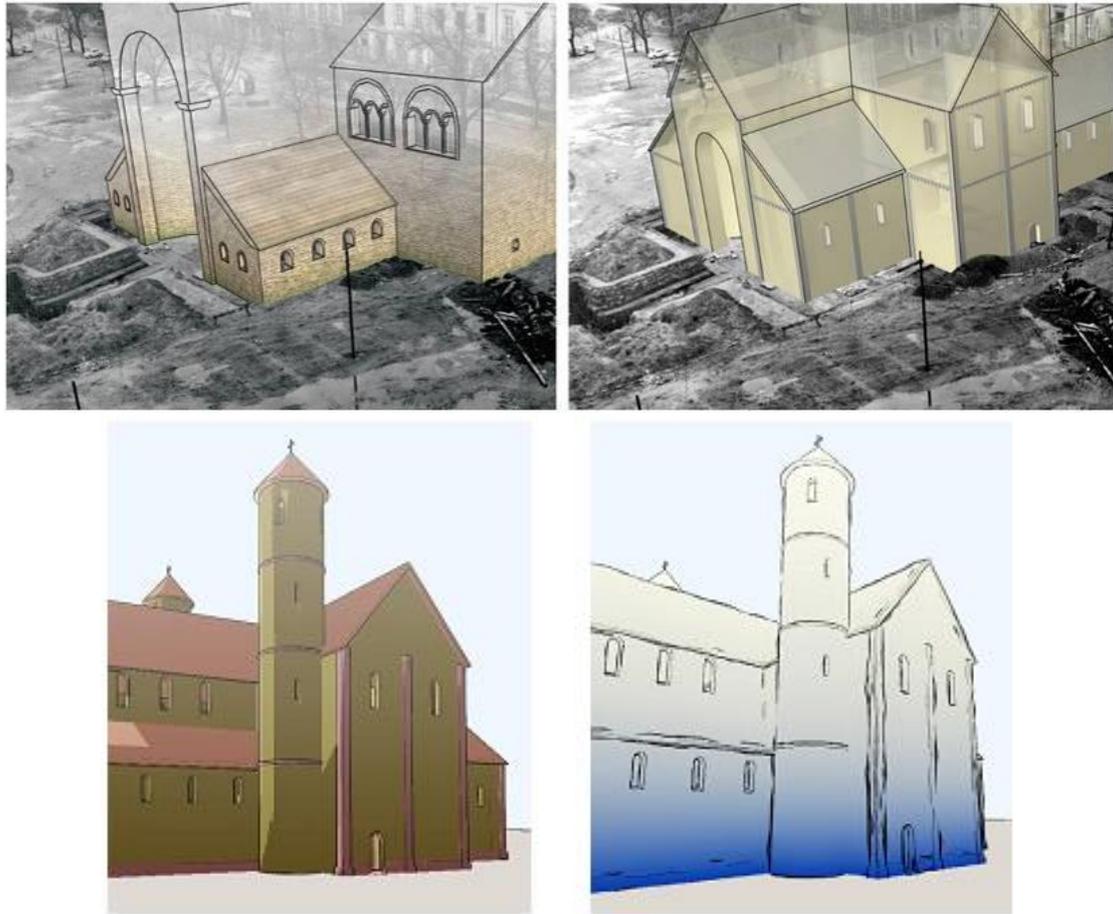


Figure 44 : Restitutions 3D du palais d’Otto le Grand de Magdeburg. Différentes solutions visuelles permettent d’exprimer les niveaux d’incertitude : superposition d’un rendu photo réaliste et du rendu schématique (ZUK, CARPENDALE 2006 : 71, fig.3), application d’un texturage de synthèse (FREUDENBERG et al. 2001 : 98, fig.2), rendus non-photo réalistes effet « cartoon » ou schématique avec l’application d’un ombrage pour signaler l’incertitude (FREUDENBERG et al. 2001 : 98, fig.3).

Une approche novatrice menée plus récemment propose une alternative au plaquage de textures en utilisant des lignes primitives tridimensionnelles (POTTER et al. 2007). Une procédure de calcul algorithmique permet de pré calculer le modèle afin d’identifier les lignes importantes, déterminer la position de la texture et enfin l’appliquer au modèle (POTTER et al. 2007 : 3). Une fois la texture créée et positionnée, la dernière procédure ajuste aléatoirement le niveau de schématisation des lignes 3D (fig.45).

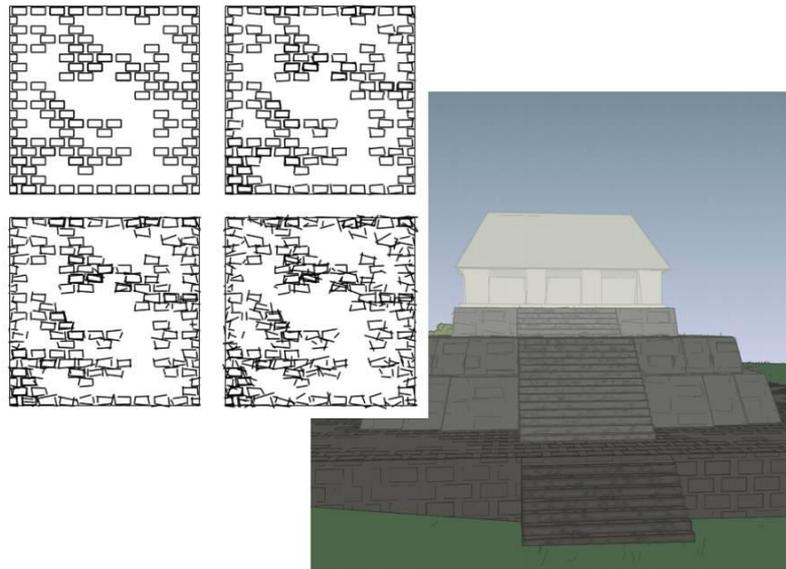


Figure 45 : La génération automatique d'une texture formée de lignes primitives 3D est issue d'un calcul algorithmique, proposant dans une dernière étape d'ajuster le niveau de schématisation des lignes formant la texture. La procédure a été expérimentée sur la restitution 3D d'un temple Maya non défini pour lequel les données présentaient une plus grande certitude pour la partie inférieure (lignes 3D homogènes) à l'inverse de la partie supérieure du monument dont l'incertitude des données archéologiques est traduite par un texturage épars quasi invisible (POTTER et al. 2007 : 6, fig.6 ; 9, fig.8).

Tandis que ces approches tendent à exprimer l'incertitude générale d'un modèle 3D, certains travaux se concentrent sur la visualisation de la fiabilité de la restitution temporelle où les données qui retracent l'évolution des états temporels d'un site peuvent être difficiles à interpréter. Tel est le cas de l'interface *ArkVis* qui propose, grâce à une navigation interactive sur une échelle de temps, de visualiser les incertitudes temporelles de plusieurs artefacts archéologiques (ZUK, CARPENDALE, GLANZMAN 2005 : 6). Les niveaux d'incertitude des dates de construction ou de destruction des objets sont exprimés au sein du modèle 3D à travers une série d'indices visuels statiques et animés : transparence, changement de couleur, brouillard et déplacement vertical (fig.46).



Figure 46 : Restitution des colonnes, sphinx et statue colossale appartenant à un temple égyptien non défini pour la date précise de 1575 avant notre ère et une fourchette temporelle de 100 ans. Plusieurs indices visuels peuvent être utilisés pour exprimer les niveaux d'incertitude temporels concernant la date de construction et de destruction des artefacts (ZUK, CARPENDALE, GLANZMAN 2005 : 6, fig.5-6).

Dans une démarche similaire portant sur l'incertitude spatio-temporelle, la méthode de Stefani propose d'évaluer l'incertitude de la restitution 3D spatio-temporelle en fonction du procédé technique adopté (STEFANI 2010 : 117). Quatre méthodes de reconstruction tridimensionnelle ont été définies :

- la reconstruction géométrique fondée sur des données de terrain (acquisition laser/photogrammétrique (incertitude basse, niveau 1),
- la reconstruction basée sur des images en perspective ou en projection orthogonale, sur la base d'éléments géométriques connus, et par l'emploi d'outils de modification, de duplication et de création (niveau 2),
- la reconstruction à partir d'images en pseudo perspective ou en pseudo axonométrie, sans données métriques ou géométriques (niveau 3),
- la reconstruction sans support iconographique ou sans données de terrain, basée sur la déduction de formes ou la comparaison avec des éléments connus (incertitude haute, niveau 4).

La visualisation des niveaux d'incertitude et des différentes hypothèses de restitution contradictoires sont exprimées à travers des attributs de transparence et de fausses couleurs (fig.47, haut). La seconde partie de sa proposition, adaptée des recherches précédentes de Zuk, a porté sur la création de graphes historiques qui symbolisent le cycle de vie de l'édifice, et sur lesquels peuvent être indiquées les incertitudes de la restitution selon le procédé à travers une variation de la diffusion de la lumière (diffusion à 100% pour l'incertitude basse de niveau 1 ; diffusion à 25% pour l'incertitude haute de niveau 4) (STEFANI 2010 : 117, fig.66) (fig.47, bas).

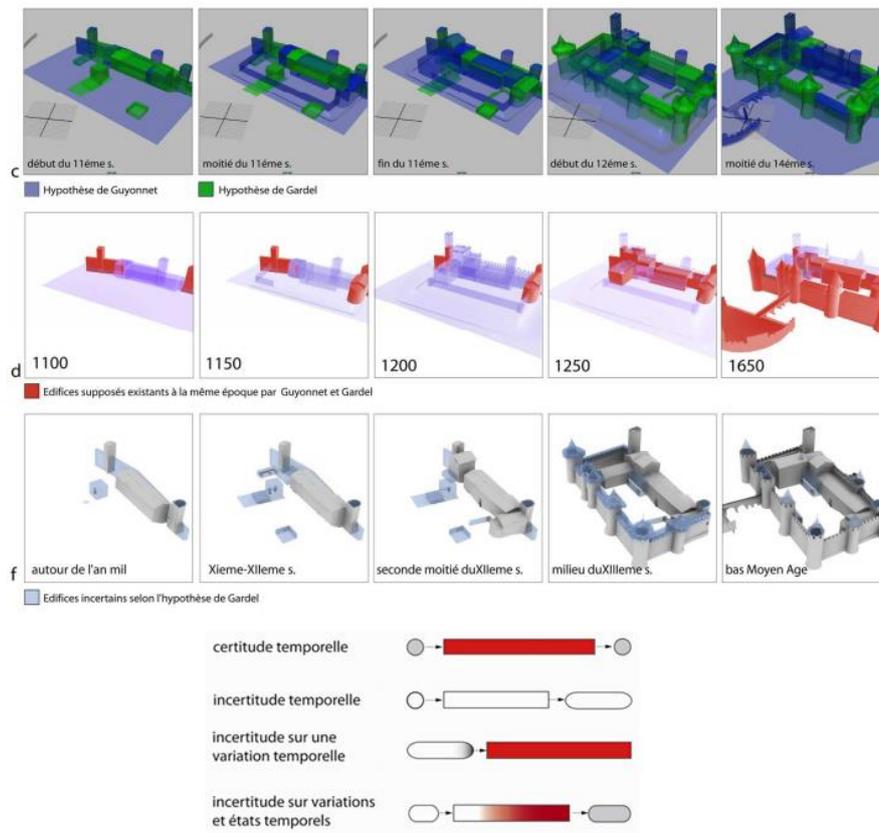


Figure 47 : Application d'attributs visuels de l'incertitude de la restitution géométrique au modèle 3D du château comtal de Carcassonne. La forme des graphes historiques signalent les évolutions de l'édifice (construction, transformation, destruction) et la variable de diffusion exprime le niveau d'incertitude attribué à la restitution (STEFANI 2010 : 115, fig.65 ; 117, fig.66).

Enfin, parmi les travaux de recherche sur la visualisation de l'incertitude que nous avons recensé, l'approche de Kensek propose une interface de reconstruction 3D interactive de formes architecturales (KENSEK, DODD, CIPOLLA 2004). Le dispositif est composé d'une première console de recherche liée à une base de données documentaire (photographies, anciens modèles 3D, artefacts comparables) et à des outils visuels signalant les niveaux

d'incertitude (fig.48). La seconde console, dédiée à l'utilisateur, lui permet de gérer lui-même la fiabilité qu'il veut donner à son modèle 3D, affichée à travers quatre échelles de couleur marquant le niveau de certitude global, archéologique, comparatif et documentaire (fig.49). L'objectif de l'outil est, d'une part, d'aider les archéologues à choisir la meilleure restitution 3D en termes de certitude parmi une collection de formes architecturales préétablies, étayées par les sources documentaires, et d'autre part, de permettre une meilleure évaluation du modèle 3D en laissant l'utilisateur seul juge de la validité scientifique de la restitution.

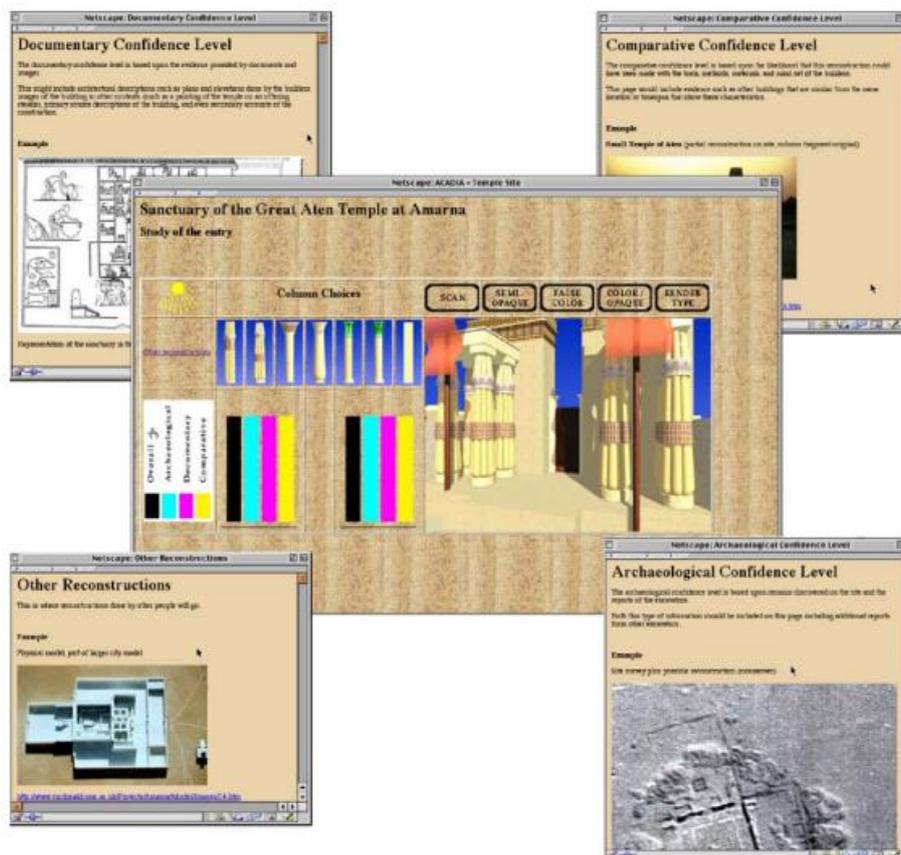


Figure 48 : Entrée du temple d'Aton à Amarna (Egypte). Fenêtre de visualisation de la restitution 3D et fenêtres « pop-up » montrant les sources documentaires sur lesquelles s'est appuyée la restitution (KENSEK, DODD, CIPOLLA 2004 : 181, fig.8).

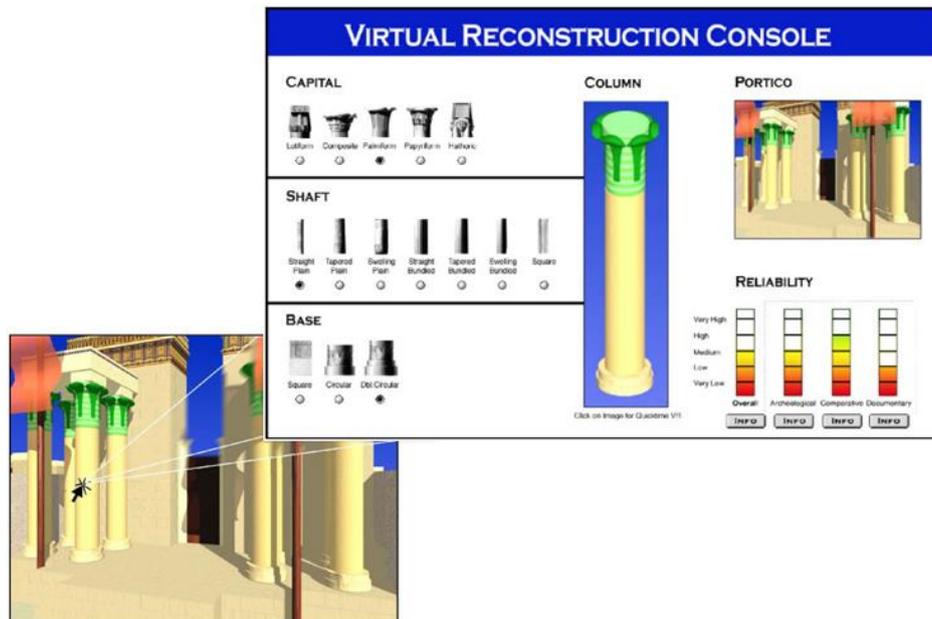


Figure 49 : Entrée du temple d'Aton à Amarna (Egypte). Interface à partir de laquelle l'utilisateur sélectionne la forme architecturale qu'il veut restituer, liée à quatre échelles de couleur marquant la certitude de son choix (KENSEK, DODD, CIPOLLA 2004 : 183, fig.9).

Les différents dispositifs de visualisation que nous venons de développer nous ont permis de mettre en évidence l'existence de nombreuses solutions capables d'exprimer l'état des connaissances, et plus particulièrement les niveaux d'incertitude. Nous avons vu que le rendu photo-réaliste, en-dehors d'une utilisation pour une communication grand public, n'était pas utile pour le travail d'analyse archéologique. L'emploi des lignes de croquis, des textures de synthèse ou des variables de transparence, de fausses couleurs ou de « flou » sont plus maniables et expriment mieux les connaissances qu'une image à l'apparence finie.

Les précédents travaux de recherche soulèvent toutefois quelques remarques. Nous avons souligné la similarité des démarches de Kensek et de la modélisation informationnelle au sens où elles disposent d'outils d'évaluation de la fiabilité du modèle 3D grâce au dialogue permanent avec les sources documentaires organisées dans une base de données. Elles apparaissent comme des solutions complètes en termes de quantité d'informations communiquées et répondent aux principes de traçabilité et de transparence imposés par les règles de bonnes pratiques de la modélisation 3D (ROCHELEAU 2011). Les propositions des autres approches, bien qu'apportant des perspectives intéressantes, ne permettent pas de diffuser complètement, et donc efficacement, l'état des connaissances et les incertitudes. Elles se limitent à l'étude de l'incertitude globale de la restitution ou, à l'inverse, évaluent

individuellement ou en duo les paramètres de description du modèle 3D. Le tableau suivant propose une analyse comparative des atouts et limites des approches présentées (tableau 4).

Approches	Atouts	Limites
Strothotte	<ul style="list-style-type: none"> * Sélection multiple d'entités 3D * Rendu non-photo réaliste * Netteté et courbure des lignes d'arêtes 	<ul style="list-style-type: none"> * Visualisation de l'incertitude globale : mêmes codes visuels pour chaque paramètre
Potter	<ul style="list-style-type: none"> * Sélection multiple d'entités 3D * Rendu non-photo réaliste * Niveau de détail des traits de croquis 	<ul style="list-style-type: none"> * Visualisation de l'incertitude globale : mêmes codes pour chaque paramètre * Fiabilité scientifique non évaluée
Zuk	<ul style="list-style-type: none"> * Incertitude temporelle * Sélection multiple d'entités 3D * Accès à une base de données documentaire * Indices visuels : transparence, déplacement vertical, changement de couleur, brouillard 	<ul style="list-style-type: none"> * Visualisation de l'incertitude temporelle uniquement
Kensek	<ul style="list-style-type: none"> * Incertitude morphologique * Accès à une base de données documentaire * Gestion de l'incertitude dès l'étape de modélisation * Echelles de couleur des niveaux d'incertitude 	<ul style="list-style-type: none"> * Visualisation de l'incertitude morphologique uniquement * Sélection d'un seul objet 3D * Pas d'attributs visuels assignés à l'objet 3D
Stefani	<ul style="list-style-type: none"> * Incertitude spatio-temporelle * Sélection multiple d'entités 3D * Accès à une base de données documentaire * Propriétés de transparence et fausses couleurs 	<ul style="list-style-type: none"> * Visualisation de l'incertitude globale : mêmes codes visuels pour chaque paramètre
Modélisation informationnelle	<ul style="list-style-type: none"> * Sélection multiple d'entités 3D * Synthèse visuelle de l'état des connaissances * Indicateurs de cohérence 	<ul style="list-style-type: none"> * Visualisation de l'incertitude globale : mêmes codes visuels pour chaque paramètre * Complexité immédiate de la lecture des signes, abstraction

Tableau 4 : Tableau comparatif des avantages et limites des différentes approches de la visualisation de l'incertitude de la restitution 3D.

Conclusion

A l'issue de cet état de la recherche, nous pouvons rappeler que l'incertitude est un concept multi-facettes fait de nombreuses nuances pouvant être confondues avec les types et les sources d'incertitude, classifiés différemment selon les approches scientifiques. Du point de vue de l'expression et de la visualisation de l'incertitude, plusieurs exemples ont montré que l'usage d'un vocabulaire commun et l'application de codes visuels et graphiques permettaient

de transmettre l'état des connaissances à travers différents modes de représentation. Avec l'émergence des outils numériques, les études archéologiques ont su exploiter l'imagerie virtuelle pour simuler des hypothèses de recherche multiples en vue de mieux comprendre les phases de transformations successives des sites archéologiques. Mais la limite à la représentation des informations apparaît lorsqu'il s'agit d'explicitier les niveaux de connaissances et de communiquer les étapes des travaux de réflexions. Comment peut-on déterminer si le modèle 3D traduit correctement la réalité archéologique ? Quelles techniques peut-on adopter pour évaluer la représentation 3D ? Certains éléments de réponse ont été cités mais ils restent trop peu nombreux.

A partir de ces observations, nous nous sommes interrogés sur la fiabilité des travaux de restitution de l'église de la chartreuse de Villeneuve lez Avignon pour laquelle une anastylose virtuelle de son décor du XVIII^e siècle a été réalisée.

Partie II

**Incertitude de la représentation 3D de l'architecture :
application des approches à la chartreuse du Val-de-Bénédiction de
Villeneuve lez Avignon**

L'exposé précédent avait pour objectif de présenter l'état de la recherche sur la représentation de l'architecture, en s'interrogeant sur la façon d'exprimer les connaissances et plus particulièrement les incertitudes. Les deux méthodes identifiées utilisent le langage verbal exprimé par l'écrit ou l'oral, et visuel, à travers la mise en place de variables graphiques capables d'exprimer différents niveaux de connaissances. Au-delà de la communication de l'incertitude, les analyses réalisées au cours du raisonnement archéologique permettent d'évaluer et de réduire les incertitudes afin de construire une représentation 3D valide sur le plan scientifique.

Certaines des approches exposées dans la première partie ont été appliquées au site de la chartreuse de Villeneuve lez Avignon (Gard) en vue de vérifier leur efficacité et leur adaptabilité à d'autres études archéologiques. Nous présentons dans cette seconde partie les études faites sur la chartreuse et plus spécifiquement sur l'église, réalisées dans le cadre du programme « Chartreuse numérique ». Les objectifs étaient, tout d'abord, de reconstruire l'état actuel de l'édifice en exploitant les différents procédés techniques disponibles, puis de proposer une hypothèse de restitution de son décor au XVIII^e siècle à la veille de la Révolution française. En nous appuyant sur les recherches et modèles 3D réalisés, nous avons tenté d'évaluer leur fiabilité en appliquant les solutions existantes.

I. Historique du monument



Figure 50 : Orthophotographie aérienne (© IGN 2008) et plan d'ensemble de la Chartreuse dressé au 1/200^e (plan : Pierre MARRON © CIRCA 1995).

I.1. Historique général

La chartreuse pontificale du Val-de-Bénédiction est située à Villeneuve lez Avignon dans le département du Gard, sur la rive droite du Rhône. Son histoire est étroitement liée à celle de la Papauté d'Avignon et du pont Saint-Bénézet (AMARGIER et al. 1988), (SOURNIA, VAYSSETTES 2006).

Le cardinal Etienne Aubert occupait un palais construit en contrebas du mont Andaon et du fort Saint-André. De son palais initial construit à partir de 1342, il ne subsiste aujourd'hui que le mur d'enceinte, la cave du pape et quelques vestiges n'autorisant qu'une restitution sommaire du complexe palatial (fig.51, a) (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 200-203). Son élection au rang de pape en 1352 lui donne l'occasion d'agrandir son palais vers l'ouest en faisant construire une salle consistoriale (fig.51, b), à l'origine richement ornée de fresques réalisées entre 1354 et 1359 par Matteo Giovanetti et dont il ne reste aujourd'hui que celles de l'abside nord représentant la vie de saint Jean-Baptiste (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 202-208, 215-225). Durant la même campagne de travaux, les premiers bâtiments de la chartreuse ont été érigés en contrebas du palais à l'est, au pied du mont Andaon. Ce premier complexe, fondé le 2 juin 1356, se composait d'une église, d'un petit et d'un grand cloître, le second enserrant le cimetière autour duquel ont été construites douze cellules d'habitation (fig.51, c). A la mort d'Innocent VI le 12 septembre 1362, le cardinal Audouin Aubert, évêque d'Ostie, achète des terres alentours sur lesquelles un autre neveu d'Innocent VI, le cardinal éponyme Etienne II Aubert, entreprend les travaux du cloître Saint-Jean à l'emplacement d'une partie du palais détruit dans un incendie en 1365 (CINGRIA, BARNICAUD, TOURNOIS 1977 : 12). Il décède en 1369 avant la fin des travaux, achevés par le cardinal de Pampelune Pierre de Monteruc grâce à qui la communauté de moines a été agrandie. A partir du 3 janvier 1372, la construction de douze nouvelles cellules autour du cloître Saint-Jean et l'extension de l'église vers l'ouest marque la seconde fondation de la chartreuse (fig.51, d).

L'intérêt suscité par la chartreuse auprès des rois de France, nombreux à l'avoir visité, lui a valu de recevoir, depuis Jean II le Bon en 1362 et jusqu'à la Révolution française, d'importants dons et exemptions de taxes. Ces privilèges lui ont octroyé le statut de chartreuse la plus riche de France aux XVII^e et XVIII^e siècles grâce auxquels de nouvelles campagnes de travaux ont pu être entreprises : porche de l'église, portail d'entrée de l'allée des mûriers construit par l'architecte François Royers de la Valfenière, réfection des deux grands cloîtres, aménagement des cellules et des dépendances (bugade, ateliers de la rue de

l'Amelier) (fig.51, e). Enfin, l'église, les chapelles, la sacristie et la salle capitulaire ont été parées d'œuvres d'art sculptées et peintes.

Les descriptions détaillées du quotidien et du cadre de vie des chartreux, relatées par l'abbé Soumille, nous permettent d'avoir une connaissance précise de l'état de la chartreuse avant la Révolution française (SOUMILLE 1743), (SOUMILLE 1744a), (SOUMILLE 1744b) (COULONDRES 1994), tournant dans l'histoire du monument. La communauté religieuse a été dissoute d'après la loi du 13 février 1790⁴² et les bâtiments ont été divisés puis vendus en lots le 20 juillet 1794 (AMARGIER et al.1988 : 72) (fig.51, f). Les œuvres d'art ont été recensées dans un premier inventaire détaillé dressé entre le 7 et le 18 janvier 1791 par des commissaires locaux (GUIRAUD et al. 1791), (BALIGANT 1982), complété par un second état des lieux plus succinct réalisé le 17 septembre 1792 (Anonyme 1792). L'acte de vente du 27 mai 1793 mentionne que sont exclus de la vente « les tableaux, marbres, boiseries et fers qui se trouvent dans l'église et les chapelles y attenantes, la sacristie et le réfectoire »⁴³. Les objets de mobilier et de liturgie ont donc été déplacés dans divers lieux. Les tableaux ont été déposés pendant un temps à la Collégiale de Villeneuve avant d'être transportés au musée municipal inauguré en 1868 puis dans d'autres musées pour certains d'entre eux (musée Calvet d'Avignon, musée d'art sacré de Pont-Saint-Esprit). La bibliothèque a été dispersée et le tombeau d'Innocent VI a été déplacé dans la chapelle de l'Hôpital de Villeneuve à la suite de la tournée d'inspection de Prosper Mérimée en 1834⁴⁴.

Malgré les dégâts occasionnés par les habitants⁴⁵, l'ensemble des bâtiments a pu être préservé. Les campagnes de restauration entreprises à partir de 1909 à la suite du rapport d'expertise de Jules Formigé (FORMIGE 1909) ont mené aux expropriations progressives des habitants, au rachat des parcelles par l'Etat et à la remise en état des bâtiments (PINIES 2010). Depuis 1973 et la création du Centre International de Création et d'Animation (CIRCA), puis du Centre National des Ecritures du Spectacle en 1990, la chartreuse a une double vocation

⁴² La loi votée le 13 février 1790 supprime les ordres religieux.

⁴³ Acte de vente du 27 mai 1793 : AD 30 Q 111.

⁴⁴ Le tombeau du pape Innocent VI a retrouvé sa place d'origine dans la chapelle de la Trinité en 1960 à l'issue d'une cérémonie religieuse autorisée par le Vatican (CINGRIA, BARNICAUD, TOURNOIS 1977 : 10).

⁴⁵ Les rumeurs publiques racontent que le chœur de l'abside se serait effondré au cours du XIX^e siècle suite au percement d'un passage par le propriétaire de l'espace voulant faire passer ses charrettes. Les statuette situées dans les niches du tombeau ont été pillées. Une porte a été aménagée dans un pan de mur de la chapelle des fresques pour améliorer la circulation des occupants, détruisant une partie des peintures.

d'accueil des visiteurs et d'artistes en résidence, et d'organisation d'évènements culturels et artistiques (expositions, spectacles, concerts, lectures) (CONROD 2013).

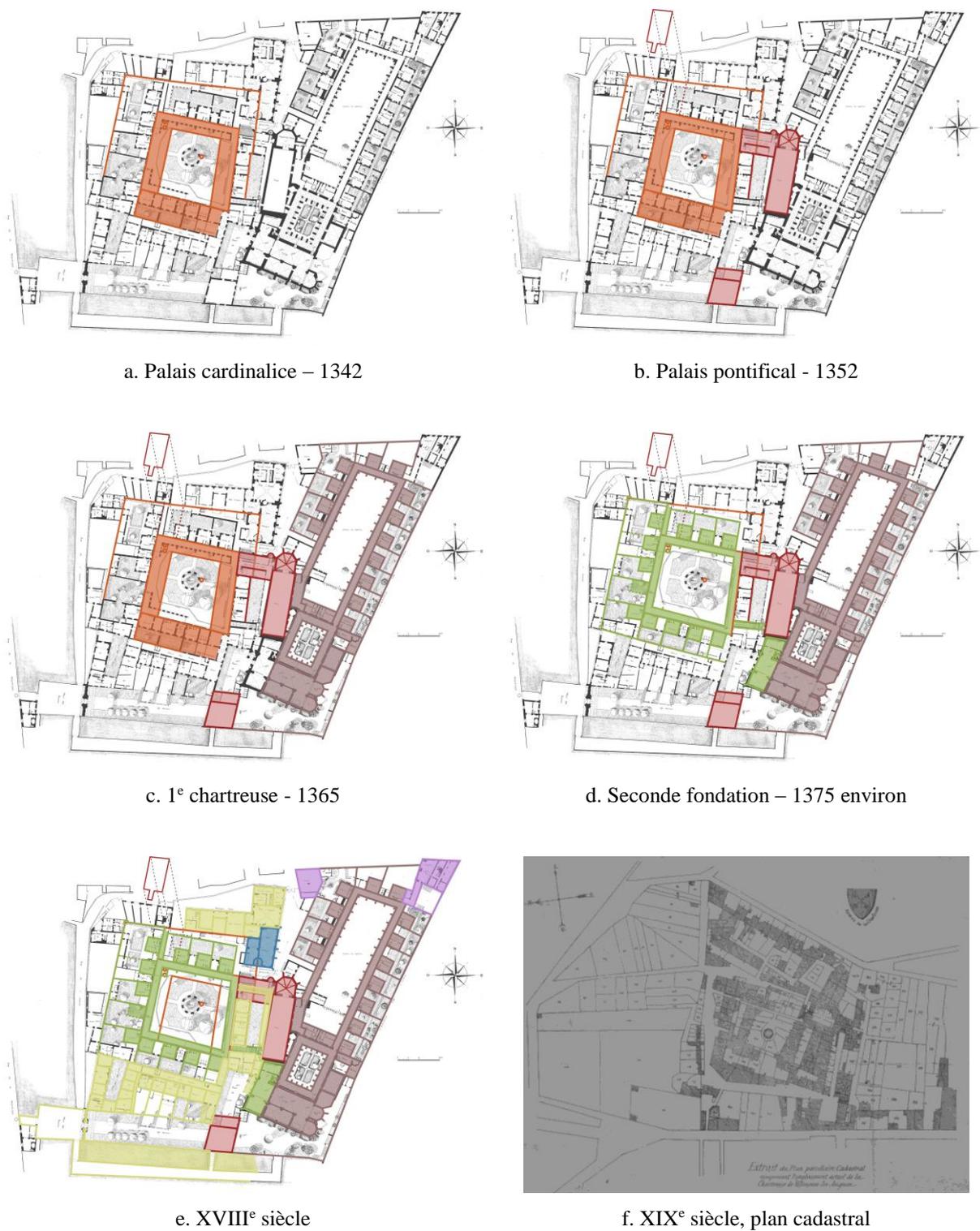


Figure 51 : Plans de la chartreuse à différentes périodes : a, b, c, d, e : d'après (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 202, 209, 213, 293) ; f (COULONDRES 1876).

I.2. Etudes archéologiques et numériques

Durant tout le XX^e siècle et aujourd'hui encore, des études archéologiques ont été effectuées en parallèle des travaux de restauration. La bugade a fait l'objet d'une étude architecturale en 1958 (JULLIEN 1958), une petite parcelle du cloître du cimetière a été fouillée en 1985 révélant la présence des corps des moines chartreux (PODGORNY, CHAVINIER 1985), les jardins et la circulation de l'eau dans le monument ont été étudiés en 2000 (AUDURIER-CROS, MEVY, SALMERON 2000). Les premières études réalisées en 2009 sur le bâtiment des frères (PARRON 1999) ont pu être actualisées avec les fouilles portant sur le complexe de l'allée des Mûriers (HARTMANN-VIRNICH, MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2004a), (HARTMANN-VIRNICH, MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2006). L'ensemble hôtellerie-boulangerie a été étudié en 2002 (BOUTIN et al. 2002). Le cloître Saint-Jean, abordé en 1999 (ALLIMANT 1999), a fait l'objet d'une seconde campagne de recherches en 2004 (HARTMANN-VIRNICH, MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2004b). Deux ensembles alentours au cloître ont été étudiés en 2005 : les appartements du pape (HARTMANN-VIRNICH, MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2005) et la cellule U située au nord (MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2005). Les évolutions architecturales de l'église ont été identifiées par deux architectes de l'université allemande de Bamberg (NAGEL, URBAN 2005). Enfin, la cave du pape, vaste structure souterraine aménagée sur deux niveaux, a fait l'objet d'une récente campagne de fouilles en 2010 (HARTMANN-VIRNICH, MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2010).

En-dehors des murs de la chartreuse, les jardins, ateliers et dépendances appartiennent aujourd'hui à des propriétaires privés. Les découvertes fortuites sont signalées selon le bon vouloir des propriétaires ou interviennent au cours de travaux de réhabilitation de bâtiments appartenant à la chartreuse. Les récents travaux effectués en 2012 sur la « maison Pendel » et les ateliers situés dans la rue de l'Amelier ont permis de dégager l'angle nord-ouest et les faces extérieures du mur d'enceinte du palais cardinalice (fig.52).



Figure 52 : Echauguette de l'angle nord-ouest du mur d'enceinte de la chartreuse dégagée au cours des travaux de réhabilitation de locaux situés rue de l'Amelier (photo : Aurélie Favre-Brun 2012).

En complément des études archéologiques, l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques (ENSG) et plus récemment, le laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC) (Marseille), ont réalisé plusieurs campagnes de relevés numériques des bâtiments de la chartreuse. Entre 2005 et 2008, dans le cadre de stages de formation, l'ENSG a enregistré la quasi-totalité des espaces intérieurs et extérieurs du site, représentant près de 250 stations laser et plus de 500 millions de coordonnées 3D (GRESSIN 2009 : 12). Puis, à partir de 2007, le laboratoire MAP a poursuivi les campagnes de relevés numériques, également organisées dans le cadre d'une formation. L'organisation de ces missions a donné naissance en 2008 au programme « Chartreuse numérique » qui vise à sauvegarder et à communiquer le patrimoine de la chartreuse à travers la construction de modèles 3D. Trois phases marquent le programme. La première, réalisée dans le cadre du programme national de numérisation 3D du patrimoine « 3D[Monuments] »⁴⁶, a porté sur l'église. Les objectifs étaient de réaliser une archive numérique de l'édifice actuel puis de proposer l'anastylose virtuelle du décor du XVIII^e siècle basée sur les sources documentaires (FAVRE-BRUN et al. 2011) (annexes 6-7). La restitution est présentée aux visiteurs, depuis juin 2012, sur des tablettes tactiles dans un espace dédié (fig.53).

⁴⁶ Programme national de numérisation 3D du patrimoine : <http://www.map.archi.fr/3D-monuments/> (site consulté le 15 juillet 2012).

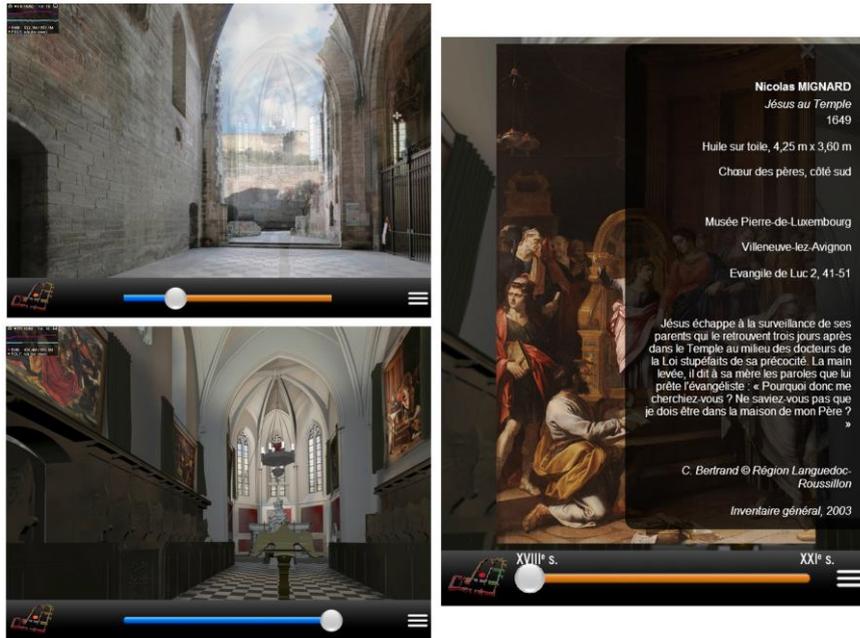


Figure 53 : Application tactile « Eglise 2.0 », visite de l'église sur 360° basée sur la superposition virtuel/réel. L'application permet de visualiser les tableaux en haute définition et de lire les informations générales de chaque peinture (modèle 3D : © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2010 ; application : © Alyen 2012).

Au cours d'une seconde phase, le projet « Chapelle des fresques », centré sur la sauvegarde des fresques de la chapelle Saint-Jean-Baptiste, a permis de construire une maquette 3D de la chapelle à partir de relevés lasergrammétriques et photographiques à haute résolution. Les analyses conduites en 2010 par une équipe de restaurateurs ont permis la mise en place d'une base de données sur l'état sanitaire des peintures du XV^e siècle (VALLET et al. 2010). Enfin, la troisième phase du programme (en cours), retenue par le plan de numérisation 2013 du Ministère de la Culture et de la Communication (annexe 9) porte, d'une part, sur la création de plusieurs modèles 3D traduisant les évolutions de la chartreuse depuis le palais cardinalice jusqu'à l'état actuel et, d'autre part, sur la numérisation des archives historiques (archéologie, architecture, ethnologie, jardins) et culturelles (événements artistiques accueillis depuis la création du CIRCA en 1973).

II. Terrain d'étude privilégié : l'église conventuelle

Le chantier de construction de l'église s'est déroulé en cinq phases (NAGEL, URBAN 2005), échelonnées entre 1358 et environ 1375. Puis, des campagnes de transformations ultérieures ont été exécutées jusqu'à la Révolution française.

II.1. Phase 1 (1358) – chœur des pères, sanctuaire

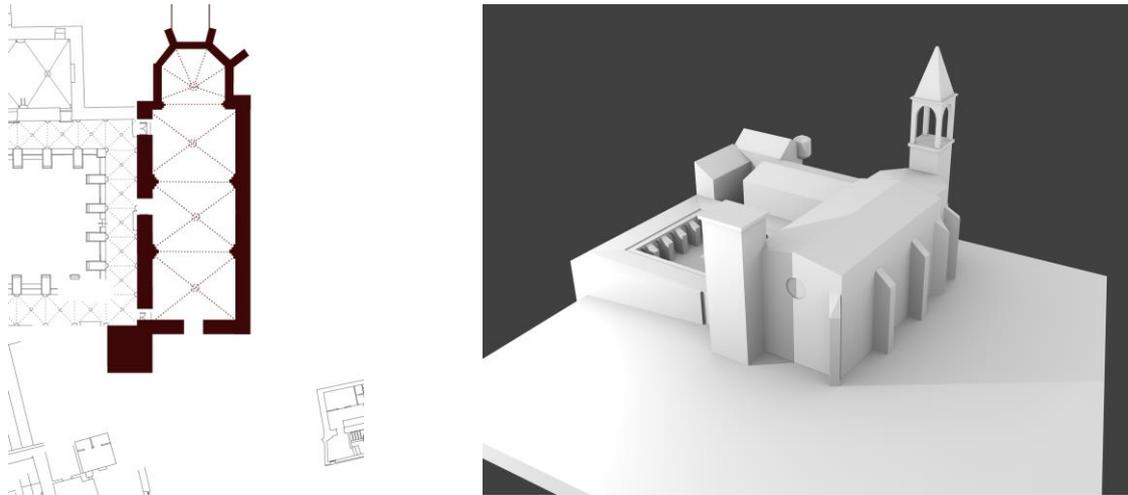


Figure 54 : Plan et modèle 3D de l'église en 1358.

Consacrée le 19 août 1358, l'église était formée d'un vaisseau à trois travées de 26 m de longueur sur 8 m de largeur (actuel chœur des pères) et d'un clocher situé dans l'angle sud-ouest du petit cloître. Le mur nord de la nef, d'origine, est percé de trois portes menant au petit cloître et de trois fenêtres situées à 6,75 m de haut. Des fenêtres semblables devaient percer le mur sud, remanié au moment de la construction des chapelles Saint-Bruno et Saint-Michel entre 1361 et 1365 (NAGEL, URBAN 2005 : 40). La façade occidentale primitive, détruite en 1372 au moment de l'extension, est attestée par la présence de traces visibles depuis le toit (FORMIGE 1909 : 26) et par les contreforts placés en oblique. D'après l'inventaire dressé en juin 1356, l'église était richement décorée de parements d'autels colorés et figurés de personnages, de trois retables d'autels en bois et de deux statues de Marie⁴⁷ (LE BLEVEC, GIRARD 1989 : 27).

Parmi les questions soulevées pour restituer l'église primitive, apparaît celle de la présence d'un clocher localisé derrière l'abside (GIRARD, GIRARD 1992 : 17) « au bout de la nef principale », devant rendre aveugle une des baies (FORMIGE 1909 : 25-26) (fig.55, a). Nos recherches documentaires nous ont permis de découvrir qu'il avait servi de carrière de pierre vers 1806 (GIRARD, GIRARD 1992 : 17). Plusieurs documents figurent l'abside et le clocher : une ancienne photographie prise vers 1940 représentant le dégagement des fondations du présumé clocher (fig.55, b) ainsi qu'une série de dessins montrant les murs de

⁴⁷ Les auteurs indiquent que les deux statues pourraient être celles actuellement exposées au musée municipal Pierre-de-Luxembourg de Villeneuve lez Avignon.

l'abside encore en élévation dont le pan médian est percé d'une porte (fig.55, c, d, e). Ils semblent confirmer la théorie de Formigé, à l'inverse des représentations antérieures du XVII^e siècle qui montrent le clocher positionné au-dessus de la sacristie et accolé au mur nord de l'église (fig.55, f à k). Au regard des données les plus récentes, c'est-à-dire la découverte des fondations de l'abside dans les années 1940, nous avons reconstruit l'abside ainsi que le clocher tel que l'avait proposé l'architecte en 1909 (fig.54, 55, 56).



a. Détail de l'aquarelle de Formigé, 1909 (GRAHAL 2001/321-33, vol.2, 6).



b. Dégagement des fondations de l'abside, années 1940 (photo : GRAHAL⁴⁸).



c. Anonyme, XIX^e s. (médiathèque Ceccano, Avignon).



d. Jean-Joseph-Bonaventure Laurens, XIX^e s., (bibliothèque Inguimbertaine, Carpentras) (photo : Maryan Daspet 1972).

⁴⁸ GRAHAL : Groupe de Recherche Art Histoire Architecture et Littérature. L'équipe a réalisé un inventaire de la documentation relative à la chartreuse (BORJON 2012), organisé dans une base de données. Malheureusement, l'obsolescence des programmes informatiques nous empêche de consulter la base de données.



e. J-B Laurens (?), 23 mars 1835 (musée Calvet, Avignon)
(photo : Maryan Daspét 1977).



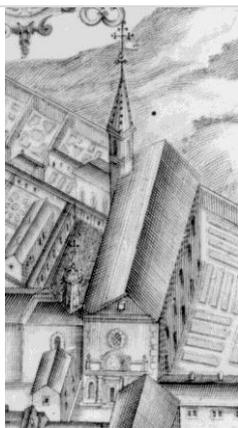
f. Détail de la gravure de Borelli, XVII^e s. (photo :
Aurélie Favre-Brun 2012).



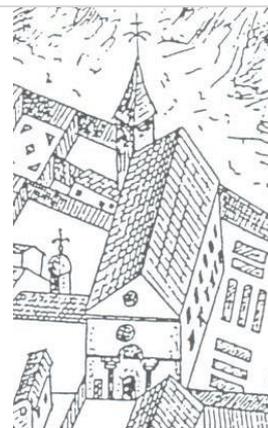
g. Carte de la chartreuse du Val-de-Bénédiction de
Villeneuve lez Avignon, détail, attribuée à J-CI Cundier,
huile sur toile marouflée sur panneau d'aggloméré, s.d.,
galerie des cartes, Monastère Grande Chartreuse (inv. F
39) (photo : Aurélie Favre-Brun, 2011).



h. Portrait du Pape Innocent VI, détail, J-CI
Cundier, 1690, huile sur toile (BORJON 2002 :
vol.2, 21) (photo : GRAHAL).



i. Détail d'une gravure, anonyme, 2^e moitié du XVII^e
siècle, (BNF, cabinet des estampes, Va 30, t.6) (BORJON
2002 : vol.2, 20) (photo : GRAHAL).



j. Détail d'une « vue figurée de la chartreuse »
(VALLA 1991 : 182).



k. Détail d'une « vue cavalière », XVIII^e siècle (MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2005).

Figure 55 : Les représentations de l'église positionnent le clocher au-dessus de la sacristie ou en arrière de l'abside.

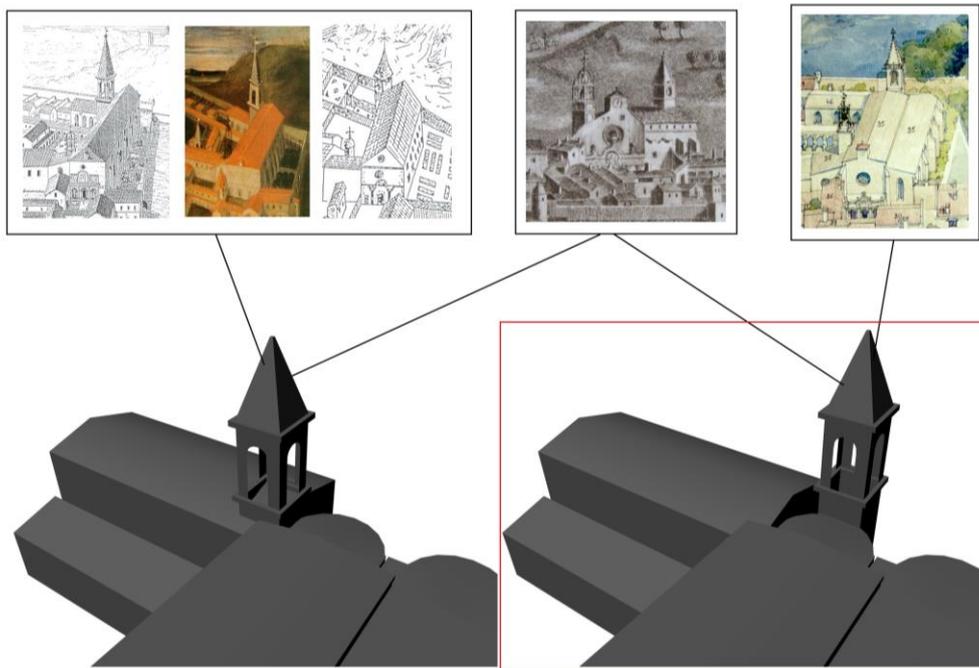


Figure 56 : Modèles 3D des deux hypothèses de restitution du clocher fondées sur les sources. La perspective de la gravure de Borelli empêche de localiser plus précisément le clocher. La restitution retenue est la même que Formigé, étayée par la découverte des fondations du clocher.

II.2. Phase 2 (1360-1361) – chapelle de la Trinité

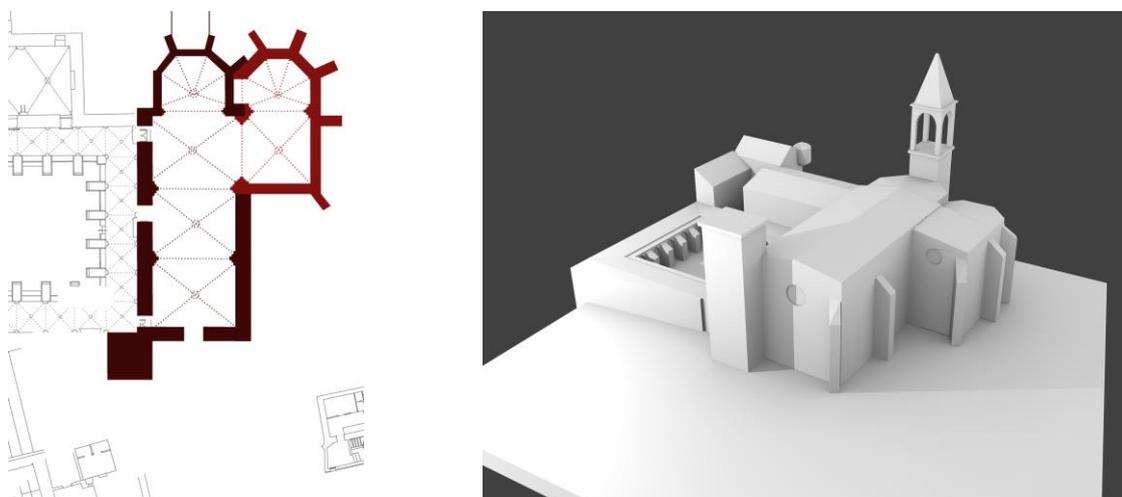


Figure 57 : Plan et modèle 3D de l'église en 1361.

La chapelle de la Trinité a été érigée au sud du sanctuaire à la demande d'Innocent VI qui souhaitait se faire inhumer dans l'église. Elle est composée d'une travée occupée par le tombeau du pape, et d'une abside à cinq pans. Les dates du chantier sont connues à travers différents documents : ordre d'Innocent VI au prieur de la chartreuse de procéder à la construction de la chapelle le 29 octobre 1360 (GIRARD, GIRARD 1992 : 17), relevés de comptes et détails des versements aux artisans du tombeau⁴⁹, mention de la peinture de la clé de voûte en octobre 1361 (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 199). La construction de cette chapelle a impliqué le percement du mur gouttereau sud du chœur des pères, mettant en communication les deux espaces (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 210).

⁴⁹ Bertrand Nogayrol était chargé de sculpter les éléments d'architecture du tombeau, Thomas de Tournon quelques sculptures et Barthélémy Cavalier le gisant d'Innocent VI (AMARGIER et al. 1988 : 169).

II.3. Phase 3 (1363-1365) – chapelle Saint-Bruno/Saint-Michel

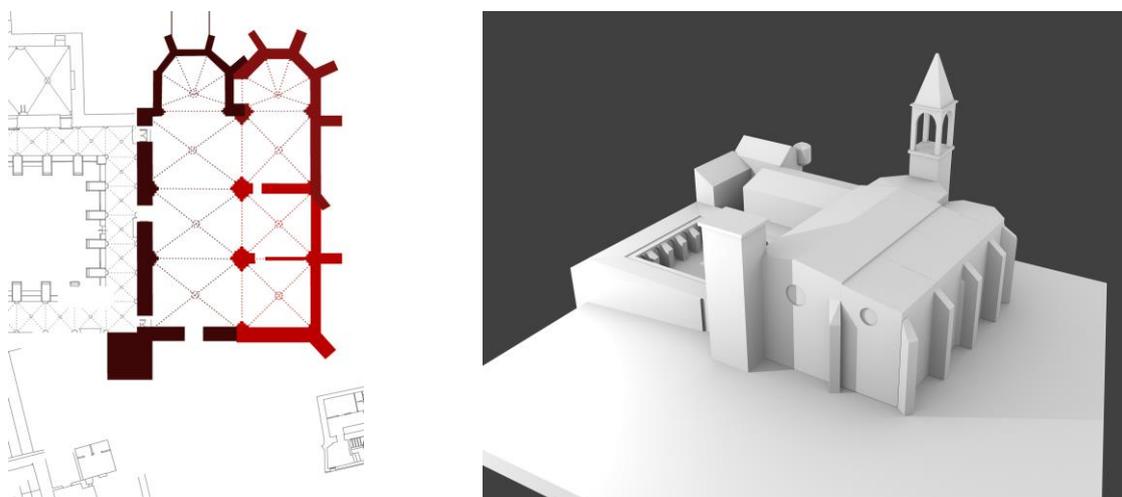


Figure 58 : Plan et modèle 3D de l'église en 1365.

La confrontation des sources qui décrivent cet espace souligne un problème d'incompréhension au niveau de la date de construction des chapelles, incompréhension certainement née de l'existence de plusieurs dénominations successives : les chapelles Saint-Bruno et Saint-Pierre se seraient appelées, plus tard, Saint-Michel, sans que les auteurs ne donnent plus de précision (AMARGIER et al. 1988 : 146) (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 238). Or, lors de la commande passée à Raymond Boterie pour le tableau *La Chute des anges rebelles* peint en 1509-1510, le peintre le destinait expressément, dans le prix-fait, à la « chapelle Saint-Pierre » (LE BLEVEC, GIRARD 1989 : 20, 335), (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 238, 305).

Le second problème de cette double chapelle concerne la chronologie de sa construction. La double chapelle aurait été construite par Pierre de Monteruc, auteur de la seconde fondation en 1372, pour y être inhumé à son décès survenu le 30 mai 1385. Selon certains auteurs, la construction daterait d'entre 1363 et 1365⁵⁰ (AMARGIER et al. 1988 : 146), (GIRARD, GIRARD 1992 : 19) ; pour d'autres, elle aurait été érigée dès 1372 (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 200). Or, Pierre de Monteruc n'apparaît dans l'histoire de la chartreuse qu'à partir de 1370, au lendemain du décès d'Etienne II Aubert en 1369. De plus, Audouin et Arnaud Aubert, successeurs immédiats d'Innocent VI, poursuivent l'œuvre de leur oncle avant de décéder, Audouin le 9 mai 1363, inhumé dans la chapelle Saint-Bruno, et Arnaud en

⁵⁰ Dates utilisées pour la restitution 3D validée par Alain Girard.

1371, inhumé dans un lieu indéterminé de la chartreuse (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 199). La mauvaise utilisation par les auteurs de la dénomination conduit à une incompréhension de la logique temporelle du chantier de construction des deux chapelles.

Outre ce problème, la construction de la chapelle dans le prolongement immédiat de la chapelle pontificale, a impliqué une reprise du mur sud du chœur des pères, marquée dans le pilier de séparation (NAGEL, URBAN 2005 :44). L'étude archéologique a identifié, dans le pilier P7 situé entre le chœur des pères et l'angle nord-ouest de la chapelle de la Trinité, trois phases temporelles distinctes (fig.59). Les vestiges du mur d'origine de l'église primitive apparaissent dans les assises centrales du pilier (en jaune). La construction de la chapelle de la Trinité (phase B) puis de la double chapelle (phase C) a exigé le percement du mur et la création d'arcs de liaison (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 212).

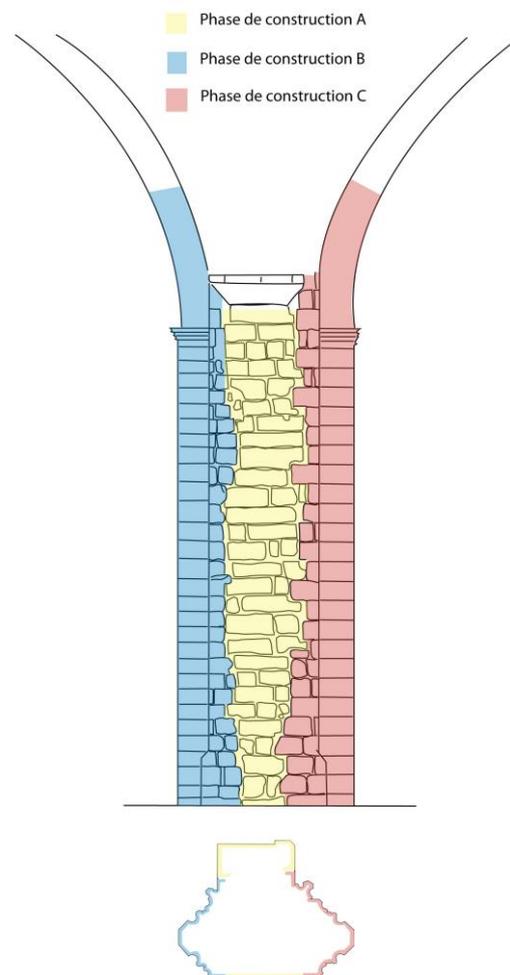


Figure 59 : Mise au net du relevé pierre à pierre du pilier P7 entre le chœur des pères et la chapelle de la Trinité, échelle 1/20^e (NAGEL, URBAN 2005 : pl. IV.2) (mise au net : Aurélie Favre-Brun).

Le mur de façade occidental est d'une épaisseur de 1,50 m (NAGEL, URBAN 2005 : 44, 46) et laissait dégagé le mur pignon (mur sud) de la salle du consistoire (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 212). L'épaisseur inhabituelle, la présence d'un contrefort oblique à l'angle sud-ouest ainsi que l'œil de bœuf dont le remplage est compliqué et coûteux informent qu'un agrandissement de l'église n'était pas programmé à ce moment du chantier (NAGEL, URBAN 2005 : 46).

Un autre point a suscité des interrogations : les chapelles étaient-elles séparées par un mur ou ne formaient-elles qu'un vaste espace ? Aucune information à ce sujet n'a été trouvée parmi les sources. Le seul document qui représente deux espaces distincts est le plan dressé en 1722 (fig.60). En plus du mur de séparation, il figure le jubé, les autels et les tombeaux.



Figure 60 : Seul document qui représente une séparation entre les deux chapelles Saint-Bruno et Saint-Michel (plan de 1722, AM Villeneuve lez Avignon, II-5-52).

II.4. Phase 4 (1372) – chœur des frères

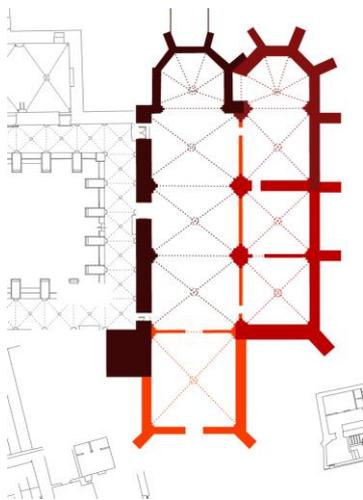


Figure 61 : Plan et modèle 3D de l'église en 1372.

La seconde fondation de la chartreuse est marquée par l'extension de l'église vers l'ouest. Le décès d'Innocent VI en 1362 et l'agrandissement de la communauté apparaissent comme les événements déclencheurs des travaux qui ont progressivement conduit à l'occultation du mur sud de la salle du consistoire que les chartreux utilisent désormais comme réfectoire (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 213-214). La construction du chœur des frères, isolé pendant un certain temps comme l'attestent les deux contreforts obliques des angles extérieurs (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 213), a imposé le percement du mur de façade initial, la création d'un arc doubleau et d'un nouveau mur de séparation de 3,5 m de haut entre les deux espaces, le premier mur étant situé, à l'origine, plus à l'est (NAGEL, URBAN 2005 : 46). Les architectes sont les premières à mentionner l'existence d'un mur de séparation primitif qu'elles localisent au milieu du chœur des pères, sans toutefois repérer la présence de traces sur le mur nord et le pilier sud de la nef. S'il existait un jubé, il devait être en bois comme nous pouvons le voir dans l'église de la chartreuse de la Valbonne, contemporaine du Val de Bénédiction. C'est au cours de cette période de transformations que les murs séparant le chœur des pères et les chapelles sépulcrales de la travée sud, richement décorées, ont été montés (LE BLEVEC, GIRARD 1989 : 21-22), les rendant totalement indépendantes et invisibles des chartreux.

II.5. Phase 5 (1375 environ) – chapelle de l’Annonciation, chapelle des frères

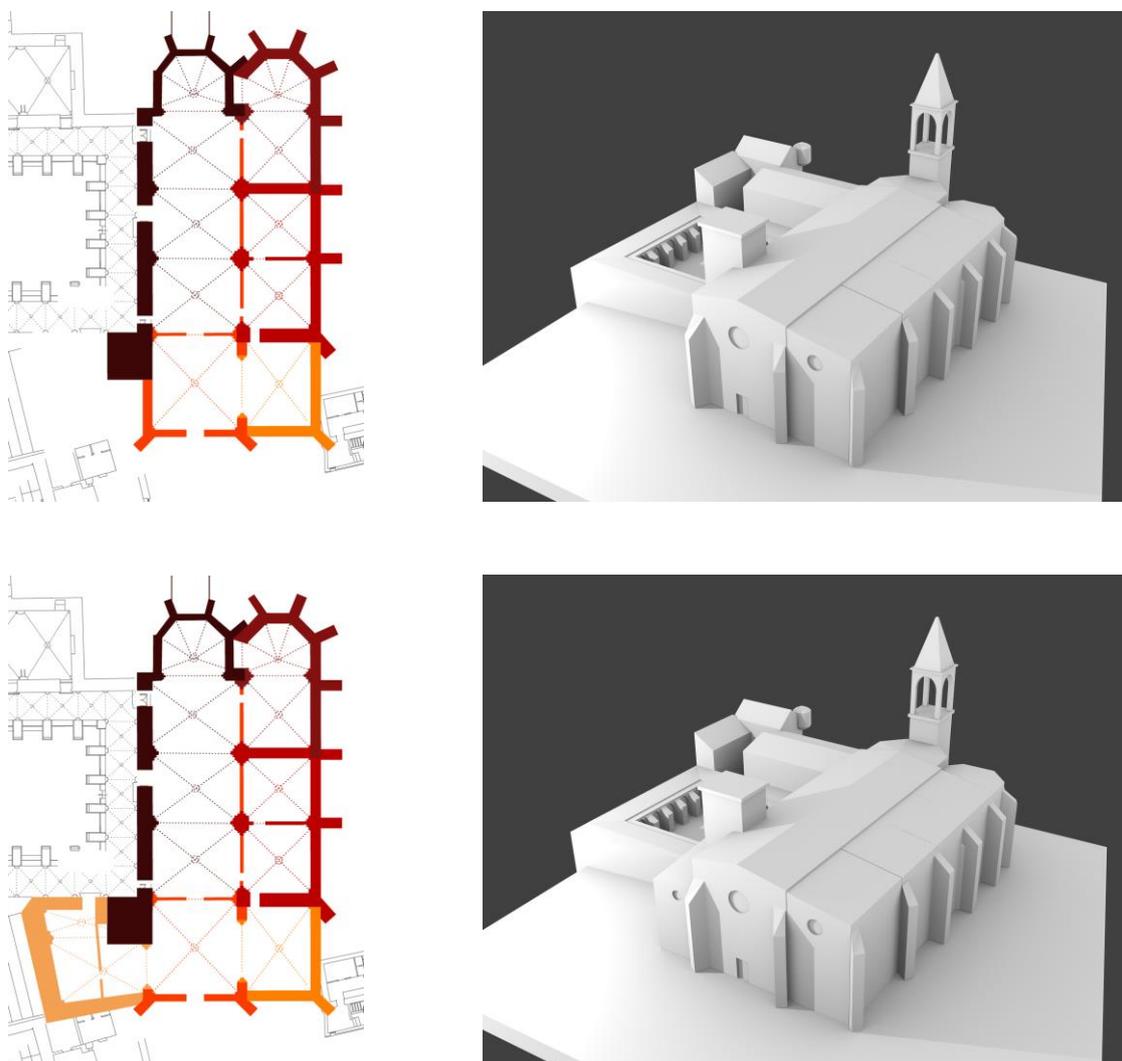


Figure 62 : Plans et modèles 3D de l’église vers 1375.

Dans une seconde phase d’agrandissement, deux nouvelles chapelles ont été érigées de part et d’autre du chœur des frères. Au sud, la chapelle de l’Annonciation est venue s’appuyer sur le mur de façade occidentale de la double chapelle Saint-Bruno/Saint-Michel (fig.63). Au nord, intégrant le clocher, la chapelle des frères est composée de deux espaces divisés par un mur bas similaire à celui séparant les deux chœurs des pères et des frères. Le mur nord, partagé entre la chapelle et l’ancienne salle du consistoire devenue réfectoire, était percé d’une baie, murée depuis les travaux d’aménagement du tinel en 1979 (NAGEL, URBAN 2005 : 49). Enfin, un accès direct au petit cloître a été ouvert dans l’espace nord permettant aux frères retardataires de participer aux offices sans déranger les cérémonies en cours de célébration (GIRARD, GIRARD 1992 : 20).

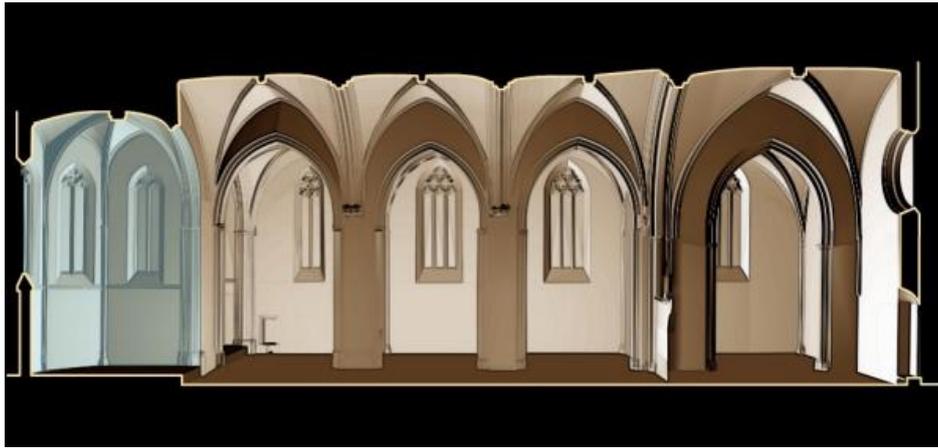


Figure 63 : Coupe longitudinale du modèle 3D de l'église vers 1375 (BOURDIER, MARTIN 2008 : 19). Cette image, créée en 2009, est fautive. Les recherches documentaires ultérieures ont révélé que les chapelles sud étaient fermées depuis 1372.

Les phases de travaux qui ont suivies jusqu'à la Révolution française consistaient en des transformations mineures visant davantage à embellir et « moderniser » l'église et ses abords immédiats (SOURNIA, VAYSSTTES 2006 : 293-318). Nous laissons pour le moment de côté la description des objets d'art et de liturgie installés dans l'église à ces mêmes périodes.

II.6. Phase 6 (XVI^e siècle) – « Jubé »

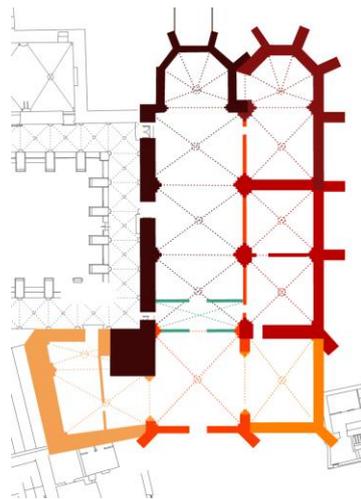


Figure 64 : Plan de l'église au XVI^e siècle.

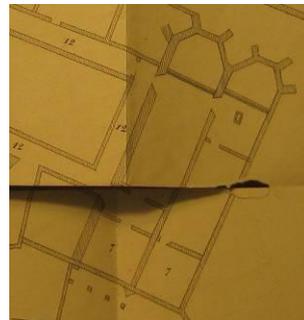
Parmi les documents collectés, peu décrivent l'église au XVI^e siècle. Les sources nous apprennent qu'une cloche et son mécanisme d'horloge ont été installés sur le clocher

occidental. La cloche porte la date MVCXI, pouvant être lue 1511 ou 1540 en raison de la double lecture possible des lettres I et L écrites de la même manière avec des caractères gothiques (SOURNIA, VAYSSETTES 2005 : 297 ; 379, note 48), et le mécanisme porte la date de 1551.

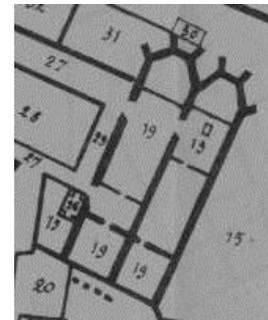
La transformation importante concerne le mur de séparation entre les chœurs des pères et des frères. Son « air XVI^e siècle » n'a pas été daté précisément (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 297). De plus, ce jubé pose le problème de sa restitution. Les traces visibles sur les deux côtés du mur ainsi que l'alignement avec les portes d'accès à la double chapelle au sud et au petit cloître au nord laissent penser qu'il a dû exister un aménagement plus imposant. Côté oriental, des traces de piquetage sont visibles sur le mur nord du chœur des pères, débutant au-dessous d'une mouluration qui court jusqu'au-dessus de la porte d'accès à la double chapelle sud où elle forme un retour. Coté chœur des frères, aucune trace de mouluration mais des vestiges d'éléments sculptés présentant encore des traces de pigments colorés. Parmi les sources documentaires, seulement trois plans - dont l'original est celui de 1722 - figurent deux murs parallèles formant un couloir de communication entre le petit cloître et les chapelles méridionales (fig.65).



Plan 1722 (AM Villeneuve, II-5-52)



(PONS 1868 : plan)



(COULONDRES 1877)

Figure 65 : Trois plans (original de 1722) figurent les deux murs formant un passage entre le petit cloître et les chapelles méridionales.

Seules les architectes allemandes proposent une restitution du jubé (NAGEL, URBAN 2005 : 48, 77-78). Leur théorie s'appuie sur le fait que le mur actuel était le mur occidental d'un ensemble monumental formant un couloir entre le petit cloître et les chapelles méridionales. Le schéma dressé par Mühlberg (NAGEL, URBAN 2005 : 77, fig. 6) donne une idée de l'aspect que pouvait avoir le jubé de la chartreuse. Il montre un passage couvert précédé d'une arcature du côté du chœur des frères (fig.66, a). Après simulation dans le modèle 3D, la

solution est compatible avec la présence des 24 stalles des pères qui viennent s'appuyer sur le mur est du jubé (fig.66, e à i). Toutefois, il ne subsiste aucune trace archéologique du côté du chœur des frères pouvant justifier l'existence d'une construction. Pour exprimer les incertitudes (fig.66, a à f), nous avons appliqué trois couleurs au maillage : le vert pour les vestiges existants, l'orange pour le mur est, les stalles et lutrin suggérés, et le rouge pour l'arcature occidentale dont la présence est hautement hypothétique.

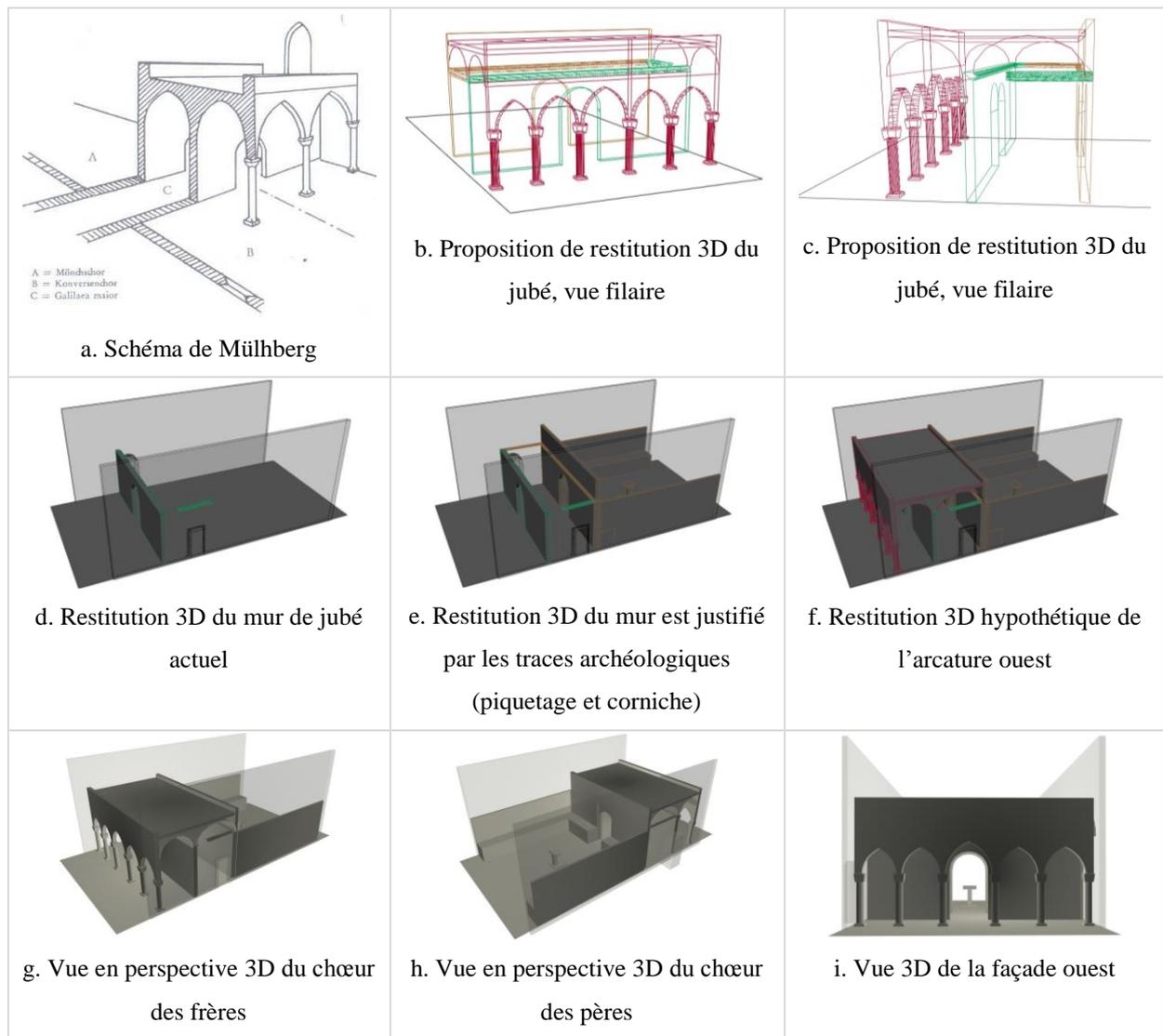


Figure 66 : Proposition de restitution 3D du jubé fondée sur le schéma de F. Mühlberg (NAGEL, URBAN 2005 : 77, fig. 6), compatible avec la présence des 24 stalles du chœur des pères (3D : Aurélie Favre-Brun, 2012).

II.7. Phase 7 (1625-1685 environ) – Porche occidental

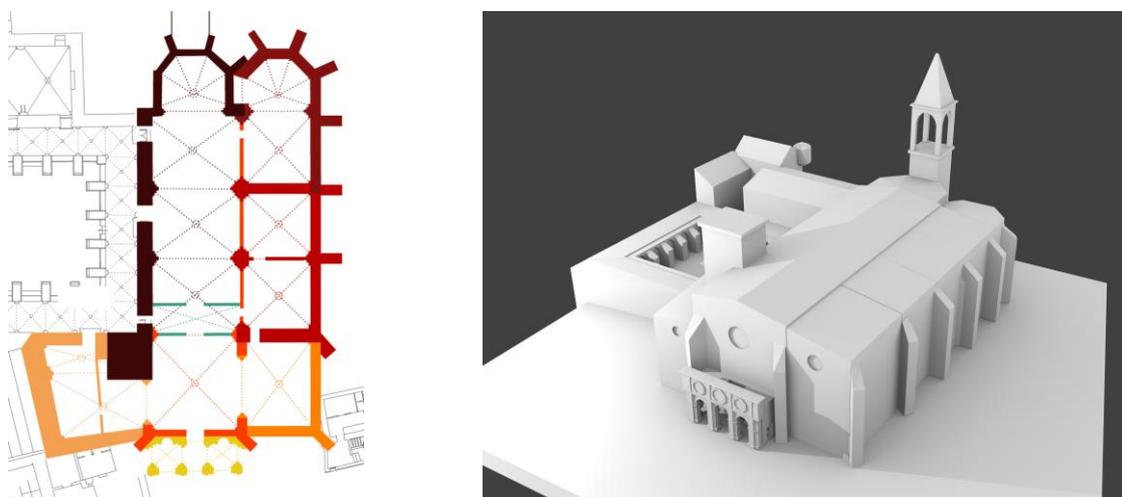


Figure 67 : Plan et modèle 3D de l'église vers 1685.

Les transformations apportées à l'église au XVII^e siècle ont porté essentiellement sur des aménagements liturgiques. L'église est ornée de retables, lambris, clôtures et de nombreuses peintures exécutées par les maîtres de l'époque (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 294 ; 316). L'installation de tableaux suppose que la hauteur des baies a été réduite, que les culots sculptés du mur nord du chœur des pères ont été retaillés et que les murs sud ont été montés jusque sous les voûtes, fermant complètement la double chapelle Saint-Bruno/Saint-Michel dont les murs sont aujourd'hui conservés à mi-hauteur (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 304). La datation du montage des murs est contradictoire avec celle transmise en 1989 où les auteurs placent la fermeture des chapelles méridionales au moment de l'extension de l'église en 1372 (fig.68) (LE BLEVEC, GIRARD 1989 : 21-22).

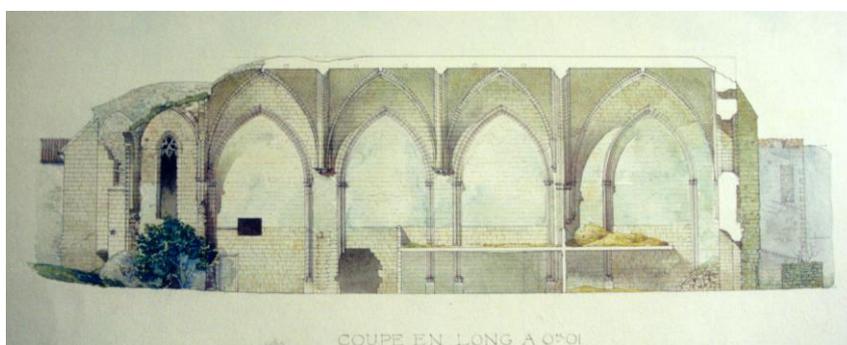


Figure 68 : Représentation des murs de séparation entre le chœur des pères et les chapelles méridionales, aquarelle, Jules Formigé, 1905 (photo : GRAHAL).

A la demande du prieur Paulin, un porche a été construit contre la façade occidentale de l'église entre 1636 et 1642 (LE BLEVEC, GIRARD 1989 : 24). Jules Formigé date ses voûtes de 1641 et les chambranles de la porte d'entrée de 1649 qu'il attribue à François Royers de la Valfenière, auteur du portail d'entrée de la chartreuse (FORMIGE 1909 : 10, 29). La date de 1641 a été reprise dans le rapport archéologique de 2005 (NAGEL, URBAN 2005 : 83) et dans la monographie villeneuvoise (SOURNIA, VAYSSTTES 2006 : 297), sans que soit citée la source d'origine. Les historiens précisent que le porche existait déjà en 1628 à l'appui d'un texte mentionnant des travaux (SOURNIA, VAYSSTTES 2006 : 297). La travée en avant de la façade était constituée de trois arcades en plein cintre couronnées de sculptures en bas-reliefs représentant, au centre, un Christ couché avec la sainte Vierge, saint Jean et sainte Madeleine à genoux, et, dans les deux médaillons latéraux, l'Annonciation de la Vierge et la Nativité (SOUMILLE 1744a : 22). Parmi les iconographies, certaines figurent le porche où l'on distingue la présence d'éléments sculptés mais le niveau des détails n'est pas suffisant pour avoir une idée précise des décors (fig.69).

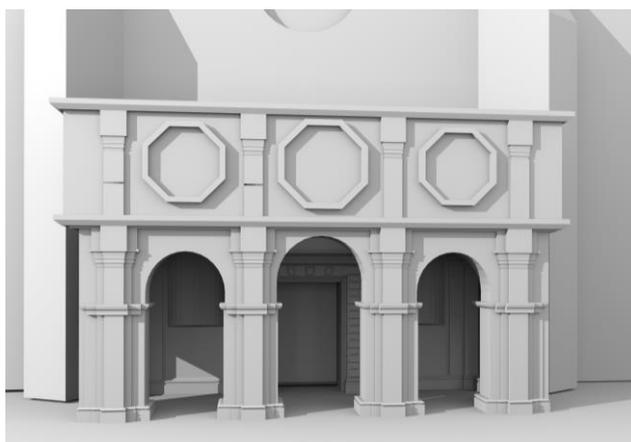


Figure 69 : Modèle 3D du porche plaqué contre la façade occidentale de l'église au cours du XVII^e siècle, restitué d'après les vestiges. L'absence d'iconographies détaillées ne permet pas de représenter les décors sculptés situés dans les médaillons.

II.8. Phase 8 (XVIII^e siècle) – phase d'embellissement

Le XVIII^e siècle ne semble pas avoir été marqué par de lourdes transformations autres qu'esthétiques. Les autels, retables et autres objets liturgiques en bois ont été remplacés par du marbre (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 294). Les deux descriptions les plus détaillées qui témoignent de la richesse de l'église ont été rédigées par l'abbé Soumille (SOUMILLE 1744a : 22-28) et les commissaires chargés des deux inventaires révolutionnaires (GUIRAUD

et al. 1791), (Anonyme 1792), auxquelles peuvent être ajoutées le plan de 1722, les comptes de la chartreuse (Anonyme, 1787 env.) et quelques descriptions sommaires laissées par des voyageurs (DE BROSSES 1858). Malgré la compilation de toutes les informations, les descriptions resteront incomplètes et la restitution totale de l'aménagement intérieur de l'église sera impossible. En effet, l'article 8 du décret du 8 octobre 1790 a autorisé les chartreux à conserver le mobilier de leur cellule, signifiant certainement qu'ils ont dû dissimuler aux autorités un certain nombre d'objets liturgiques comme des livres ou des tableaux (LE BLEVEC, GIRARD 1989 : 19).

L'histoire de la chartreuse ne s'interrompt pas avec la Révolution française (PINIES 2010). L'achat des lots par des familles, a permis la sauvegarde de la majorité des bâtiments, occasionnant dans le même temps beaucoup de dégradations signalées aux autorités par les voyageurs érudits durant les XVIII^e et XIX^e siècles, lançant progressivement les futures restaurations. Les rapports décrivent essentiellement le tombeau d'Innocent VI, fortement dégradé par les propriétaires de la chapelle, transformée en grange et débarras. Ainsi, Paulin Malosse, investi de la charge de commissaire à la recherche et la conservation des objets d'art et de science du Gard, est chargé en 1813 par le maire de Villeneuve lez Avignon de faire un rapport complet sur l'état du mausolée destiné au préfet du département, en prévision de son déplacement⁵¹. Il signale, dans une lettre de 1822 adressée au maire, que la démolition de la toiture de la chapelle de la Trinité par le propriétaire risque d'endommager le tombeau (PINIES 2010 : 37-38). Puis, Mérimée, lors de sa visite à la chartreuse en 1834, signale qu'un « grand nombre de statues d'albâtre [qui] ornaient le soubassement ont été vendues une à une ». Elles sont visibles sur le dessin publié dans l'ouvrage des *Propyleum* publié en 1685 (HENSCHENIUS et al. 1685 : 90) (fig.70, a). Mérimée ajoute que « le propriétaire a défoncé le soubassement pour s'en faire une armoire » (fig.70, b) (MERIMEE 1835 : 161-162). Avant que Mérimée organise son transport dans la chapelle de l'Hôpital de Villeneuve en 1835, les idées étaient de le déplacer à la cathédrale Notre-Dame d'Avignon ou au sommet de la montagne des Mourgues à Villeneuve où il serait abrité sous la coupole de la fontaine du cloître Saint-Jean, démontée elle aussi (SOURNIA, VAYSSSETTES 2006 : 339).

⁵¹ Nous n'avons pas eu l'occasion de consulter ce document dans le cadre de cette thèse.

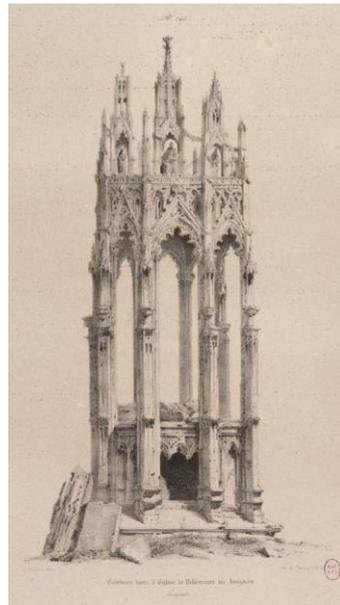
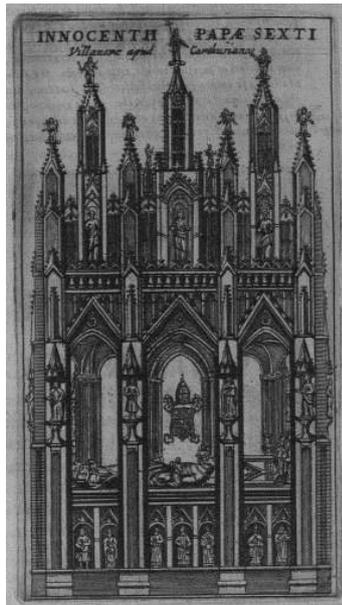


Figure 70 : à gauche, la gravure de gauche montre que le tombeau possédait encore toutes ses statuette en 1685 (HENSCHENIUS et al. 1685 : 90) ; à droite, le dessin de droite illustre les dégâts causés au cours du XIX^e siècle (TAYLOR, NODIER, CAILLEUX 1837 : pl. 243) : le tombeau n'est pas clairement identifié comme étant celui d'Innocent VI. Il pourrait être celui de Pierre de Monteruc ou d'Arnaud de Via situé dans l'église de Villeneuve.

Nous n'avons pas souhaité développer davantage les autres points qui nous auraient trop éloignés de notre cas d'étude afin de nous concentrer sur le travail de restitution de l'église au XVIII^e siècle, occasionnant des réflexions sur les sources documentaires.

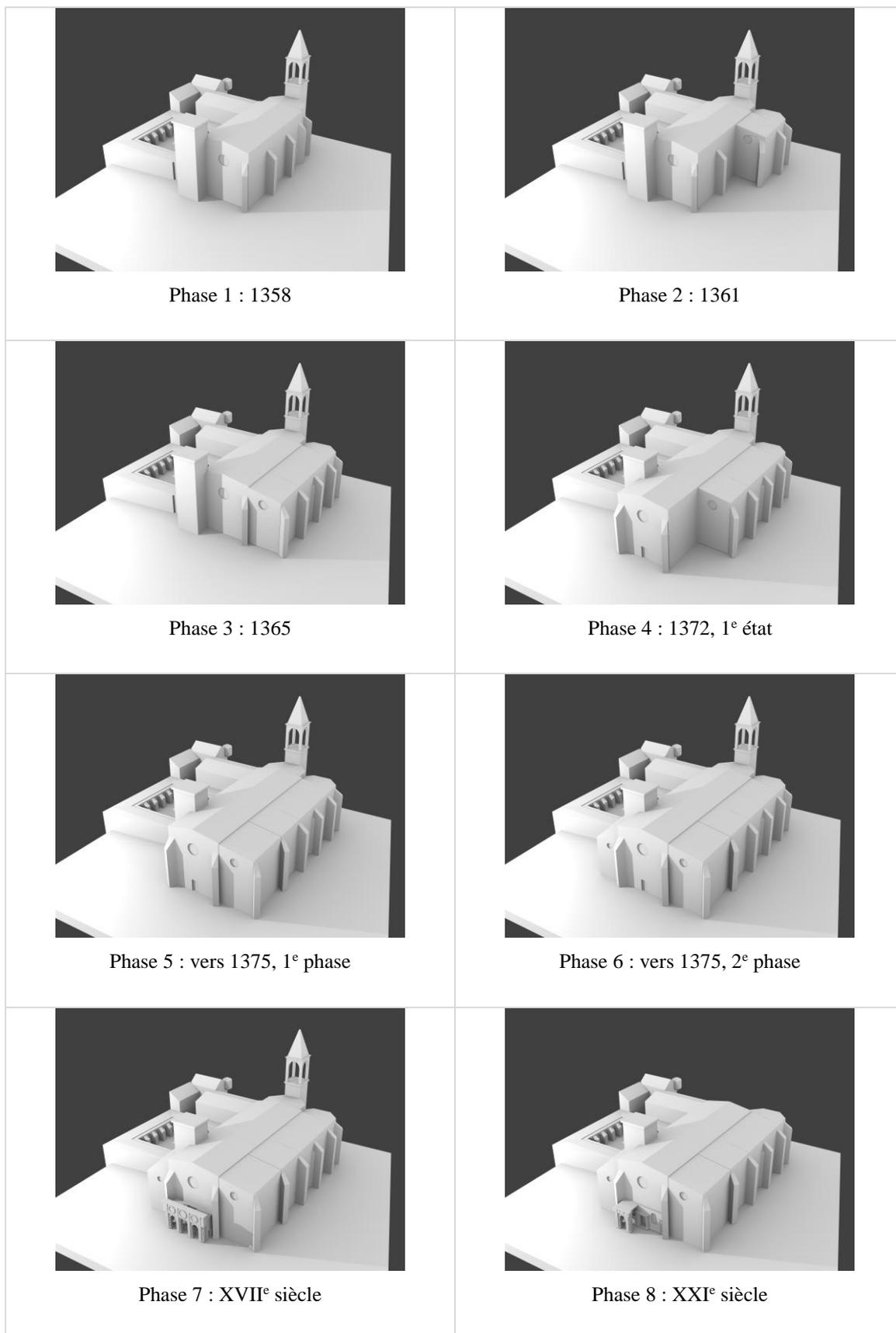


Figure 71 : Modèles 3D représentant les six phases de transformations de l'église.

La partie développée ci-après est centrée sur le développement des étapes du processus de construction du modèle 3D hypothétique de l'église du XVIII^e siècle, fondée sur les sources documentaires précédemment citées. Dans un premier temps, le relevé et la construction de la maquette 3D de l'état actuel de l'édifice ont été effectués, suivis de la production de l'hypothèse de restitution. Le problème de l'incertitude des sources, omniprésent tout au long du raisonnement, n'a pas pu être intégré au moment de la construction du modèle numérique en raison de la préséance de ce projet sur la thèse. Aussi, le modèle 3D existant, validé par des experts, n'intègre pas de dispositifs spécifiques de visualisation de l'état des connaissances. En conséquence, nous avons cherché à évaluer la fiabilité du modèle 3D obtenu en identifiant les incertitudes de chaque étape du processus, depuis la collecte des données jusqu'à leur traduction en 3D.

III. Analyses du processus de construction du modèle 3D hypothétique de l'église du XVIII^e siècle

Le travail de reconstruction 3D virtuelle de l'église a été effectué dans le contexte singulier d'une formation aux outils numériques dédiés au patrimoine historique, dispensée au laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC) à l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille. Elle a réuni, pour l'année 2007-2008, six participants issus de formations diverses (architectes, archéologue, plasticienne, ingénieur en génie civil) et possédant ou non des connaissances en modélisation 3D. Les objectifs étaient d'apprendre à numériser le réel à l'aide d'instruments de relevé spécifiques, puis d'exploiter les données collectées pour construire la réplique virtuelle de l'église dans son état actuel au moyen de logiciels dédiés. Dans un second temps, l'idée de restituer un état antérieur s'est rapidement imposée, appuyée sur les sources documentaires recensées.

L'antériorité du projet de restitution par rapport à la thèse a empêché que l'on intègre des dispositifs visuels à la représentation 3D de l'église hypothétique (fig.72). Aussi, les incertitudes des données de terrain et des sources documentaires n'apparaissent pas explicitement dans le modèle 3D final. C'est pour cette raison que nous avons cherché à évaluer la fiabilité de la restitution hypothétique produite en analysant les étapes du processus de modélisation.



Figure 72 : Modèle 3D représentant l'hypothèse de restitution de l'église au XVIII^e siècle, fondée sur des données de terrain et les sources documentaires.

III.1. Reconstruction 3D de l'état actuel

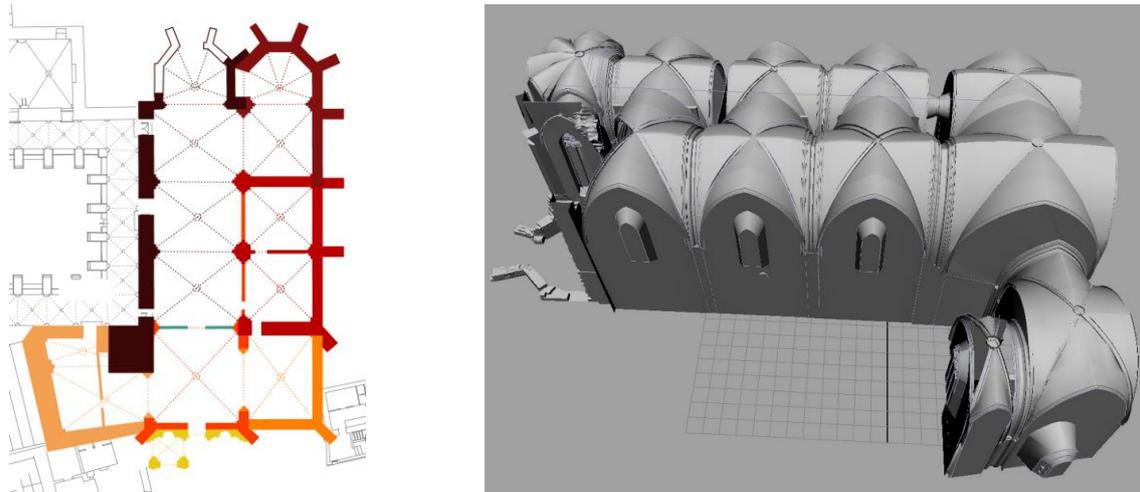


Figure 73 : Plan et modèle 3D de l'église actuelle issu de diverses techniques de traitement et de reconstruction à partir de nuages de points et relevés tachéométriques (©laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009).

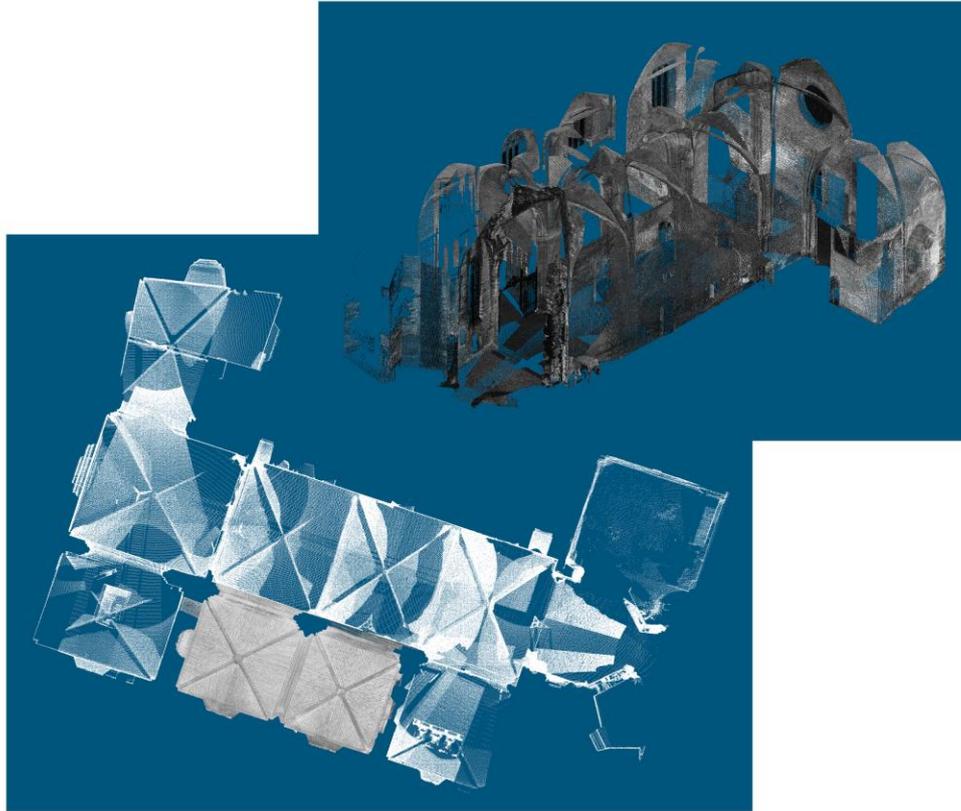


Figure 74 : Nuages de points incomplets de l'église vus en perspective et en plan. En bas, nuage blanc acquis par l'ENSG en 2008 : n'apparaissent pas la chapelle de la Trinité ni la petite voûte de la chapelle des frères. En gris, la chapelle Saint-Bruno/Saint-Michel numérisée en janvier 2012 (UMR 3495 CNRS/MCC) (Aurélie Favre-Brun, Micheline Kurdy) en prévision de l'installation d'un espace muséographique permanent.

L'église, dans son état actuel, a été reconstruite en 3D à partir de données géométriques réelles acquises par scanners laser et stations totales par l'ENSG en 2005, complétées par des relevés effectués par le laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC) en 2008 (fig.74). L'exploitation des nuages de points de l'ENSG a montré qu'ils présentaient beaucoup d'imperfections. Les nuages montraient une densité de points variable selon les zones impactées par le scanner, des silhouettes humaines et des trépieds laissaient apparaître des « trous » dans les nuages et les zones situées dans le champ de visée du rayon laser n'ont pas pu être scannées (fig.75).

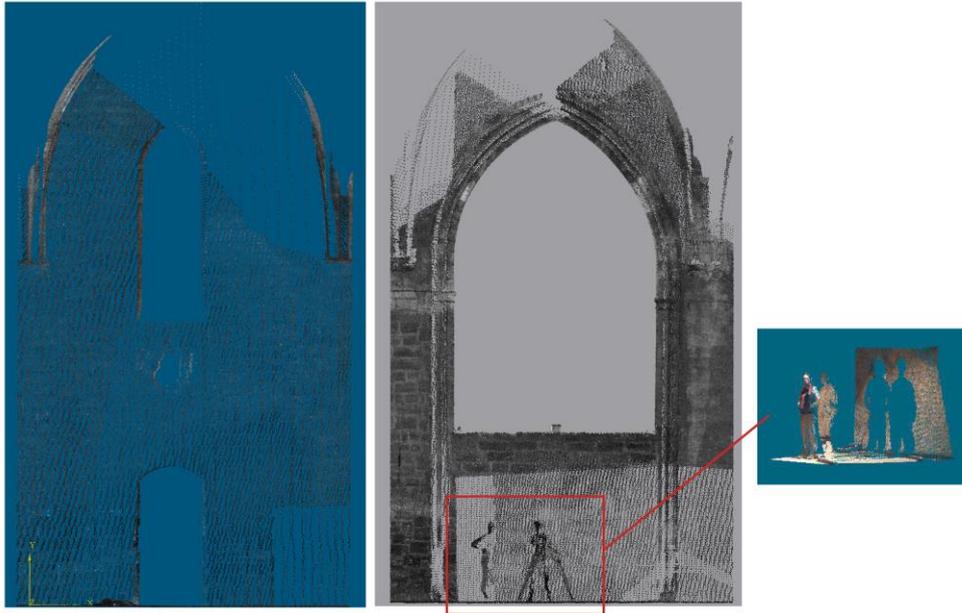


Figure 75 : Exemples de nuages de points peu denses et incomplets (© ENSG 2005) : murs nord et sud de la travée centrale du chœur des pères.

Malgré ces imperfections, les nuages étaient suffisants pour procéder à la reconstruction géométrique des structures architecturales présentant une morphologie « simple ». Les éléments incomplets ou plus complexes d'un point de vue morphologique (culots sculptés, baies, nervures des voûtes) ont fait l'objet d'un relevé particulier complémentaire (fig.76).



Figure 76 : Nuages de points issus des relevés complémentaires réalisés par le laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC) en 2008 : à gauche, baie et vitrail occidental du chœur des frères ; à droite : petite voûte de la chapelle des frères (©laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2008).

L'étape de la reconstruction 3D a été répartie entre les six participants de la formation en fonction d'un découpage sémantique de l'édifice. En conséquence, les murs, arcs, piliers, voûtes et vestiges de l'abside ont été modélisés séparément. Deux techniques de traitement des nuages ont été appliquées, répondant aux objectifs de modélisation de chacun. D'une part, la reconstruction des murs s'est appuyée sur des portions entières de points extraites du nuage

tandis que des coupes pratiquées à intervalles réguliers dans le nuage ont permis d'extraire des profils à partir desquels ont été générées par extrusion les surfaces 3D représentant les piliers et les voûtes. Pour les arcs, nous avons été confrontés au problème de la faible densité des points du nuage, insuffisante pour reconnaître le profil des arcs. La solution alternative a donc été de s'appuyer sur les profils des arcs relevés au tachéomètre par les architectes allemandes en 2005 (NAGEL, URBAN 2005 : planches). La technique de reconstruction par extrusion a ensuite pu être appliquée à chacun des arcs de l'église (fig.77).

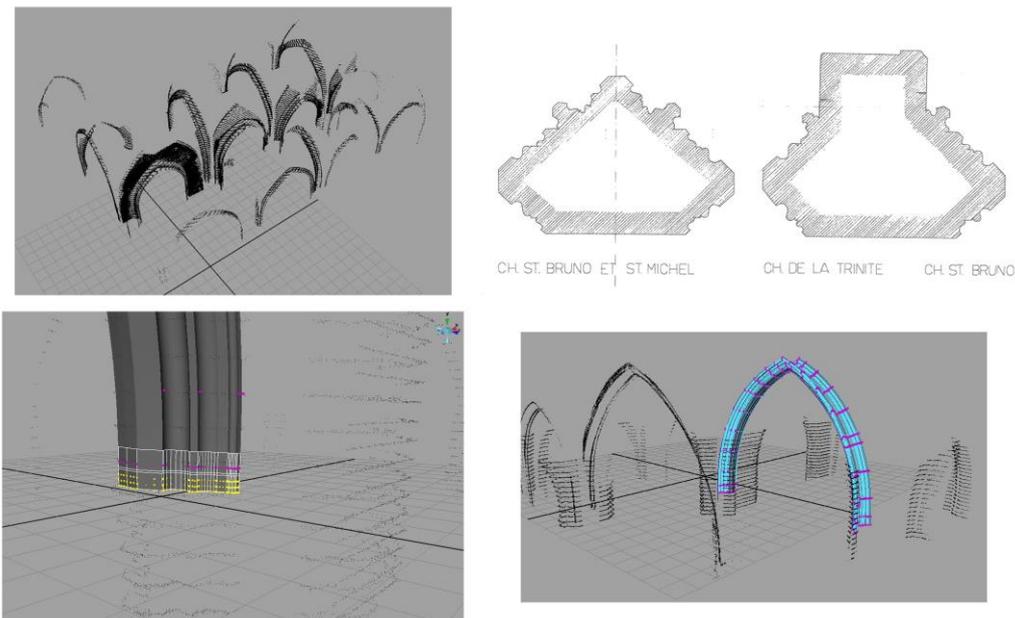


Figure 77 : Reconstruction des arcs à partir de profils extraits du nuage de points et des relevés manuels (NAGEL 2005 : planche IV.2) (3D : Aurélie Favre-Brun © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2008).

L'étape d'assemblage des différents composants architecturaux de l'église a soulevé un certain nombre de problèmes né de la répartition du travail entre plusieurs personnes possédant des compétences différentes pour la modélisation 3D. Le problème majeur identifié a concerné l'absence d'homogénéité entre les profils des piliers, des arcs et des nervures des voûtes. Il n'a pas été possible de superposer correctement ces trois composants au sens où les profils présentaient des niveaux de détails différents : les piliers et nervures étaient calqués sur les profils extraits des nuages peu denses et les arcs issus du redessin des relevés tachéométriques.

L'état actuel de la chartreuse inclut également le tombeau d'Innocent VI, fondateur de la chartreuse. Installé dans la chapelle de la Trinité depuis 1361-1362, déplacé vers 1834 dans la

chapelle de l'Hôpital de Villeneuve lez Avignon et réinstallé à sa place d'origine en 1960, le tombeau a fait l'objet d'une campagne de relevés lasergrammétriques spécifique, mettant en œuvre deux types de scanners. Le premier, un scanner longue distance à temps de vol, a été employé pour numériser la structure générale du tombeau et le second disposant d'un système d'enregistrement optique a été déployé pour relever la statuaire, à savoir le gisant d'Innocent VI, six des douze culots entourant le dais⁵² et les trois statues de saint Paul, du Christ et de saint Pierre situées sous les édicules supérieurs. Plusieurs difficultés ont été rencontrées lors de la mise en place des scanners. La première, liée à la proximité du tombeau avec les murs sud et ouest de la chapelle, a consisté à numériser seulement les éléments accessibles des faces nord et est du tombeau (fig.78). La reconstruction 3D du tombeau n'a pas présenté de contraintes particulières du fait de la similarité des éléments architectoniques du tombeau : la procédure a consisté à dupliquer chaque élément. De la même façon, le gisant a pu être numérisé intégralement au cours d'une opération délicate qui a impliqué l'installation du scanner au plus près de la statue (fig.79).

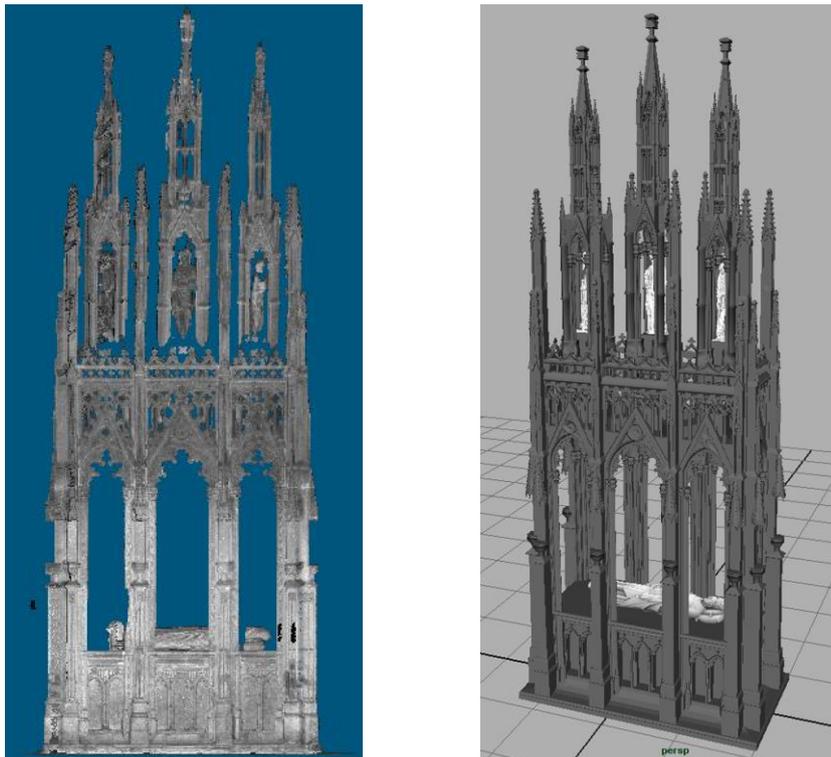


Figure 78 : Nuage de points de la face nord du tombeau et modèle 3D final (Florian Moreno, Micheline Kurdy © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009).

⁵² Les nuages de points acquis à l'aide du scanner à triangulation optique n'ont pas été traités à l'heure actuelle.

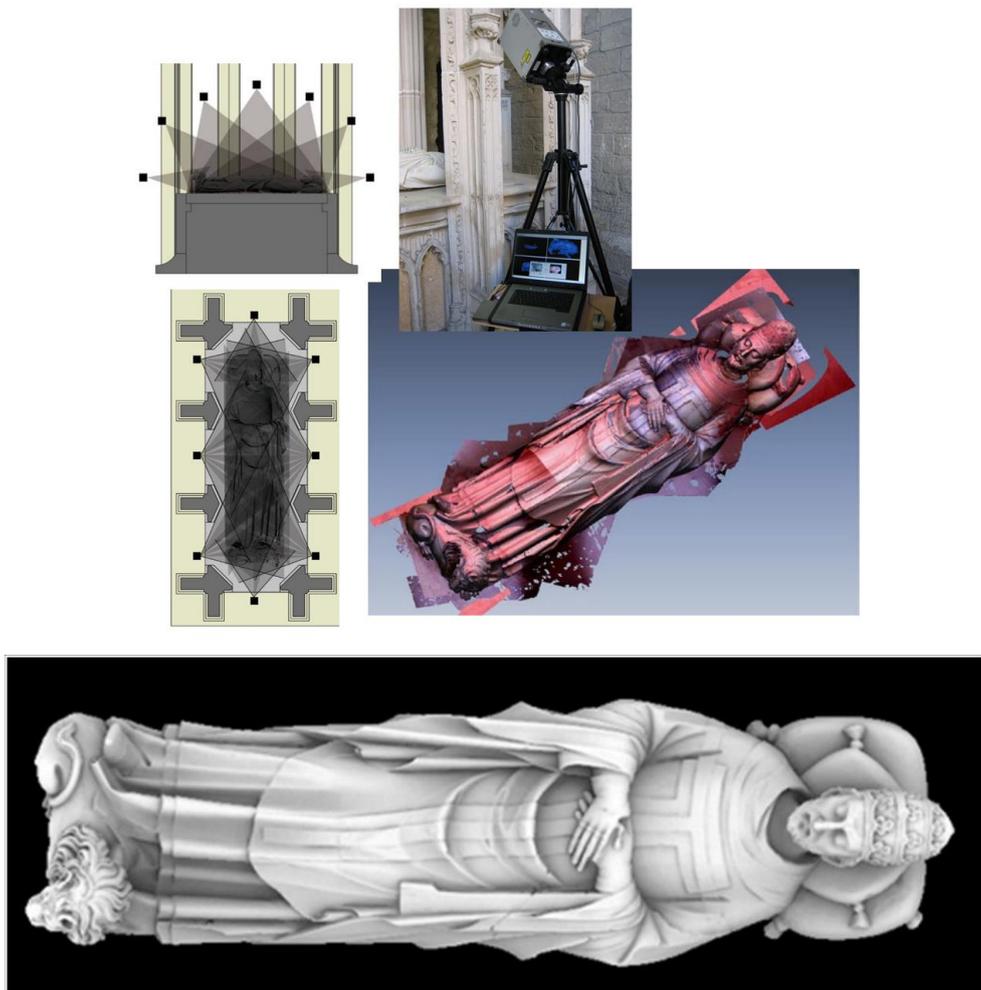


Figure 79 : Localisation du scanner à triangulation optique (KURDY, MORENO 2009 : 13-14), nuages de points assemblés du gisant d'Innocent VI et modèle 3D final avec un rendu par occlusion ambiante (3D : Micheline Kurdy © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009).

La seconde difficulté rencontrée était celle de la hauteur du tombeau, mesurant près de 9 m. Un échafaudage a spécialement été installé pour accéder aux trois statues des édicules supérieurs. Des clichés photographiques ont été réalisés ainsi qu'un relevé partiel des trois sculptures grâce à un scanner à triangulation optique. Le même problème de la proximité du tombeau avec les murs a empêché d'enregistrer toutes les faces des statuette (fig.80).



Figure 80 : Modèles 3D partiels des statues des édicules supérieurs du tombeau d’Innocent VI, reconstruits par maillage automatique avec Meshlab (Aurélie Favre-Brun © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2012) ; de gauche à droite : saint Paul, le Christ, saint Pierre.

La reconstruction 3D de l’état actuel de l’église, fondée sur des données réelles acquises par scanners laser et tachéomètres, a posé un certain nombre de problèmes principalement issus des compétences des modélisateurs. Nous avons vu que malgré la faible densité et l’incomplétude des nuages de points, la modélisation 3D a tout de même été possible, en faisant toutefois appel à d’autres relevés apportant des données complémentaires.

Les recherches documentaires nous ont progressivement amenées vers l’idée de restituer l’église dans son état révolutionnaire, précédant la dispersion des biens et la vente de l’église. Les documents datés du XVIII^e siècle sont peu nombreux mais nous ont permis de nous faire une idée de l’apparence de l’église.

III.2. Restitution hypothétique de l’église au XVIII^e siècle

Les descriptions de l’église faites tout au long du XVIII^e siècle sont transmises à travers un petit nombre de documents textuels et iconographiques. Le plus ancien est un plan représentant le circuit de distribution de l’eau dans la chartreuse dressé en 1722. Il figure des aménagements aujourd’hui disparus ou déplacés⁵³ (fig.60, 65a). De plus, deux textes rédigés à

⁵³ Le plan est conservé aux Archives Municipales de Villeneuve lez Avignon sous la cote II-5-52.

l'issue de visites offrent des descriptions détaillées de l'ameublement de l'église (SOUMILLE 1744a : 22-28) (annexe 3), (GUIRAUD et al. 1791)⁵⁴ (annexe 5). Enfin, le troisième texte est un extrait des Comptes de la chartreuse, tenus par le Sacristain, qui fournit des renseignements sur l'achat et l'installation de différents textiles pour l'autel, les baies et les tableaux⁵⁵ (Anonyme, 1787 env.) (annexe 4).

En nous appuyant sur ces quatre documents, complétés de descriptions complémentaires antérieures, contemporaines ou plus récentes (annexe 7), il a été possible de restituer l'église telle qu'elle devait être à la veille de sa vente, au moment de l'inventaire. Le choix de mêler les sources (datées de 1722, 1744 et 1791) était volontaire et réfléchi. D'après les descriptions, peu de modifications ont été apportées à l'aménagement de l'église entre les visites de l'abbé Soumille et des commissaires municipaux.

A l'heure actuelle, des éléments liturgiques et décoratifs sont conservés dans divers lieux ou perdus, sans compter ceux qui n'ont pas pu être identifiés :

- le musée municipal Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve lez Avignon) conserve quatre candélabres du maître-autel, les fragments de l'épithaphe du tombeau du prince de Conti, 12 tableaux, des fragments des statuets du tombeau, de la vaisselle en étain,
- la Collégiale (Villeneuve lez Avignon) expose le maître-autel, 2 tableaux et le bénitier,
- la chapelle de l'Hôpital (Villeneuve lez Avignon) abrite 2 tableaux,
- à la Chartreuse sont conservés les fragments du tombeau de Pierre de Monteruc et les fragments du second tombeau d'Innocent VI,
- au musée Calvet (Avignon), se trouvent l'aigle du lutrin et 1 tableau,
- enfin, le musée d'Art Sacré (Pont-Saint-Esprit) conserve une croix et 1 tableau.

Sur les 22 peintures présentes dans l'église (annexe 6), 18 sont aujourd'hui connues dont 12 sont au musée municipal Pierre-de-Luxembourg, 2 à la Collégiale et 2 à la chapelle de l'Hôpital de Villeneuve lez Avignon, 1 est au musée Calvet d'Avignon et 1 est au musée d'Art Sacré du Gard à Pont-Saint-Esprit (fig.81).

⁵⁴ Il existe deux exemplaires de l'inventaire révolutionnaire dressé en 1791, conservés aux Archives Départementales du Gard. L'un est une copie incomplète (H 327) du texte original (Q 328).

⁵⁵ Le document est conservé aux Archives Départementales du Vaucluse sous la cote AD 84, 1 J 412, pièce 23.

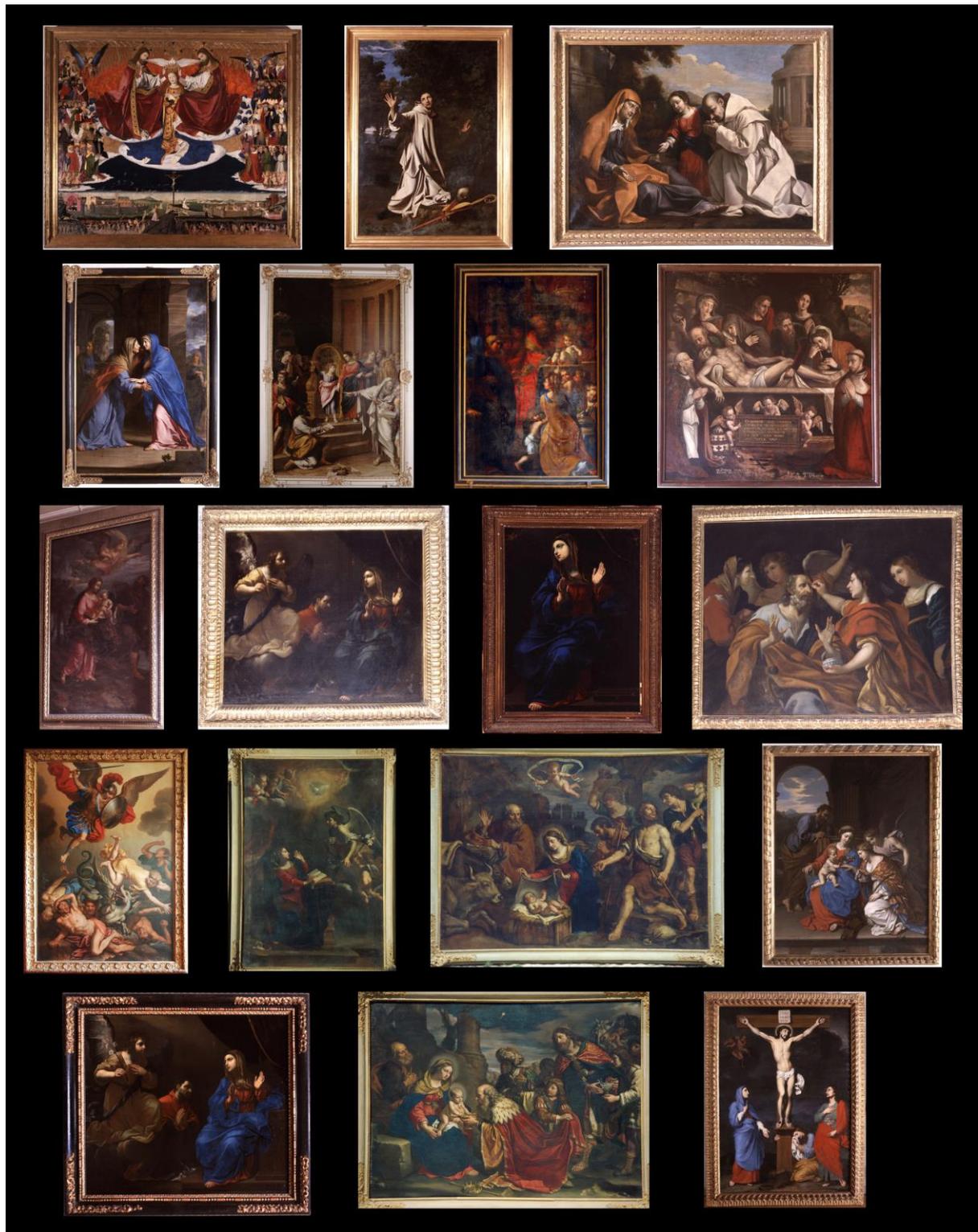


Figure 81 : Photographies en haute définition de 18 peintures présentes dans l'église au XVIII^e siècle documentées par l'abbé Soumille (SOUMILLE 1744a : 22-28) et l'inventaire révolutionnaire (GUIRAUD et al. 1791) (photos : laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009 ; C. Bertrand © région Languedoc-Roussillon, inventaire général 2003 ; Maby © Raphèle-lès-Arles/Paris ; © Maryan Daspet).

L'ensemble des objets documentés a été intégré dans le modèle 3D de la restitution hypothétique de l'église. Plusieurs méthodes de numérisation et de reconstruction géométrique 3D ont été appliquées, dépendant du type d'objet, de son accessibilité et de l'état des connaissances à son sujet. Le processus de restitution 3D d'un objet a été schématisé tel qu'il apparaît dans la figure suivante où les incertitudes de la reconstruction 3D sont signalées par un code couleur : le vert marque un faible degré d'incertitude, l'orange une incertitude variable et le rouge un haut niveau d'incertitude. Les études complémentaires appuyées sur les sources ou des analyses archéométriques et comparatives permettent de réduire les incertitudes (fig.82).

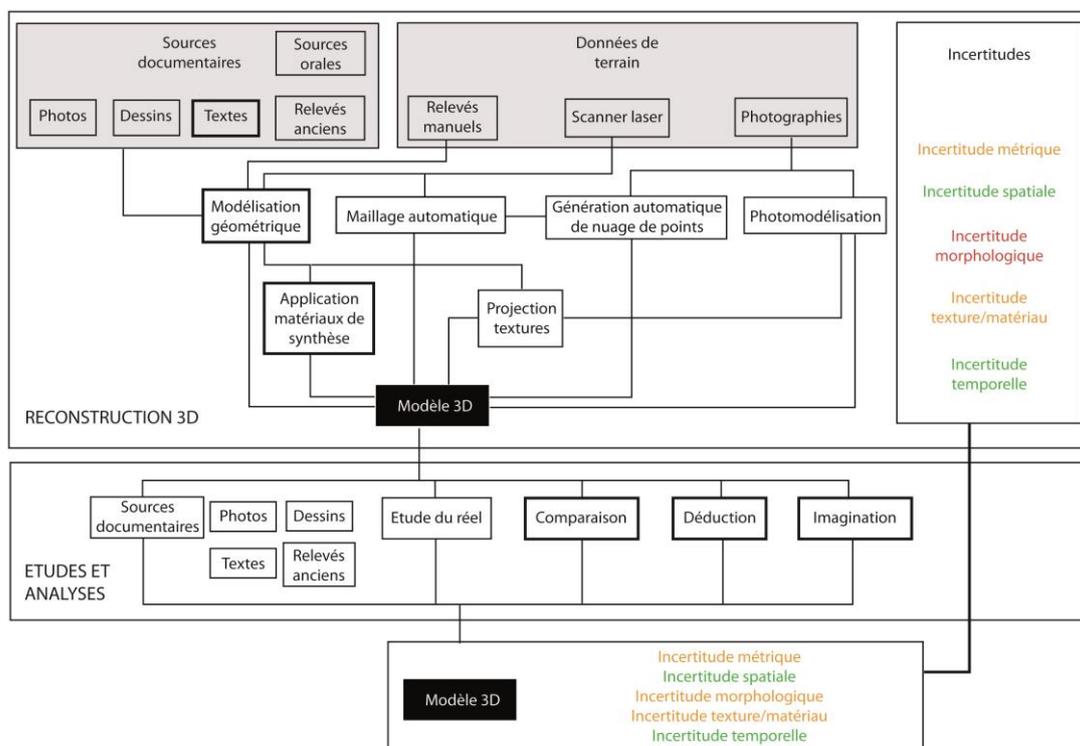


Figure 82 : Schéma générique du processus de restitution 3D et signalement des incertitudes (d'après (KURDY 2013 : 77).

Dans un premier cas de figure, les objets sont conservés *in situ*, intégralement ou partiellement. Ainsi les murs de l'église, incluant les vestiges de l'abside du sanctuaire, ont fait l'objet de relevés de terrain manuels et utilisant des instruments numériques, fournissant des données réelles précises. L'exploitation des sources a permis de préciser les informations relatives à la morphologie de l'abside et aux cycles de vie des structures architecturales (fig.83).

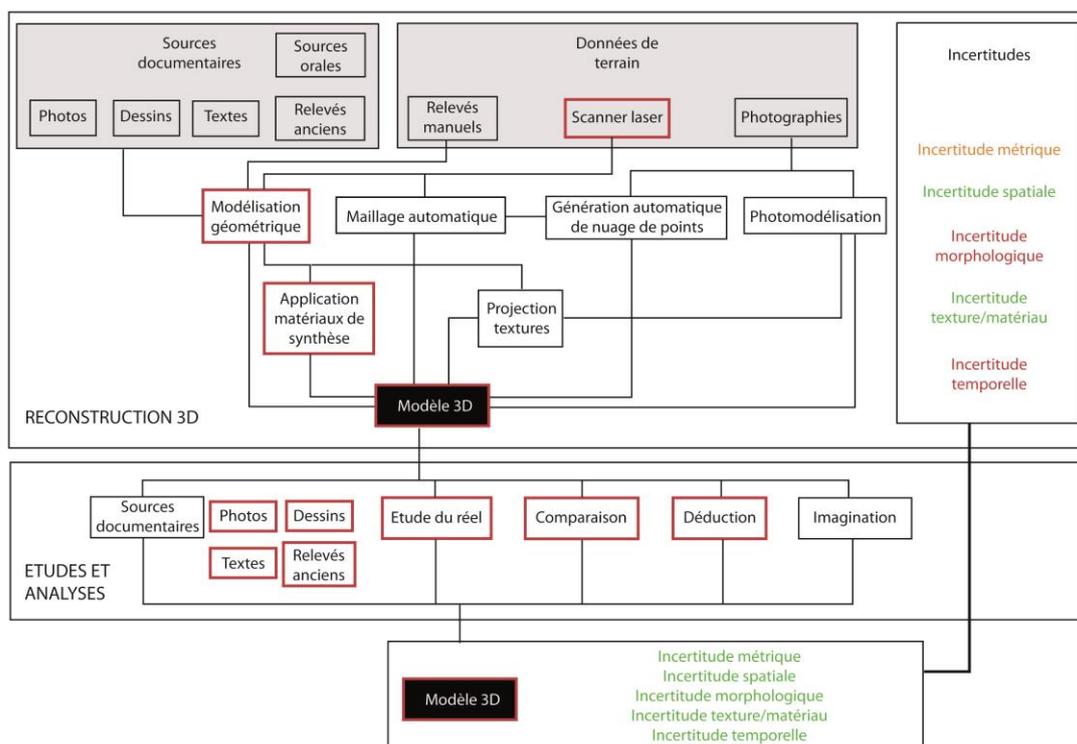


Figure 83 : Schéma du processus de reconstruction géométrique 3D de l'abside fondé sur des vestiges *in situ*.

Dans un second cas, les objets existent mais ont été déplacés. Pour ceux-là, des acquisitions numériques et relevés manuels ont été réalisés. Le bénitier, installé à la Collégiale de Villeneuve, a été reconstruit par photomodélisation (fig.84). Il n'a toutefois pas été réimplanté dans le modèle 3D alors que l'inventaire de 1791 mentionne la présence d'une « grosse masse de marbre » dans le chœur des frères (GUIRAUD et al. 1791). L'espace étant occupé par les stalles des frères, nous n'avons pas trouvé la place suffisante pour l'implanter ailleurs qu'au centre du chœur, hypothèse invalidée par les experts (fig.85).



Figure 84 : Modèle 3D texturé du bénitier reconstruit par photomodélisation (Florian Moreno © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009).

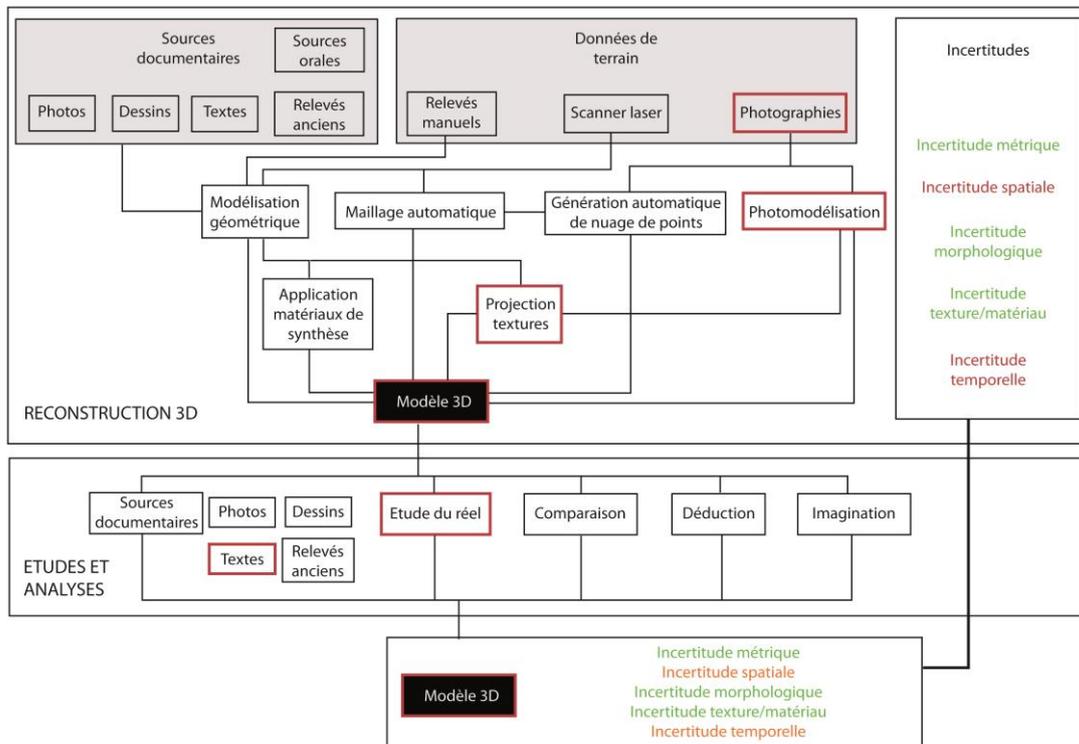


Figure 85 : Schéma du processus de reconstruction géométrique 3D du bénitier, objet existant déplacé pour lequel les sources n'ont pas permis de le replacer à son emplacement d'origine.

Le maître-autel, implanté dans la même Collégiale, a bénéficié d'un double relevé numérique mettant en œuvre un premier scanner à décalage de phase pour la structure générale de l'objet et un second scanner à triangulation optique pour la statuare composée du gisant sur le devant de l'autel, des consoles latérales de la table d'autel représentant des chérubins et des faces avant et arrière du « Golgotha » (fig.86). La structure a été reconstruite par modélisation

polygonale, appuyée sur le nuage de points et les sculptures ont fait l'objet d'une reconstruction par maillage automatique.



Figure 86 : Relevé lasergrammétrique du maître-autel : un scanner à décalage de phase a enregistré la structure générale, un scanner à triangulation optique a numérisé les éléments sculptés. Modèle 3D final du maître-autel et détail du gisant présentant de nombreux « trous » (© laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2010).

Un certain nombre d'objets existants, actuellement conservés dans divers lieux, n'a pas pu faire l'objet de relevés⁵⁶. Pour ceux-ci, la reconstruction géométrique s'est appuyée sur des clichés transmis par les services de conservation des musées et sur les descriptions textuelles. Tel a été le cas pour la plupart des tableaux, une croix, la barrière de communion, les candélabres du maître-autel ou encore le lutrin (fig.87, 88).

⁵⁶ Non pas parce que cela était impossible mais en raison du caractère non prioritaire de ces relevés au moment de la formation.



Figure 87 : Photographies de quelques objets provenant de l'église de la chartreuse et conservés dans divers lieux : statuette ornant un tombeau (musée Pierre-de-Luxembourg, Villeneuve lez Avignon), aigle du lutrin (musée Calvet, Avignon, R 342 A), croix (musée d'Art Sacré, Pont-Saint-Esprit).

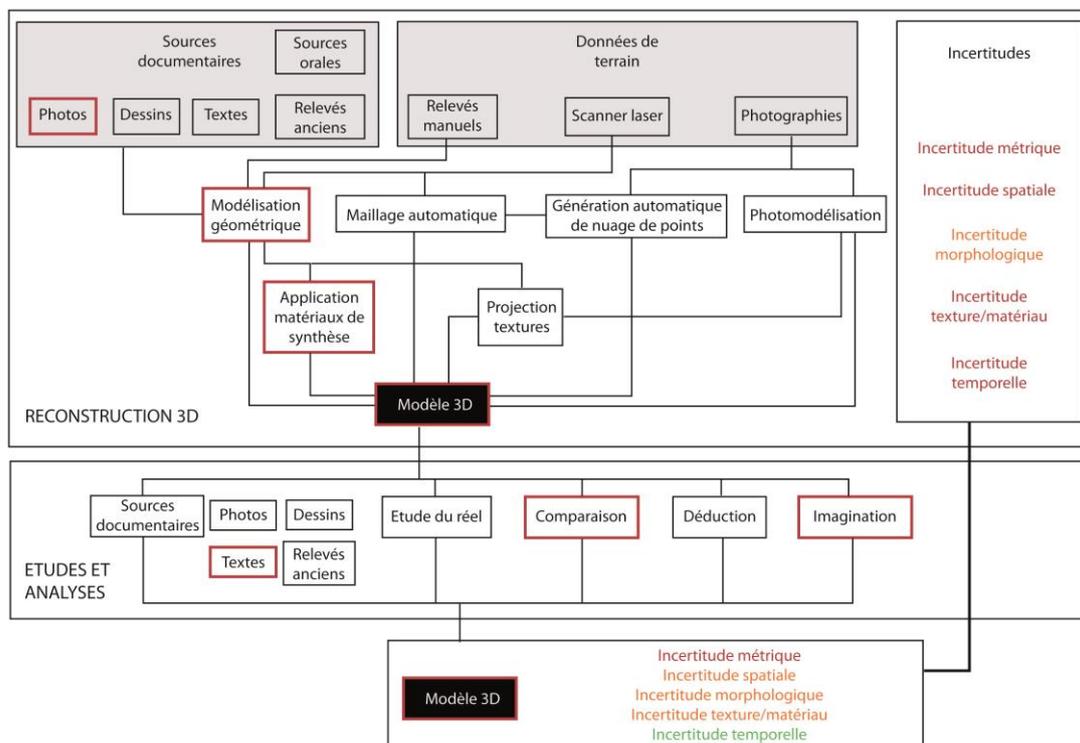


Figure 88 : Schéma du processus de restitution 3D appliqué au lutrin, conservé dans les réserves du musée Calvet d'Avignon (R 342 A).

Certains des objets, aujourd'hui inconnus, ont été décrits par le passé. L'analyse des sources et la comparaison avec d'autres objets similaires contemporains a permis de proposer une restitution. Les grilles de protection des deux tombeaux, les stalles, les lampes, les autels secondaires, le dallage ou encore les textiles ont ainsi été restitués selon ce procédé, impliquant une part d'imagination plus ou moins importante dans la reconstruction

géométrique (fig. 89). Le cas particulier de la restitution des rideaux couvrant les tableaux mérite d'être expliqué. Leur présence attestée dans les textes (Anonyme, 1787 env.) a servi d'astuce pour masquer les tableaux aujourd'hui inconnus pour lesquels la restitution de la représentation est impossible à proposer. La solution n'est toutefois pas tout à fait conforme à la réalité de la liturgie puisque les chartreux cachaient les images et ne les découvraient que lors de célébrations particulières (LE BLEVEC, GIRARD 1989 : 34).

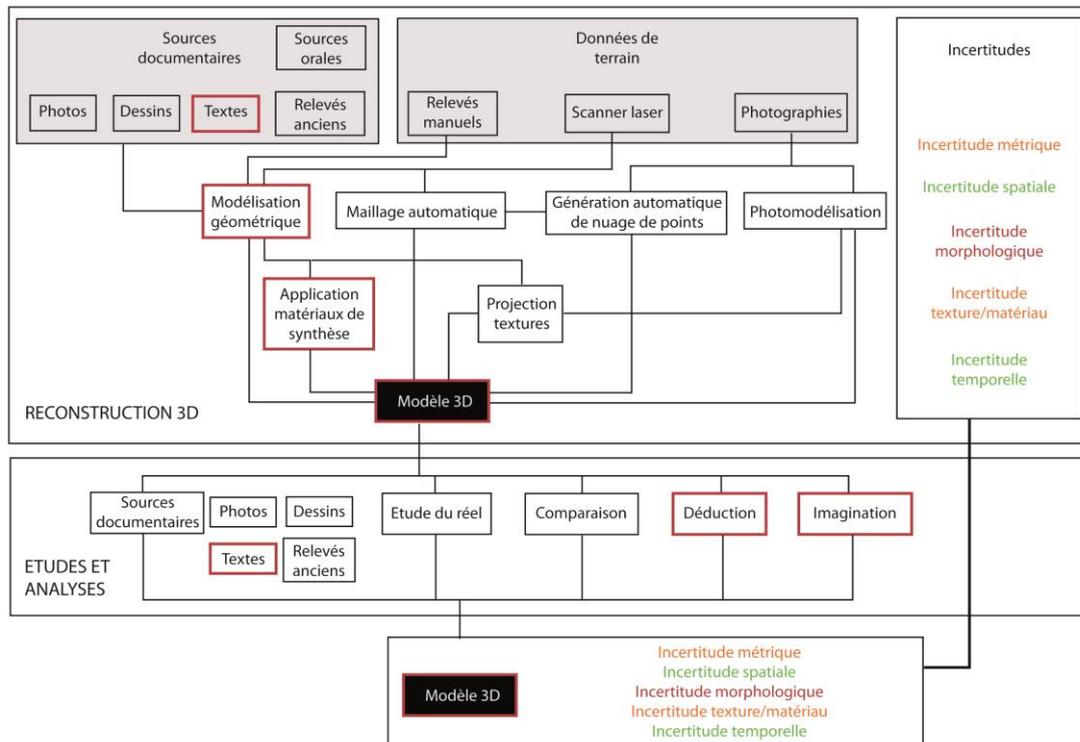


Figure 89 : Schéma du processus de restitution 3D des rideaux couvrant les tableaux.

Enfin, certains objets n'ont pas été décrits par les voyageurs du XVIII^e siècle. Cela peut être dû à un oubli volontaire ou délibéré, au fait que les objets n'aient pas été vus ou enfin que leur présence était si évidente pour leur fonction liturgique que les auteurs n'ont pas jugé nécessaire de les signaler. Ainsi, la restitution de quatre candélabres disposés sur le gradin haut du maître-autel, du siège du célébrant installé au sud du sanctuaire, et des candélabres et croix présents sur chacun des autels a été faite à la demande des experts (fig.90).

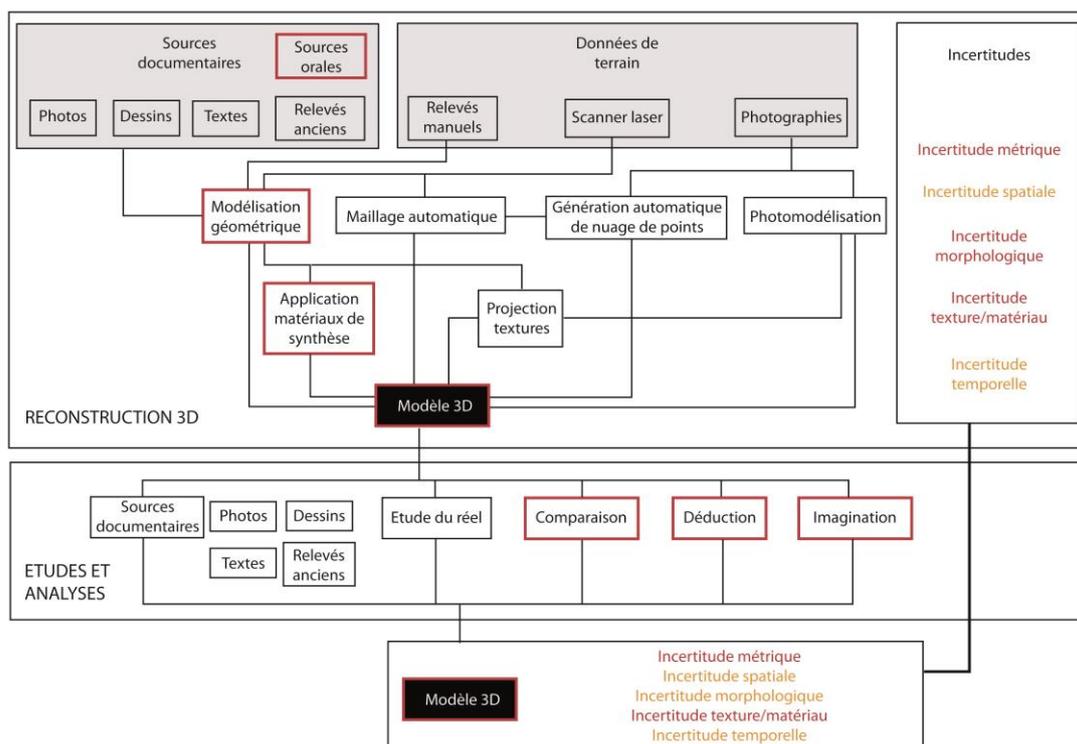


Figure 90 : Schéma du processus de reconstruction géométrique 3D des objets disparus attestés non documentés.

Les schémas mettent en évidence le fait qu'il n'est pas possible de déterminer quelle incertitude découle de quel type d'objet ou de quelle technique de reconstruction 3D utilisée. Un trop grand nombre de paramètres entre en ligne de compte, obligeant un traitement des objets au cas par cas et non pas en tentant de généraliser.

C'est dans cette perspective que nous avons souhaité appliquer la solution développée par Sorin Hermon consistant à calculer la fiabilité du modèle 3D final découlant de l'évaluation de tous les composants 3D de la maquette numérique. Pour ce faire, nous avons compilé toutes les descriptions textuelles et iconographiques des objets présents dans l'église au XVIII^e siècle, recueillies au sein de la documentation (annexe 7).

III.3. Calcul de la fiabilité du modèle 3D

La solution que nous avons testée propose de mesurer la fiabilité du modèle 3D. Dans le cadre d'études sur la visualisation d'informations et la réalité virtuelle, Sorin Hermon et ses collègues ont proposé d'appliquer un dérivé de la « théorie des ensembles flous » à l'archéologie. Cette théorie est une « méthode spécifique de raisonnement, basée sur des outils mathématiques qui sont particulièrement développés pour représenter, quantifier et manipuler des données ambiguës et incertaines, et enfin résoudre des problèmes décisionnels

d'une manière simple et élégante basée sur quelques données » (HERMON, NICCOLUCCI 2003 : 307). Le concept s'applique à l'archéologie en raison du caractère flou de la « réalité » archéologique, de la subjectivité et de la forte variation de la fiabilité du modèle 3D final (NICCOLUCCI, HERMON 2010b : 29) et, enfin, de l'existence de « plusieurs vérités possibles » comprises entre 0 (faux) et 1 (vrai) d'après le concept dérivé de la « loi du milieu exclu » (HERMON, NICCOLUCCI 2003 : 307).

Les chercheurs ont défini une méthode de calcul de la fiabilité du modèle 3D évaluée par le modélisateur lui-même. Cela signifie qu'un modèle 3D créé par une autre personne sur la même base de données sera différent et sera évalué autrement. L'index est calculé à partir de deux critères : d'une part, la **fiabilité des données**, basée sur la source des données (données primaires, secondaires, déductions ou pure imagination) (fig.22 : 57), et, d'autre part, **l'importance de la fiabilité du modèle 3D** pour l'étude en cours. Autrement dit, la restitution de la couleur du dallage n'aura aucune importance dans une étude sur les transformations architecturales.

Pour traduire les données documentaires en valeurs numériques, quatre intervalles ont été déterminés (HERMON, NIKODEM, PERLINGIERI 2006 : 125) :

- très important = 1 à 0,8 ;
- significatif = 0,7 à 0,5 ;
- moins important = 0,4 à 0,2 ;
- insignifiant = 0,1 à 0.

Le tableau suivant (fig.91) présente des valeurs de fiabilité et d'importance attribuées aux composants (murs, sols, portes) d'un modèle 3D croisées à des catégories d'existence, de matériau, de technique, de taille, de texture et de position. Le principe est de calculer l'index de fiabilité global (R) de chaque composant du modèle 3D en appliquant une méthode mathématique fondée sur les logarithmes népériens :

$$R_n = -\log R_n(i_n + 1)$$

$$R'_n = \log_R(R_n + 1)$$

evaluation categories		existence	material	technique	size	texture	position	N	R	R'
WALLS	reliability	1,00	0,9	0,9	0,8	0,5	1	1	4,686	0,409
	importance	1	1	0,8	0,9	0,6	1	1		
FLOORS	reliability	1	1	1	1	1	1	0,9	68,968	1,000
	importance	0,7	0,8	0,7	1	0,7	1	1		
ROOF	reliability	1	0,8	0,8	0,7	0,4	1	1	5,174	0,429
	importance	0,8	0,8	0,7	0,7	0,5	0,9	1		
WINDOWS	reliability	0,9	0,8	0,8	0,6	0,3	0,4	0,4	7,830	0,513
	importance	0,8	0,7	0,6	0,7	0,5	0,8	0,8		
DOORS	reliability	1	0,8	0,8	0,8	0,3	1	1	5,174	0,429
	importance	0,9	0,7	0,6	0,7	0,5	0,9	0,9		

Figure 91 : Calcul de l'index de fiabilité des composants d'un modèle 3D (d'après (HERMON, NIKODEM, PERLINGIERI 2006 : 125, tableau 1 ; 126, tableau 2)).

En se basant sur cette méthode, nous avons évalué notre propre restitution 3D de l'église basée sur l'ensemble des données réelles et issues des sources documentaires (fig.92). Le tableau suivant (tableau 5) présente les valeurs de fiabilité (*fia.*) et d'importance (*imp.*) que nous avons attribuées aux objets 3D restitués à partir des informations extraites de la documentation (annexe 7), pour les catégories d'existence, de dimensions, de matériau/texture, de position spatiale et de morphologie.



Figure 92 : Anastylose virtuelle de l'église au XVIII^e siècle (application tactile : Alyen © 2012).

Catégories d'évaluation		Existence	Dimensions	Matériau/text ure	Position	Morphologie	Moyenne	R	R'
Lutrin	Fia.	1	0,3	0,3	0,8	0,5	0,58	1,02	0,39
	Imp.	1	0,8	0,3	0,9	0,7	0,74		
Stalles	Fia.	1	0,8	0,3	0,8	0,6	0,7	1,55	0,52
	Imp.	1	0,8	0,3	0,9	0,7	0,74		
Tombeau d'Armand de Bourbon	Fia.	1	0,6	0,4	0,8	0,7	0,7	1,55	0,52
	Imp.	1	0,8	0,3	0,9	0,7	0,74		
Sol	Fia.	1	0,9	0,4	1	0,8	0,82	2,8	0,74
	Imp.	1	0,8	0,3	0,9	0,7	0,74		
Lampe	Fia.	1	0,7	0,3	0,7	0,1	0,56	0,95	0,37
	Imp.	1	0,8	0,3	0,9	0,7	0,74		
Plaquage de marbre (sanctuaire)	Fia.	1	0,9	0,3	1	0,3	0,7	1,55	0,52
	Imp.	1	0,8	0,3	0,9	0,7	0,74		
Maître-autel	Fia.	1	1	0,3	1	1	0,86	3,67	0,86
	Imp.	1	0,8	0,3	0,9	0,7	0,74		
C. Gennari, <i>La Nativité</i>	Fia.	1	1	1	0,9	0,6	0,9	5,99	1,08
	Imp.	1	0,8	1	0,9	0,7	0,88		
N. Mignard, <i>Jésus au Temple</i>	Fia.	1	1	1	0,9	0,6	0,9	5,99	1,08
	Imp.	1	0,8	1	0,9	0,7	0,88		
Rideaux	Fia.	1	0,7	0,3	0,8	0	0,56	0,95	0,37
	Imp.	1	0,8	0,3	0,9	0,7	0,74		
Abside du sanctuaire	Fia.	1	0,9	0,4	1	0,9	0,84	3,56	0,85
	Imp.	1	1	0,3	1	1	0,86		

Tableau 5 : Calcul de la fiabilité de quelques composants du modèle 3D hypothétique de l'église de la chartreuse (fig.92) fondée sur les descriptions extraites de la documentation et les données de terrain.

La variation des valeurs dépend directement de la précision ou de la complétude des descriptions tirées de la documentation. Prenons l'exemple du lutrin :

- son existence au XVIII^e siècle est attestée par les sources,
- sa localisation dans le chœur des pères est approximative : il est situé « au milieu du chœur » (GUIRAUD et al. 1791) ou « dès l'entrée dans le chœur » (SOUVILLE 1744a : 24),

- ses dimensions ne sont communiquées que pour la longueur de l'aigle (0,77 m) (DELOYE 1881 : 84) : la hauteur a été restituée en déduisant la hauteur standard d'un pupitre de lecture,
- son matériau et sa couleur sont mentionnés (en laiton) mais l'application d'un matériau de synthèse sur le modèle virtuel ne rend pas compte de la réalité,
- enfin, sa morphologie (aigle) est connue pour le haut du pupitre mais pas pour le pied ni la base, restitués à partir d'autres modèles de lutrin. L'absence d'un relevé de l'objet réel n'a pas permis de représenter fidèlement l'aigle, dépendant essentiellement du talent du constructeur du modèle 3D.

Au final, le niveau de fiabilité attribué au lutrin atteint la valeur R' de 0,39 où 0 marque l'incertitude et 1 la certitude de la restitution. A titre de comparaison, les autels secondaires, restitués sur la seule mention de leur présence et sur le modèle d'autels contemporains, ont une fiabilité de 0,23 ; le maître-autel, ayant bénéficié d'une campagne de relevés de terrain, a une fiabilité de 0,86 ; les peintures existantes ont une fiabilité proche de 1. La même procédure a ainsi été appliquée à l'ensemble des 53 objets visibles dans le modèle 3D dont le calcul accorde une fiabilité globale de 0,55 à la restitution de l'église du XVIII^e siècle. Le graphique suivant regroupe les valeurs de fiabilité de chaque objet autour de trois niveaux. La plupart des restitutions sont très peu fiables (entre 0,2 et 0,4), un certain nombre assez disparate est moyennement fiable (entre 0,5 et 0,8) et un dernier groupe d'objets est considéré comme fiable (à partir de 0,8) (fig.93).

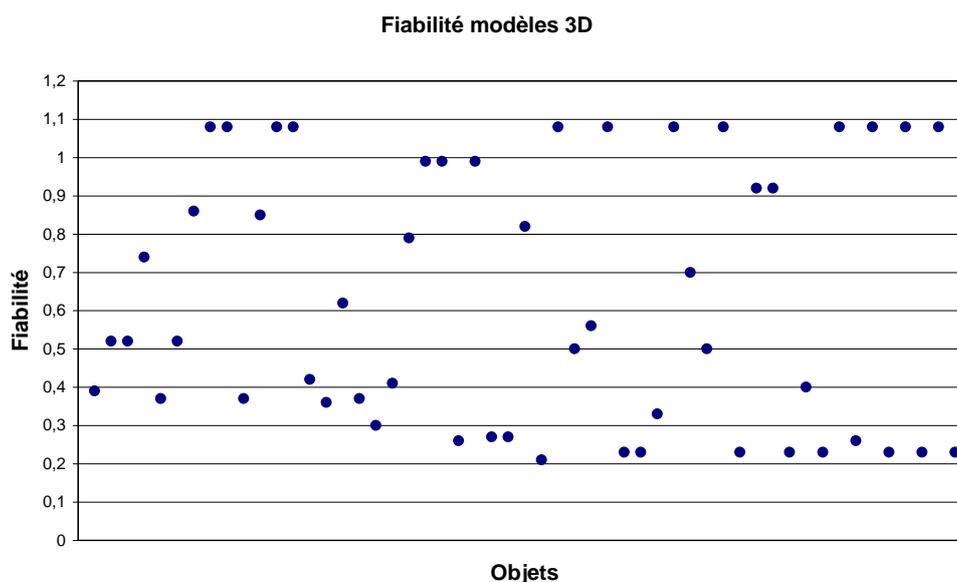


Figure 93 : Graphique d'illustration de la disparité des niveaux de fiabilité attribués aux modèles 3D.

Malgré le fait que la solution apporte une réponse intéressante pour mesurer ce qui ne peut l'être, l'attribution des valeurs de fiabilité et d'importance reste subjective, découlant du seul point de vue de la personne en charge de la construction du modèle 3D à partir de la documentation. Nous présenterons, dans la partie 3, notre adaptation de cette méthode en termes de précision des critères d'attribution des valeurs.

Conclusion

L'application à l'église de la chartreuse de nos réflexions sur la représentation de l'incertitude dans un modèle 3D s'est limitée à la mesure de la fiabilité de l'anastylose virtuelle finale. Nous avons, en effet, souligné le fait que l'antériorité de ce projet par rapport à la thèse expliquait l'absence de dispositifs visuels directement intégrés à la maquette 3D numérique, comme nous avons pu le présenter dans la partie 1 à travers plusieurs exemples. Malgré cela, nous avons pu décrire les différentes phases de transformation de l'église entre sa fondation entre 1358 et le XVIII^e siècle à partir de l'analyse comparative des sources et de l'appui des spécialistes scientifiques. Plusieurs points problématiques ont été soulevés portant, notamment, sur la double chapelle Saint-Bruno/Saint-Michel et le jubé, pour lesquels la poursuite des recherches permettra peut-être de trouver des réponses. En outre, le travail de restitution du décor de l'édifice, dans son état actuel, est critiquable au sens où le modèle 3D présente une compilation de quatre documents étalés sur le XVIII^e siècle (1722, 1743-1744, 1787 environ et 1791). Bien que les objets liturgiques et mobiliers semblent avoir peu bougés, il serait souhaitable, pour être correct sur le plan scientifique, de proposer une restitution propre à chaque document, dans la mesure du possible puisque le texte des Comptes, par exemple, ne décrit que les tapis d'autels et les textiles couvrant les peintures ou fermant les baies.

La troisième partie qui suit vient, tout d'abord, compléter la question de la mesure de l'évaluation du modèle 3D et de la documentation appuyée sur la méthode de Sorin Hermon, que nous avons précisé par l'ajout de critères d'évaluation. Dans un second temps, nous exposons les solutions visuelles développées qui prennent la forme d'un graphe et de marqueurs d'incertitude et d'un encodage assigné à la représentation 3D. Par la suite, nous proposons d'implémenter un protocole de documentation et de visualisation de l'incertitude à la plateforme numérique NUBES développée par le laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC).

Partie III

Proposition d'un protocole de documentation et de visualisation de l'incertitude de la représentation 3D

L'état de la recherche présenté dans la première partie a montré la complexité du concept d'incertitude des connaissances liée à la multiplicité des significations, aux problèmes de perception et aux modes d'expression. Les solutions pour communiquer l'état des connaissances sont nombreuses et diversifiées, de l'usage d'un langage verbal à l'application de variables graphiques et visuelles dans une représentation 2D ou 3D numérique.

Alors que nous avons pu intégrer l'incertitude des connaissances dans les restitutions de l'abbaye Saint-Michel de Cuxa, le modèle 3D de l'église de la chartreuse ne montre aucun dispositif visuel pour communiquer les incertitudes. C'est dans ce but que nous avons développé une solution de documentation et de visualisation de l'incertitude des données traduites en trois dimensions.

I. Pour une évaluation des sources d'information

I.1. Traduction tridimensionnelle d'informations archéologiques

Le processus de construction de la représentation 3D s'appuie sur des informations hétérogènes tirées des données collectées sur le terrain ou au sein de sources documentaires textuelles ou iconographiques. La compilation des informations et la diversité des formes d'expression, dépendant de nombreux facteurs, impliquent la mise en place d'une méthodologie d'étude des sources pour identifier et extraire les informations nécessaires à la description des objets architecturaux. L'étude de la documentation propre à l'église de la chartreuse de Villeneuve lez Avignon a permis d'identifier cinq types d'informations qui décrivent les objets : la localisation spatiale, la morphologie, les dimensions, l'apparence visuelle (matériau et texture), la temporalité (ou datation) (fig.94).

<p>« Au milieu du chœur des pères, on voit le tombeau d'Armand de Bourbon, [...] mort le 22 février 1666 [...]. Ce tombeau n'est proprement qu'une grande base attique en parallélogramme, dont les moulures sont de marbre blanc veiné & la table est de marbre noir. On ne lui a donné qu'environ seize pouces d'élévation, pour ne point couper la vue du maître autel. »</p>	<p>Localisation</p> <p>Morphologie</p> <p>Temporalité</p> <p>Apparence visuelle</p> <p>Dimensions</p>	<p>« Au milieu de l'église et du chœur on y voit le tombeau d'Armand de Bourbon, [...] transporté dans ladite église en 1666, 12 février, ce tombeau est élevé d'environ deux pieds est de marbre blanc et noir. »</p>
--	---	--

Figure 94 : Description du tombeau d'Armand de Bourbon issue de deux sources textuelles (extraits de (SOUILLIE 1744a : 24) et (GUIRAUD et al. 1791)). Cinq types d'informations sont transmis par les sources : la localisation spatiale, la morphologie, la temporalité, l'apparence visuelle et les dimensions du tombeau.

Nous les appelons « paramètres » car le niveau de détail des descriptions, ou résolution de la description, peut varier en fonction du type de document ou d'un certain nombre de facteurs tels que l'objectif de la description, la volonté de l'auteur d'être plus ou moins précis, l'existence de l'objet, son niveau d'accessibilité ou encore la précision du relevé numérique. Le paramètre de temporalité réunit les quatre autres car, en fonction du moment où se place la représentation 3D, les autres paramètres peuvent avoir changé, comme le définit le principe de modélisation spatio-temporelle (fig.95).

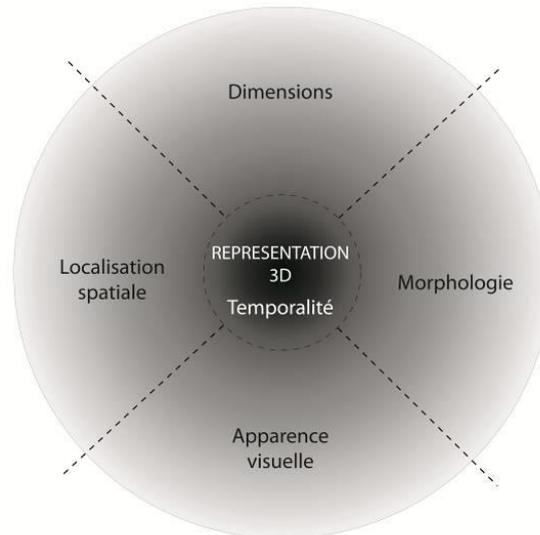


Figure 95 : Les quatre paramètres de dimensions, de forme, de localisation spatiale et d'apparence décrivent un objet à un moment précis dans le temps.

Les approches sur la visualisation de l'incertitude dans une scène 3D virtuelle, exposées dans la première partie, ont montré qu'elles prenaient en compte l'ensemble des paramètres ou qu'elles les traitaient séparément. Les interfaces de Zuk (ZUK, CARPENDALE, GLANZMAN 2005) et de Kensek (KENSEK, DODD, CIPOLLA 2004) se concentrent respectivement sur les paramètres temporels et morphologiques associés dans le travail de Stefani (STEFANI 2010). Les autres approches proposent essentiellement des solutions de visualisation de l'incertitude globale de la restitution 3D (MASUCH et al. 1999), (STROTHOTTE et al. 1999), (POTTER et al. 2007), (BLAISE, DUDEK 2009). Nous avons cependant remarqué qu'aucune d'entre elles ne cherchait à étudier les paramètres dans leur unicité. C'est sur la base de ce constat que s'inscrit notre étude qui se fixe pour objectif de traiter individuellement les paramètres en vue de révéler les incertitudes qui les caractérisent.

I.2. Granularité de l'incertitude

Le concept de granularité de l'incertitude est défini comme le niveau de distinction le plus fin parmi les différentes quantifications de l'incertitude (traduit de (BONISSONE, DECKER 1985 : 57)). Appliqué aux domaines du raisonnement et de la prise de décision, il peut s'adapter aux autres disciplines qui traitent des données présentant des niveaux d'incertitude variables. Dans notre cas, la granularité de l'incertitude signifie que l'analyse documentaire est menée par couches d'informations, l'enjeu étant de relever toutes les données descriptives des objets et les incertitudes inhérentes.

Nous partons du principe qu'un document, quel que ce soit son type, contient plusieurs données qui documentent les cinq paramètres de description d'un objet et donc de sa représentation 3D. Cinq couches d'informations ont été identifiées :

- la **couche 1** caractérise le plus petit niveau d'information, c'est-à-dire une donnée unique issue d'un document, qui décrit un des cinq paramètres (exemple : « le tombeau est au milieu du chœur des pères »),
- la **couche 2** correspond à l'ensemble des données qui décrivent un ou plusieurs objets au sein d'un même document (exemple : « au milieu de l'église, on y voit le tombeau [...] transporté le 12 février 1666, ce tombeau élevé d'environ deux pieds est de marbre blanc et noir » dans l'inventaire révolutionnaire),
- la **couche 3** regroupe l'intégralité des données qui décrivent un même objet collectées à travers tous les documents. Il correspond au modèle 3D numérique, traduction graphique de l'état des connaissances,
- la **couche 4** regroupe tous les objets décrits à travers la documentation appartenant à un même ensemble architectural. Il s'agit des composants du modèle 3D global,
- la **couche 5** correspond au dispositif d'accès aux informations contenues dans la base de données et à l'encodage visuel appliqué aux objets de la scène 3D.

La collecte et l'analyse des données par couches d'informations peuvent être résumées sous la forme d'une addition où A, B, C sont les documents et 1, 2, 3 sont les données (fig.96) :

$$A1 + B1 + B2 + C1 + C2 + \dots = \text{représentation 3D}$$

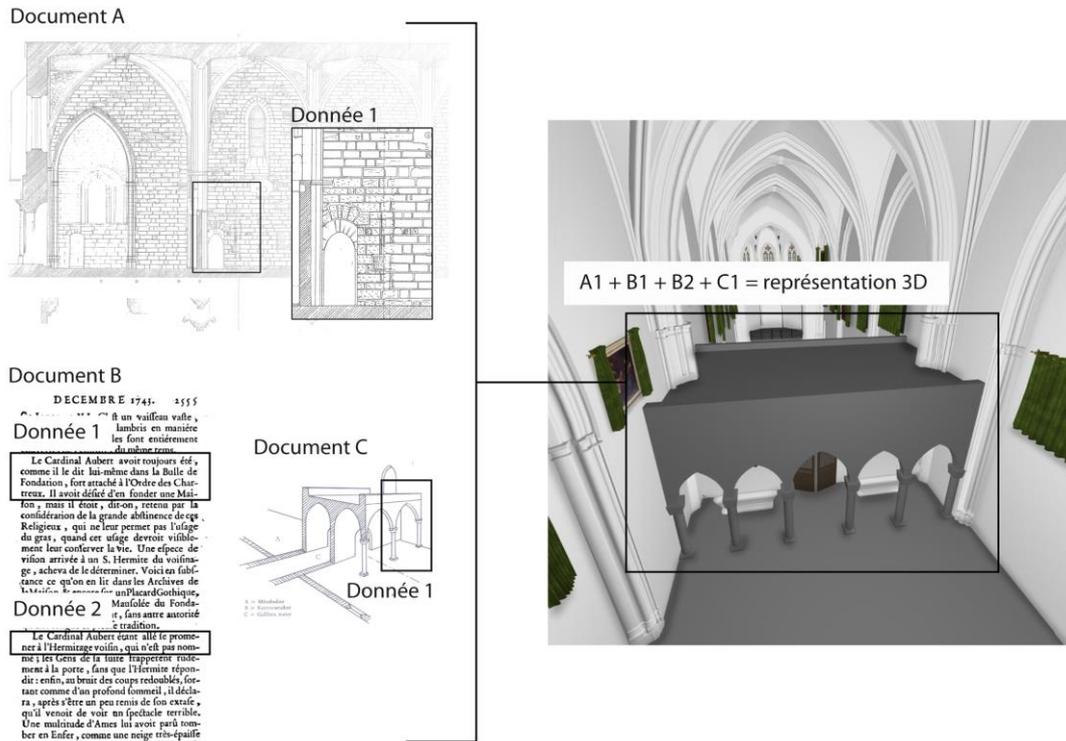


Figure 96 : Concept de granularité de l'incertitude où l'analyse de la documentation s'effectue par couches d'informations.

Au-delà de la simple compilation des informations, il faut procéder à leur analyse afin de comprendre les objets et de réduire les incertitudes. Pour cela, nous avons précisé la solution de Sorin Hermon consistant à calculer des valeurs de fiabilité, en gardant à l'esprit qu'il s'agit d'une solution subjective placée sous la responsabilité du chercheur en charge de l'analyse de la documentation et de la construction du modèle 3D.

I.3. Evaluation de l'incertitude de la représentation 3D

Sur la base des quatre intervalles de fiabilité définis par Hermon (HERMON, NIKODEM, PERLINGIERI 2006 : 125), nous proposons de déterminer des valeurs de fiabilité aux données descriptives des objets issues des sources. Pour rappel, les quatre intervalles sont les suivants :

- 0 à 0,1 = incertitude très élevée, aucune fiabilité,
- 0,2 à 0,4 = incertitude importante,
- 0,5 à 0,7 = incertitude acceptable,
- 0,8 à 1 = incertitude basse, fiabilité élevée.

Notre réflexion a porté sur l'attribution de valeurs de fiabilité en fonction du niveau de résolution de la description. Le tableau suivant détaille la classification (tableau 6).

	Dimensions	Morphologie	Localisation spatiale	Apparence visuelle = texture/ matériau	Temporalité
Intervalle 1 0 à 0,1	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
Intervalle 2 0,2 à 0,4	Déduction	Comparaison Déduction	Déduction	Sources textuelles, orales	Déduction Siècle
Intervalle 3 0,5 à 0,7	Données approximatives	Sources textuelles, orales	Données approximatives	Dessins	Année
Intervalle 4 0,8 à 1	Données métriques précises Objet réel	Iconographies Objet réel	Données spatiales précises Objet <i>in situ</i>	Photographies Objet réel	(Jour/) mois/ année

Tableau 6 : Détermination du niveau d'incertitude d'une donnée en fonction des paramètres descriptifs.

Avec ce classement, nous pouvons évaluer plus précisément la fiabilité de la restitution 3D d'un objet fondée sur la fiabilité des données qui le décrivent. Dans un premier temps, il s'agit d'attribuer les valeurs de fiabilité correspondantes aux paramètres de description, à partir desquelles sera calculée la moyenne des valeurs des cinq paramètres de l'objet (tableau 7).

	Dim	Morpho	Loc spa	App visu	Temps	TOTAL
Plan de 1722						
Abside	0,5	0,8	1	0	0	0,46
Maître-autel	0,5	0,5	1	0	0	0,4
TOTAL	0,5	0,65	1	0	0	0,43
Description par l'abbé Soumille						
Abside	0,4	0,5	1	0	0,4	0,46
Maître-autel	0	0,5	0,2	0	0	0,14
Dallage chœur pères	0,9	0,7	0,8	0,4	0	0,56
Dallage chœur frères	0,9	0,5	0,8	0,4	0,4	0,6
Tombeau A. Bourbon	0,6	0,6	0,7	0,4	1	0,66
Lutrin	0,4	0,5	0,7	0,3	0,7	0,52
Lampe sanctuaire	0,8	0,7	0,7	0	0,4	0,52
C. Gennari, <i>La Nativité</i>	0,2	0	0,6	0,1	0,3	0,24
N. Mignard, <i>Jésus au Temple</i>	0,2	0	0,6	0,1	0,4	0,26
TOTAL	0,48	0,4	0,67	0,18	0,4	0,426
Extrait des comptes de la chartreuse						
N. Mignard, <i>Jésus au Temple</i>	0,8	0	0,1	0,1	0,4	0,28
Rideaux tableaux	0,9	0,2	0,7	0,4	1	0,64
C. Gennari, <i>La Nativité</i>	0,8	0	0,5	0,1	0	0,28
Grand tapis maître-autel	0,8	0	0,8	0,4	1	0,6
Petits tapis maître-autel	0	0	0,4	0,4	1	0,36
TOTAL	0,66	0,04	0,5	0,28	0,68	0,432
Inventaire 1791						
Dallage sanctuaire	0,9	0	0,8	0,2	0	0,38
Dallage église	0,5	0	0,5	0,2	0	0,24
Lampe	0	0,1	0,1	0,3	0	0,1
Maître-autel	0	0	0,2	0,3	0	0,1
Plaquages marbre	0	0	0,3	0,2	0	0,1
Stalles	0,3	0,4	0,4	0,1	0,1	0,26
Tombeau A. Bourbon	0,6	0,3	0,6	0,3	1	0,56
Lutrin	0,4	0,5	0,6	0,4	0	0,38
C. Gennari, <i>La Nativité</i>	0,2	0	0,6	0,1	0,3	0,24
N. Mignard, <i>Jésus au Temple</i>	0,3	0	0,6	0,1	0,4	0,28
Rideaux tableaux	0	0	0,8	0,3	0	0,22
TOTAL	0,3	0,12	0,5	0,22	0,16	0,26

Tableau 7 : Valeurs de fiabilité attribuées aux données descriptives de quelques objets du sanctuaire et du chœur des pères. Calcul de la fiabilité des représentations 3D fondées sur ces données.

Dans un second temps, il est possible de déterminer la fiabilité du modèle 3D d'un objet, en calculant la moyenne des valeurs issues de chaque document qui le décrivent. Si nous calculons la fiabilité de quelques objets décrits dans les quatre documents précédents (tableau 7) :

- le modèle 3D du maître autel a une fiabilité de 0,213,
- le modèle 3D du tableau représentant *Jésus au Temple* a une fiabilité de 0,27,
- le modèle 3D de l'abside a une fiabilité de 0,46.

Avec ce mode de calcul, nous avons mesuré la fiabilité globale du modèle 3D résultant de la moyenne de toutes les valeurs obtenues. Dans le cas présent, en considérant seulement les objets décrits dans les quatre documents de référence et listés dans le tableau précédent (tableau 7), le modèle 3D a une fiabilité évaluée à 0,3175. La valeur de fiabilité globale de 0,55 avait été obtenue précédemment avec la stricte méthode de Hermon. Nous constatons donc que la classification des critères d'attribution des valeurs de fiabilité réduit la fiabilité du modèle 3D et augmente par là l'incertitude de la restitution.

D'autres remarques sont à émettre au sujet de ce mode de calcul. La première est qu'il est indispensable de prendre en compte toute la documentation disponible. Dans le cas présent, nous avons expérimenté la méthode sur seulement trois textes et un plan. Mais la réalité de l'étude veut que nous disposons d'un plus grand nombre de documents et que certains objets existent encore aujourd'hui, dont certains ont fait l'objet de relevés numériques de terrain. Pour ceux-ci, les valeurs de fiabilité dimensionnelle et morphologique seront d'autant plus élevées.

La seconde observation est que le nombre de documents n'est pas pris en compte. Ainsi, dans l'exemple présent, les stalles ne sont mentionnées que dans un seul document, le calcul de la fiabilité de la restitution ne reposant donc que sur cette unique valeur.

La troisième remarque est que les valeurs sont attribuées selon le seul point de vue du chercheur qui traite les données et construit le modèle 3D.

Enfin, la dernière critique que l'on peut émettre est que cette méthode ne tient pas compte des techniques mises en œuvre au cours du processus de construction du modèle 3D. Un objet peut être très bien documenté, cela ne signifie pas pour autant que sa représentation virtuelle sera conforme aux données.

L'ensemble de ces remarques invite à poursuivre ultérieurement ces réflexions, décrites dans les perspectives de recherche.

La mise en place d'un système d'explicitation visuelle vise à clarifier les résultats des calculs. La traduction graphique des valeurs alphanumériques apporte un gain d'intelligibilité à la représentation des connaissances. L'enjeu est de visualiser les différents niveaux d'incertitude à travers un système visuel explicite capable de transmettre rapidement l'état des connaissances. Le premier de nos dispositifs propose de traduire les valeurs en marqueurs graphiques présentés dans un graphe et le second système est un encodage visuel appliqué à la représentation 3D numérique.

I.4. Traduction graphique de l'incertitude

Nous avons créé deux dispositifs de formalisation du concept de granularité de l'incertitude. Le premier correspond aux trois premières couches de visualisation de l'information. Il prend la forme d'un graphe et d'une série de marqueurs visuels générés automatiquement en fonction des intervalles de valeurs de fiabilité calculés selon la procédure exposée précédemment. Le second correspond à la couche 5 du concept de granularité en permettant de visualiser la fiabilité des composants de la scène 3D complète à travers l'accès aux sources documentaires et étapes du processus de modélisation et l'application de codes visuels marquant les niveaux d'incertitude.

I.4.1. Visualisation de l'incertitude de la fiabilité du modèle 3D : « graphe objet »

Le graphe que nous avons conçu formalise le degré de fiabilité attribué à un seul objet documenté par l'ensemble des sources. L'axe X contient les cinq paramètres de description et l'axe Y liste les données relatives à l'objet en question. Une série de marqueurs graphiques, d'aspects et de couleurs différents, a été développée pour traduire visuellement les niveaux d'incertitude (fig.97).

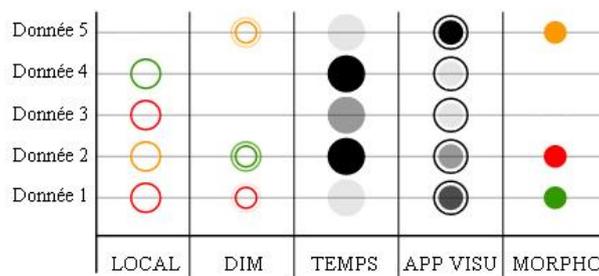


Figure 97 : « Graphe objet ».

La présence, la taille et la forme ainsi que la signification des attributs de couleur et de transparence des marqueurs caractérisent un des quatre intervalles de fiabilité, de la manière suivante :

- intervalle 1 (aucune donnée) => absence de marqueur,
- intervalle 2 (restitution incertaine) => marqueur rouge ou transparent,
- intervalle 3 (incertitude acceptable) => marqueur orange ou grisé,
- intervalle 4 (fiabilité élevée) => marqueur vert ou opaque (noir).

Plusieurs lectures sont possibles avec le graphe, correspondant à certaines couches d'information du concept de granularité.

Le niveau de lecture 1 - par marqueur - permet de connaître le niveau d'incertitude attribué à une donnée précise issue d'une source documentaire ou d'un relevé numérique du réel.

Le niveau de lecture 2 - par ligne - montre le niveau d'incertitude global pour une information. Par exemple, si l'on reprend la description du tombeau d'Armand de Bourbon par Soumille (SOUMILLE 1744a : 24) : « Au milieu du chœur des pères, [...] le 22 février 1666 [...] une grande base attique en parallélogramme, dont les moulures sont de marbre blanc veiné, et la table est de marbre noir. On ne lui a donné qu'environ seize pouces d'élévation [...]. » (fig.98).

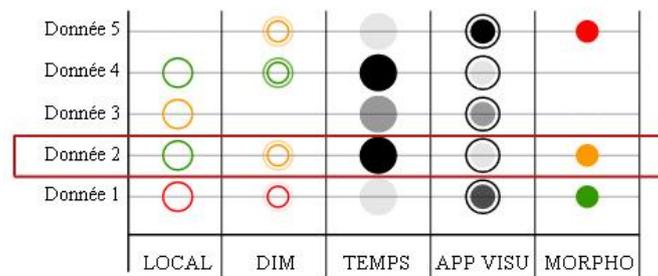


Figure 98 : La lecture du graphe par ligne permet de montrer l'incertitude globale d'une information.

Le niveau de lecture 3 - par ensemble de lignes - correspondant à un document. Dans certains cas, un même objet peut être décrit à plusieurs reprises dans un même document. Ce niveau de lecture résume l'incertitude générale d'un document contenant plusieurs informations (fig.99).

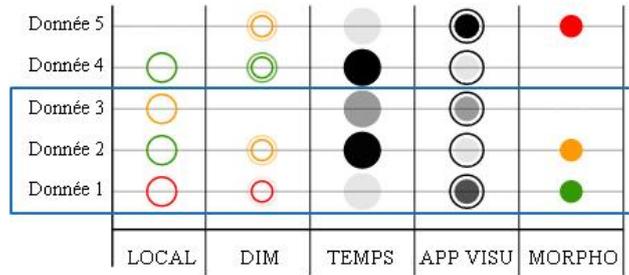


Figure 99 : La lecture du graphe par groupe de lignes permet de montrer l'incertitude globale d'un document.

Le niveau de lecture 4 – par colonne - permet de révéler quel paramètre de description de l'objet 3D est le plus incertain par rapport aux autres. Par exemple, une incertitude globale élevée pour le paramètre dimensionnel peut signifier que l'objet n'a jamais pu être mesuré car disparu ou inaccessible (fig.100).

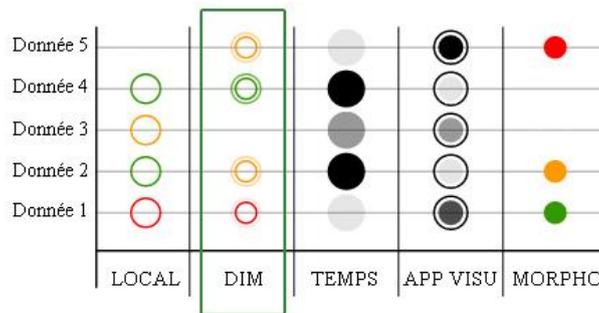


Figure 100 : La lecture du graphe par colonne permet de montrer l'incertitude globale d'un paramètre de description.

Au final, la lecture possible du graphe selon plusieurs axes permet de révéler, à travers une codification claire, les différents niveaux d'incertitude attribués à la représentation 3D des objets (fig.101).

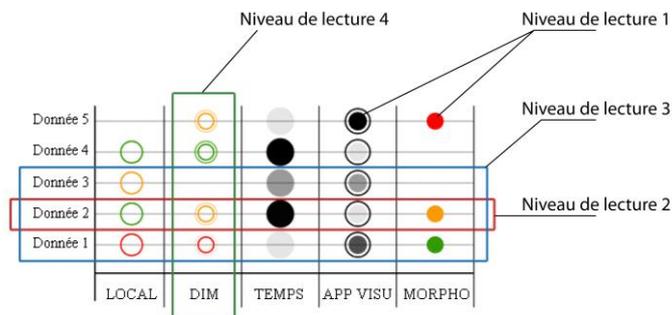


Figure 101 : Résumé des niveaux de lecture possibles offerts par le « graphe objet ».

L'objectif du « graphe objet » est de documenter l'incertitude attribuée à chaque objet composant le modèle 3D (fig.102). De plus, la lecture des différents axes offerts par le graphe

permet de souligner le type et l'ampleur de l'incertitude : l'absence de marqueurs signifie absence d'informations, la prédominance d'une couleur signale une équivalence des niveaux d'incertitude entre plusieurs données ou documents.

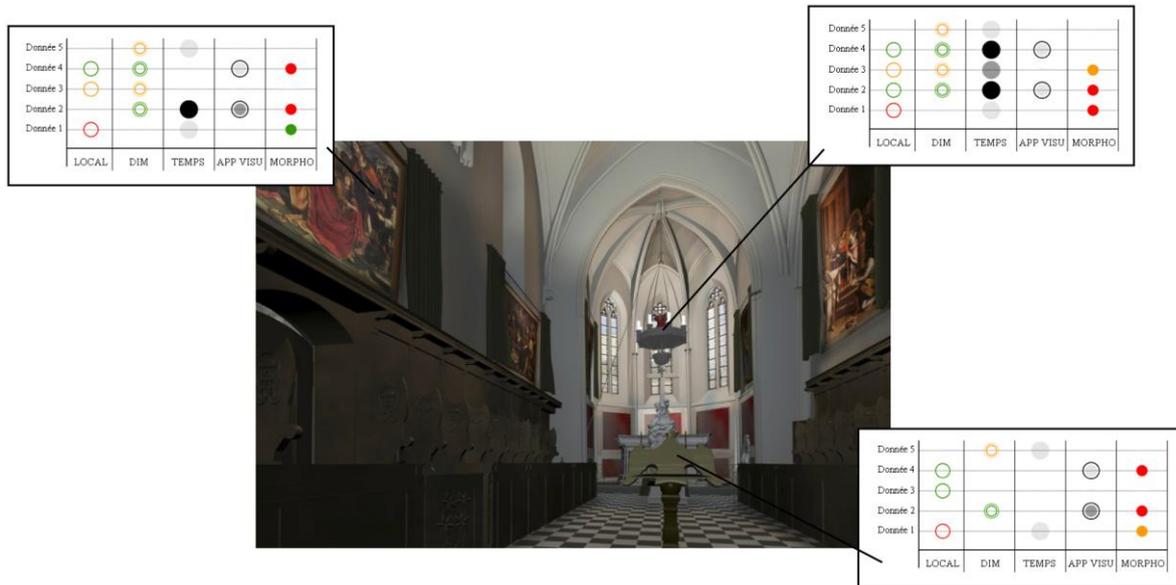


Figure 102 : Chaque objet de la scène 3D est documenté par un graphe.

Ce modèle de graphe conceptuel illustre une première solution de visualisation des niveaux d'incertitude avec l'objectif d'améliorer le contenu informationnel d'une base de données. Cette forme de représentation des niveaux de granularité de l'incertitude des connaissances a été adaptée à la représentation 3D. A partir des attributs graphiques des marqueurs visuels, une codification a été développée et appliquée directement à la représentation tridimensionnelle.

1.4.2. Codification visuelle de l'incertitude de la représentation 3D

La visualisation d'un modèle 3D devant transcrire les connaissances, l'application des codes visuels en couches superposées ne doit pas alourdir la lecture de la représentation au risque de la rendre illisible et incompréhensible (fig.103). En conséquence, nous avons choisi de ne pas traiter l'épaisseur des traits de contour pour nous concentrer sur la variation des teintes, des textures et de la transparence, variables courantes pour ce type de dispositifs.

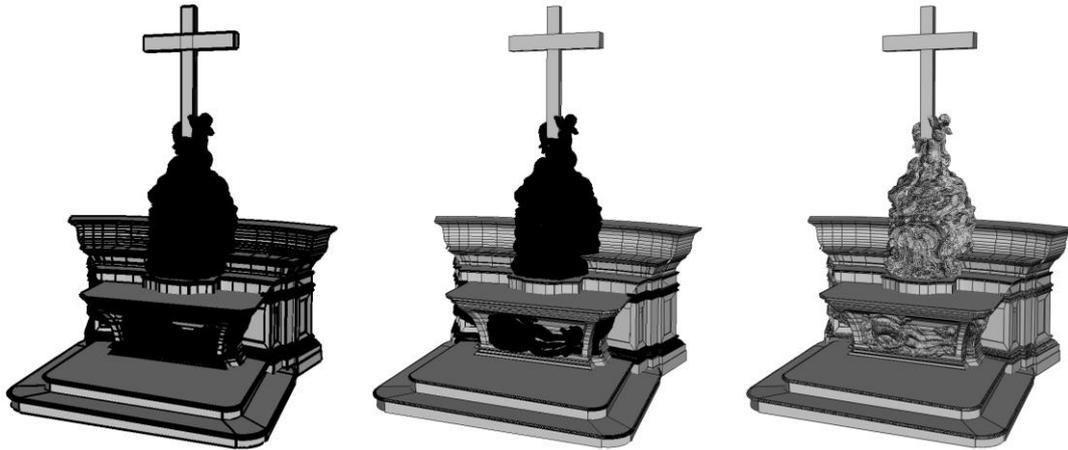


Figure 103 : La variation de l'épaisseur des lignes d'arêtes rend difficile la lecture de la représentation 3D.

Ainsi, en nous basant sur les possibilités offertes par les logiciels de modélisation géométrique et de traitement d'images, la codification visuelle établie permet d'explicitier quatre niveaux d'incertitude pour les cinq paramètres de description. Les codes reprennent en partie les attributs de teinte et de transparence appliqués aux marqueurs du « graphe objet ».

I.4.2.a. Codification visuelle de l'incertitude dimensionnelle

Le code visuel adopté pour exprimer l'incertitude des dimensions consiste à appliquer un brouillard sur les traits de contour de l'objet 3D. A l'inverse, la certitude est visualisée par une ligne continue opaque (fig.104) :

- **Incertitude de niveau 1** (élevée) pour un objet disparu non documenté : contours brumeux,
- **Incertitude de niveau 2** pour un objet existant ou disparu, pour lequel les données de grandeur sont approximatives (« assez grand ») ou estimées par déduction : lignes de contour floues,
- **Incertitude de niveau 3** pour un objet existant ou disparu pour lequel les sources communiquent des dimensions métriques approximatives (« environ douze pouces de haut ») : lignes de contour légèrement floues,
- **Incertitude de niveau 4** (basse) pour un objet existant, pour lequel les mesures sont directement prises sur l'objet : lignes de contours nettes.

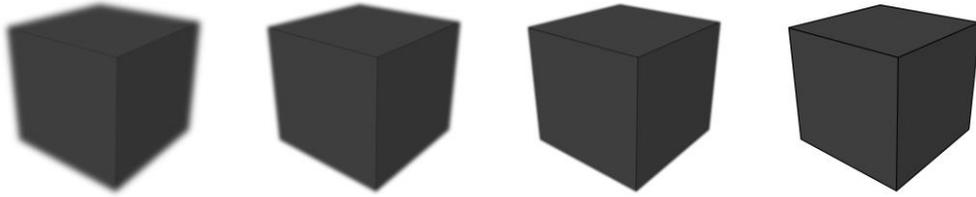


Figure 104 : Codification visuelle de l'incertitude dimensionnelle à travers l'estompage des lignes de contour.

I.4.2.b. Codification visuelle de l'incertitude spatiale

Les données qui documentent la localisation spatiale permettent de replacer un objet déplacé ou disparu à son emplacement d'origine. La visualisation des niveaux de certitude est traduite à travers quatre teintes assignées aux arêtes de l'objet 3D (fig.105) :

- **Incertitude de niveau 1** (élevée) pour un objet disparu non documenté : teinte rouge,
- **Incertitude de niveau 2** pour un objet disparu pour lequel les informations sont déduites : teinte jaune,
- **Incertitude de niveau 3** pour un objet existant ou disparu, pour lequel les données sont approximatives : teinte verte,
- **Incertitude de niveau 4** (basse) pour un objet existant situé à sa place d'origine ou documenté par des données spatiales précises : teinte noire (couleur par défaut du logiciel).

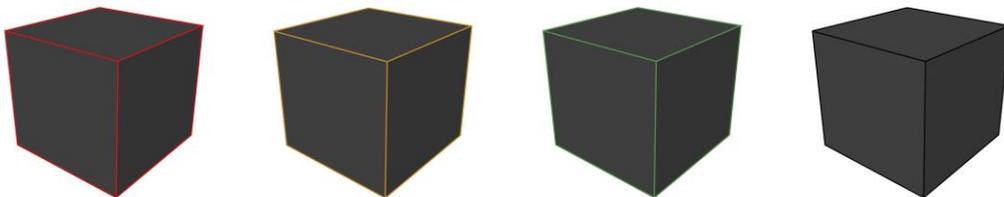


Figure 105 : Codification visuelle de l'incertitude spatiale à travers l'application de teintes aux lignes d'arêtes.

I.4.2.c. Codification visuelle de l'incertitude morphologique

La forme d'un objet est plus complexe à traduire virtuellement sauf s'il s'agit d'un objet existant ou documenté par des iconographies. L'incertitude morphologique est traduite à travers la variation du taux de visibilité du maillage de l'objet virtuel (fig. 106) :

- **Incertitude de niveau 1** (élevée) pour un objet non documenté : maillage visible à 100%,
- **Incertitude de niveau 2** pour un objet reconstruit par déduction ou comparaison avec des objets similaires : maillage atténué à 50% de visibilité,

- **Incertitude de niveau 3** pour un objet reconstruit à partir de sources textuelles ou orales : maillage atténué à 25% de visibilité,
- **Incertitude de niveau 4** (basse) pour un objet reconstruit à partir de données réelles ou iconographiques : maillage invisible.

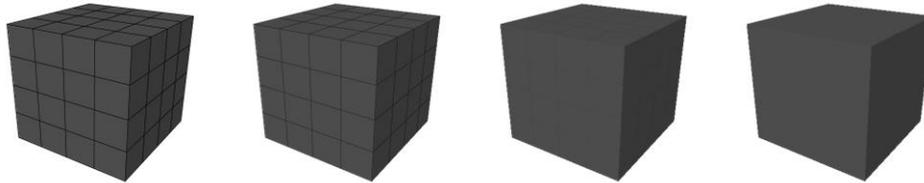


Figure 106 : Codification visuelle de l'incertitude morphologique à travers la visibilité du maillage 3D.

I.4.2.d. Codification visuelle de l'incertitude de l'apparence visuelle

Restituer l'apparence visuelle d'un objet pose des problèmes de traduction graphique notamment lorsque l'objet original n'existe plus. Les niveaux d'incertitude découlent du type de sources. La codification adoptée pour visualiser l'incertitude de l'apparence visuelle est traduite dans le modèle 3D par le degré de réalisme de la texture assignée à l'objet (fig.107) :

- **Incertitude de niveau 1** (élevée) pour un objet disparu non documenté : matériau de synthèse généré par le logiciel,
- **Incertitude de niveau 2** pour un objet disparu ou existant, documenté par des sources non iconographiques, textuelles ou orales : texture de synthèse qui simule le matériau,
- **Incertitude de niveau 3** pour un objet disparu ou existant connu par des sources iconographiques métriques ou non : projection de textures à partir de sources iconographiques d'archives,
- **Incertitude de niveau 4** (basse) pour un objet réel ayant fait l'objet d'un relevé photographique : projection de la texture réelle issue des relevés de l'existant.

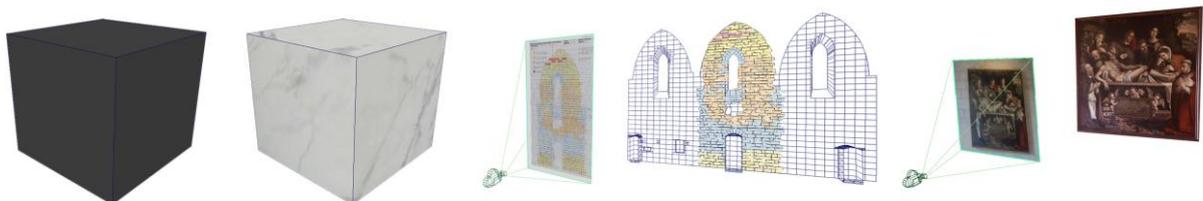


Figure 107 : Codification de l'incertitude de l'apparence visuelle à travers le niveau de réalisme des textures.

I.4.2.e. Codification visuelle de l'incertitude temporelle

Nous avons établi le fait que le paramètre temporel englobait les autres éléments descriptifs du fait qu'un objet a une forme et une apparence visuelle définies, est localisé à un endroit déterminé et possède telles dimensions à un moment précis sur l'échelle du temps. L'enjeu de la restitution 3D est donc de le restituer selon ses paramètres déterminés à l'instant T. L'évaluation du degré d'incertitude dépend de l'échelle de granularité temporelle qui ne peut être déterminée qu'après l'analyse documentaire. En effet, seule l'étude des sources permettra de définir la fourchette temporelle dans laquelle s'inscrivent les événements. Pour la visualisation de l'incertitude temporelle, nous avons choisi la variable de transparence car elle permet de laisser visibles les codes visuels sous-jacents (fig. 108) :

- **Incertitude de niveau 1** (élevée) pour un objet sans données temporelles : 90% de transparence,
- **Incertitude de niveau 2** pour un objet dont la datation est déduite (à partir du nom du créateur par exemple) ou exprimée sur l'échelle temporelle du siècle : 75% de transparence,
- **Incertitude de niveau 3** pour un objet dont l'intervalle temporel s'étend sur une année : 25% de transparence,
- **Incertitude de niveau 4** (basse) pour un objet daté précisément (jour/mois/année) : 0% de transparence, 100% d'opacité.

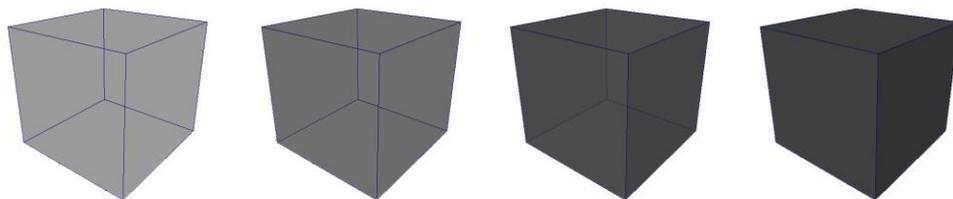


Figure 108 : Codification visuelle de l'incertitude temporelle à travers la variation du taux de transparence.

La figure 109 regroupe les codes visuels (fig.109) et la figure 110 illustre un exemple d'application des codes à un objet existant (le maître-autel) dont le niveau d'incertitude général est proche de 0% (fig.110).

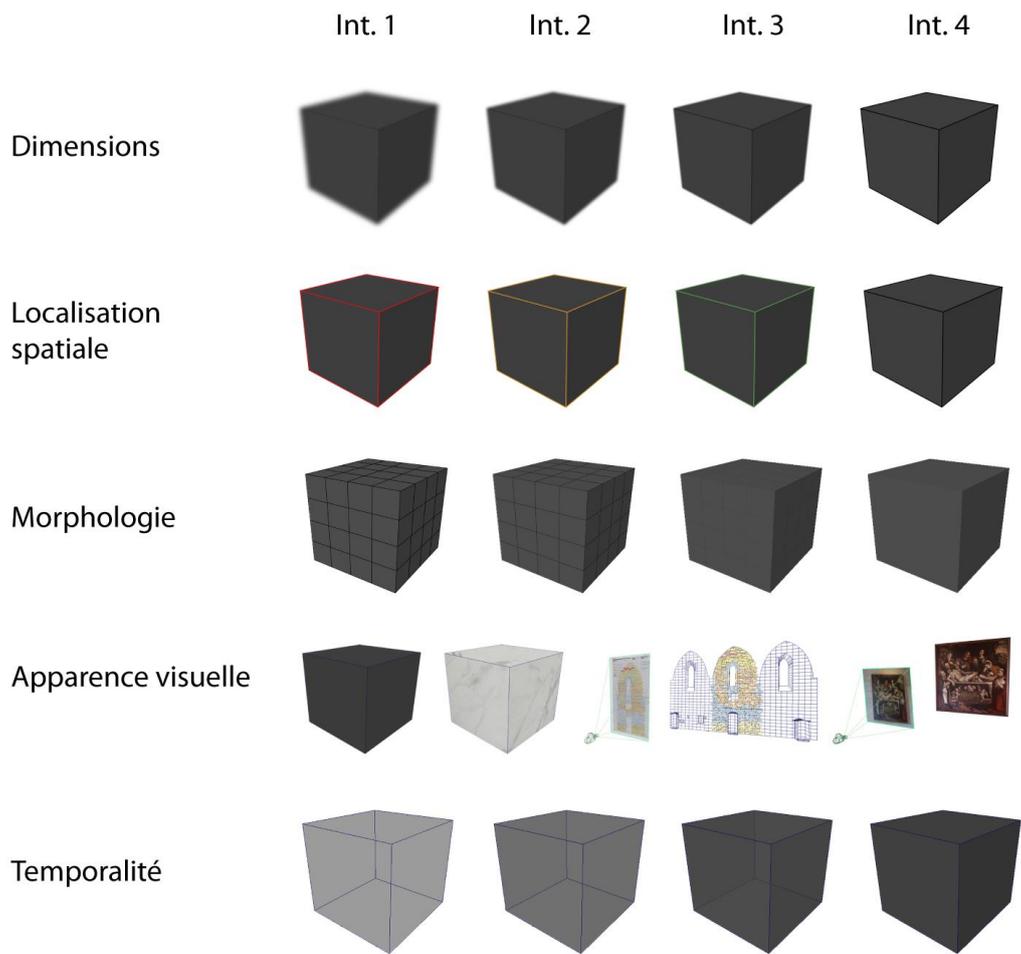


Figure 109 : Codification visuelle de la représentation 3D selon quatre intervalles d'incertitude.

Données	
Références et données / indices	
1	 <p>Photo de l'objet réel existant :</p>
2	<p>Abbé Somville, 1743-1744 : « [marchant]. Le maître autel peut être mis au nombre de ceux qu'on nomme à la Romaine. [...] il est sans aucun tabernacle. On y voit qu'un grand tabernacle, orné de petites colonnes, et placé sous un arc doubleau, chargé d'une corniche corinthienne avec son attique, soutenu de colonnes du même ordre, espacés tout autour du sanctuaire. »</p>
3	<p>Abbé Valla, 1908 : « Au fond de son abside, [...] au-dessous de la fenêtre, le maître-autel : celui là même que l'on peut voir aujourd'hui à l'église paroissiale. » « Cet autel, qui remplaça, à la Révolution, l'autel de 1746 vendu en l'an XII, au prix de cinq cents francs, est vraiment la merveille du chœur. Ne parlons pas de ses membres incomparables, répandus à profusion et où dominent le vert antique, le jaspé de Sicile, le jume de Sième, etc. ; ne parlons pas du calvaire qui le surmonte, des anges adorateurs posés sur les gradins supérieurs, des figurines en forme de consoles qui ornent et soutiennent se table d'autel ; ne parlons pas de son tabernacle : vaste coquille aux volutes gracieuses, dont un vandale de curé a si malencontreusement transformé la porte : ne parlons même pas du style de l'ensemble : un style qui semble avoir été fait pour les grandes pompes du culte et qui penant aux ornements dont on charge alors l'autel de rendre ce dernier plus monumental, impressionnant même, vu de quelques pas, au lieu de l'écraser. Non, n'en parlons pas ; quelque valeur qu'aient tous ces divers avantages, ils s'effacent bien vite devant le Christ au tombeau qui décore la table d'autel. Quelle vérité dans la pose ! Quelle vigueur de relief et d'expressions ! Quelle science d'autonomie ! le remorque à ce sujet, que la côté droit du corps est légèrement plus fort que le côté gauche : c'est l'effet – parfaitement rendu – de la position qui anime la le sang et les lumières. [...] (note de bas de page : On sait encore que généralement le côté droit est un peu plus développé que le côté gauche. [...].) On raconte [...] fixer la provenance du monument, s'écria : « C'est la facture de Michel-Ange ! ». Cet autel qui n'est autre que l'ancien maître-autel de la Chartreuse (note de bas de page : « M. Guizot, père, fit poser à ses frais, dans l'église paroissiale, « le maître-autel de l'ancienne Chartreuse. »</p>
4	 <p>Plan 1722 :</p>

SEULES	LOCAL	DIM	TEMPS	APP VISU	MORPHO
882	●	●	●	●	●
907	●	●	●	●	●
892	●	●	●	●	●
906	●	●	●	●	●
883	●	●	●	●	●

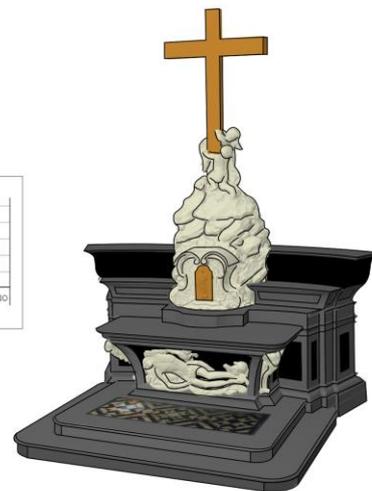


Figure 110 : Exemple d'application des codes visuels à la représentation 3D du maître-autel qui traduit un niveau d'incertitude général de 0%.

La création d'un encodage visuel pour formaliser les niveaux d'incertitude a ouvert des perspectives de développement d'un protocole complet partant de la documentation de l'incertitude des sources dès la phase d'analyse et aboutissant à l'application de codes graphiques sur leurs traductions graphiques en 3D.

II. Implémentation informatique d'un outil pour la documentation et la visualisation de l'incertitude

Les précédentes parties ont démontré qu'il était possible de développer des dispositifs graphiques qui représentent l'état des connaissances. Leur intégration dans des systèmes d'informations apporte un complément essentiel en termes d'explicitation visuelle des connaissances et plus particulièrement des incertitudes. Les interfaces actuelles des systèmes d'informations, bien qu'associant les sources documentaires et une traduction graphique des résultats, ne proposent cependant pas d'outils propres pour documenter et représenter l'incertitude.

Les systèmes du « graphe objet » et de l'encodage visuel des modèles 3D sont deux solutions relativement simples à mettre en place. Leur intégration dans un système d'informations apporterait aux chercheurs des outils supplémentaires pour visualiser les conclusions de leurs

études tout en leur apportant un support de réflexion qui signale les points faibles et les incertitudes. En outre, en plus de réunir l'intégralité des informations dans un même système d'informations géo référencées, l'application des attributs visuels caractéristiques des niveaux de fiabilité permettrait de spatialiser l'incertitude.

Cette dernière partie est ainsi l'occasion de présenter l'interface dans laquelle pourraient être intégrés nos deux dispositifs. Tout d'abord, nous exposons rapidement les fonctionnalités de la plateforme numérique. Puis, à travers des cas d'étude précis, nous décrivons le fonctionnement du système d'informations en développant les options actuelles et celles que nous avons ajoutées.

II.1. Plateforme NUBES : système d'informations pour le patrimoine bâti

La plateforme NUBES est un outil de description, d'analyse, de documentation et de partage de représentations numériques d'édifices patrimoniaux développé par le laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC)⁵⁷. Elle est destinée aux professionnels du patrimoine architectural à des fins d'analyse scientifique, de conservation et de diffusion des connaissances. Dans sa configuration actuelle, elle se compose de quatre applications :

- *NUBES Forma*, un outil de reconstruction 3D basé sur les relevés lasergrammétriques et la photomodélisation,
- *NUBES Tempus*, un système de navigation pour la consultation des changements temporels d'édifices,
- *NUBES Imago*, un système de navigation pour le référencement spatial et la recherche d'iconographies,
- *NUBES Visum*, un système d'informations à l'échelle architecturale. C'est dans cette application que nous envisageons d'intégrer notre outil.

II.1.1. Application NUBES Visum pour l'analyse du patrimoine architectural

Parmi les applications existantes, NUBES Visum contient plusieurs outils d'analyse des représentations 3D intégrées à la plateforme. Après avoir ouvert le projet souhaité contenant toutes les informations relatives à un édifice, quatre volets sont accessibles :

⁵⁷ Plateforme NUBES :

http://www.map.archi.fr/nubes/NUBES_Information_System_at_Architectural_Scale/Home.html

(page

consultée le 4 février 2013).

- le volet **Description** comporte tous les éléments qui composent la représentation 3D. Ils sont organisés hiérarchiquement dans un arbre de description sémantique. Ils permettent une visualisation selon trois niveaux de détails :
 - en *groupes* constitués des principaux composants architecturaux qui forment un édifice,
 - en *entités*, ou éléments architecturaux caractérisés par leur fonction,
 - et en *repères*, ou points significatifs appartenant aux entités.
- le volet **Analyse** qui permet d'effectuer des mesures et d'extraire des profils à partir d'une sélection de lignes de coupes,
- le volet **Sources** dont ses fonctions permettent d'intégrer des documents à la base de données ou d'effectuer des recherches selon divers critères,
- enfin, le volet **Cartographie**, récemment intégré à la plateforme, concerne spécifiquement l'étude des altérations subies par les édifices.

II.1.2. Dialogues entre les modules de l'application

L'architecture générale est formée de trois modules (fig.111) :

- une **base de données** conçue avec le système de gestion de base de données *open source* MySQL⁵⁸. Elle contient les sources documentaires liées aux représentations 3D qui traduisent l'état des connaissances des objets décrits dans les documents,
- une **scène 3D interactive** créée avec la plateforme de développement d'applications 3D Virtools DEV⁵⁹ pour la visualisation et la manipulation en temps réel de représentations tridimensionnelles,
- et une **interface internet** développée en langage PHP pour un accès multiutilisateurs. Elle fait la liaison entre la base de données et la scène 3D.

La base de données est directement enrichie via l'interface PHP. Pour cela, un formulaire d'insertion permet de charger des iconographies ou des documents textuels. Il se compose de champs de description parmi lesquels se trouvent les champs titre, auteur, *crédit photographique*, *copyright*, *lien URL*. Les requêtes, formulées en langage SQL, permettent

⁵⁸ MySQL : <http://www.mysql.fr/> (site consulté le 7 février 2013).

⁵⁹ Plateforme Virtools DEV : <http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virtools/> (site consulté le 7 février 2013).

d'interroger la base de données puis de faire afficher les sources ainsi que les représentations 3D correspondantes.

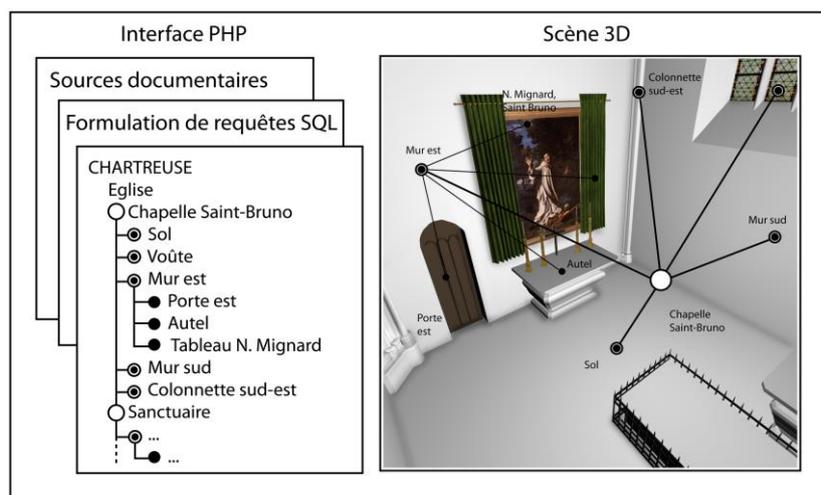


Figure 111 : Schéma simplifié du fonctionnement de l'application NUBES Visum : à gauche, l'interface PHP liée à la base de données ; à droite la fenêtre de visualisation et de manipulation des représentations 3D.

C'est dans cette configuration actuelle que nous proposons d'ajouter de nouvelles fonctionnalités au volet d'analyse **Sources**. La mise en place d'un outil spécifique pour documenter et visualiser l'incertitude implique un enrichissement de la base de données avec l'insertion de tables propres à l'incertitude rattachées aux sources et aux représentations 3D associées. De plus, l'implémentation requiert la création d'un formulaire de renseignement des niveaux et des paramètres d'incertitude issus de l'analyse documentaire et du processus de modélisation.

II.2. Intégration d'un outil pour documenter et visualiser l'incertitude

Le développement d'un outil pour la visualisation de l'incertitude a impliqué quelques modifications de l'application NUBES Visum. D'une part, une base de données spécifique a été créée, contenant les sources documentaires décrivant l'église de la chartreuse et ses composants, rattachées aux représentations 3D et aux incertitudes inhérentes. D'autre part, un outil d'attribution et de visualisation de l'incertitude a été envisagé. Il se compose d'un formulaire de documentation des niveaux d'incertitude et des dispositifs de visualisation de l'incertitude. Différents langages informatiques permettent le dialogue entre les modules de l'application (fig.112).

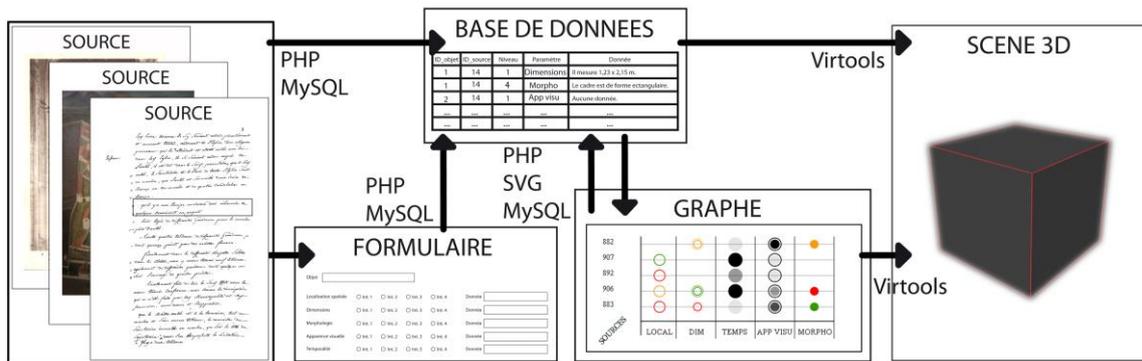


Figure 112 : Schéma conceptuel du processus de documentation et de visualisation de l'incertitude.

II.2.1. Insertion de sources documentaires dans la base de données

II.2.1.a. Base de données MySQL

La base de données réunit l'intégralité des documents au sein d'un unique système d'informations. Elle se compose de deux parties (fig.113) :

- La partie **Sources documentaires** contient les documents rattachés à leurs références bibliographiques et à toutes les données descriptives utiles à leur identification : type et sous-type de document, auteur de l'original, auteur de la reproduction, lieu de collecte, date de création, etc.,
- La partie **Incertitude** contient la table principale « incertitude » dans laquelle sont reportées les valeurs d'incertitude attribuées aux paramètres de dimensions, de morphologie, d'apparence visuelle, de localisation spatiale et de temporalité. Elle est également liée aux objets décrits dans les sources. La table « représentations 3D », rattachée aux objets, fournit les indications en rapport avec les étapes du processus de modélisation. Elles renseignent les auteurs des analyses et de la modélisation, la date, la/les technique/s de reconstruction géométrique, les logiciels utilisés, etc.

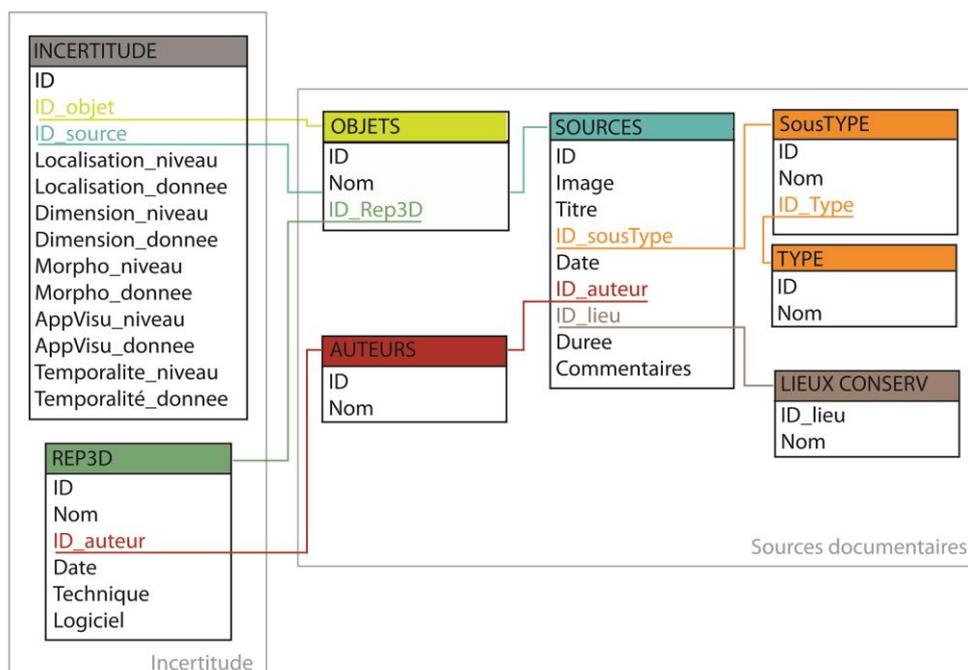


Figure 113 : Schéma conceptuel de la base de données contenant les informations relatives aux sources documentaires, au processus de reconstruction 3D et aux niveaux d'incertitude.

II.2.1.b. Insertion des sources dans la base de données

L'actuel formulaire d'insertion des sources propose un nombre de champs trop restreint pour permettre une identification précise des documents et leur incertitude. De nouveaux champs ont donc été ajoutés. Ils renseignent le type et sous-type de document (par exemple : un relevé archéologique est un sous-type du type « document métrique ») ; l'auteur, la date et le lieu de collecte (archives, site internet) ; les auteurs du document original, de la reproduction et de la transcription ; les références du document (cotation, lien URL) ; le format ; la durée (dans le cas d'un document audiovisuel par exemple).

L'enrichissement de la base de données consiste, dans un premier temps, à compléter le formulaire de référencement des sources. L'implémentation des tables est automatique. Puis, dans un second temps, un second formulaire spécifique permet d'indiquer les niveaux d'incertitude des données contenues dans les sources.

II.2.2. Documentation et visualisation de l'incertitude

II.2.2.a. Formulaire d'attribution des niveaux d'incertitude

Le formulaire proposé (fig.114) se compose de plusieurs champs correspondant au nom de l'objet et aux cinq paramètres de description auxquels peuvent être attribuées quatre valeurs d'incertitude correspondant aux intervalles définis précédemment. Le système des cases à cocher a été privilégié car il permet d'attribuer une valeur unique à chaque champ. La case **Donnée**, disponible pour chaque ligne du formulaire, permet de citer les sources ou de décrire les caractéristiques descriptives des données en rapport avec le paramètre. Il peut s'agir d'un extrait de texte, de la description d'une photographie ou de la transcription d'un témoignage oral. L'opération doit être répétée autant de fois qu'il y a de données utiles contenues dans le document. De plus, elle doit être renouvelée pour chaque document intégré à la base de données du système d'informations. Les valeurs du formulaire sont automatiquement insérées dans les tables correspondantes de la base de données.

Objet	<input type="text"/>					
Localisation spatiale	<input type="radio"/> Int. 1	<input type="radio"/> Int. 2	<input type="radio"/> Int. 3	<input type="radio"/> Int. 4	Donnée	<input type="text"/>
Dimensions	<input type="radio"/> Int. 1	<input type="radio"/> Int. 2	<input type="radio"/> Int. 3	<input type="radio"/> Int. 4	Donnée	<input type="text"/>
Morphologie	<input type="radio"/> Int. 1	<input type="radio"/> Int. 2	<input type="radio"/> Int. 3	<input type="radio"/> Int. 4	Donnée	<input type="text"/>
Apparence visuelle	<input type="radio"/> Int. 1	<input type="radio"/> Int. 2	<input type="radio"/> Int. 3	<input type="radio"/> Int. 4	Donnée	<input type="text"/>
Temporalité	<input type="radio"/> Int. 1	<input type="radio"/> Int. 2	<input type="radio"/> Int. 3	<input type="radio"/> Int. 4	Donnée	<input type="text"/>

Figure 114 : Formulaire d'attribution des niveaux d'incertitude.

II.2.2.b. Génération automatique du graphe d'incertitude

A l'issue de cette étape, le « graphe objet », qui formalise l'état des connaissances et des niveaux d'incertitude pour un objet unique, est automatiquement généré. La procédure de création automatique est possible grâce au développement d'un code informatique contenant des balises SVG⁶⁰ - qui définissent les marqueurs du graphe - intégrées dans une page PHP et

⁶⁰ Le format .SVG est un format spécifique pour la création de dessin vectoriel. Il est *open source*.

reliées aux tables de la base de données grâce à des commandes SQL pour la formulation de requêtes (fig.115).

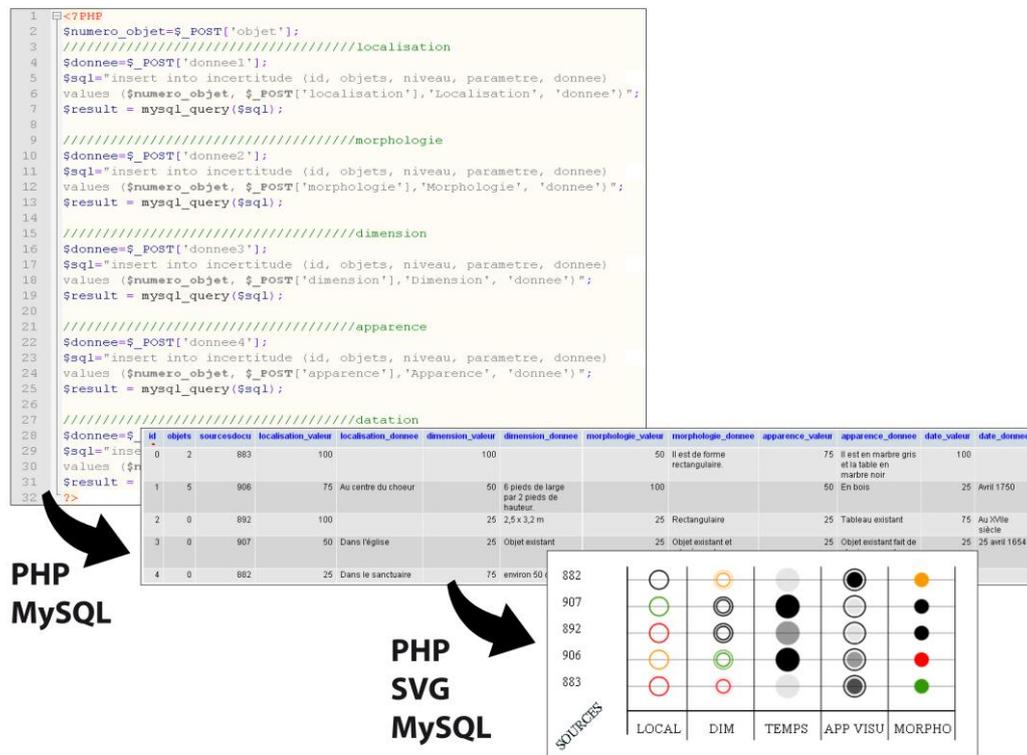


Figure 115 : Processus de génération automatique du « graphe objet » à partir des valeurs entrées dans le formulaire.

La mise en place du formulaire permet ainsi de documenter séparément les niveaux d'incertitude issus de l'analyse des sources au moment de leur intégration dans la base de données. La génération automatique du « graphe objet » offre une lecture immédiate de l'état des connaissances en rapport avec un objet. La lisibilité et la compréhension des marqueurs graphiques utilisés sont essentielles pour une transmission efficace des informations. En ce sens, la question de la transposition des marqueurs aux représentations 3D est solutionnée par la codification visuelle exposée précédemment.

II.3. Recherche et consultation des données

Les fonctionnalités de recherche et de consultation sont multiples. Chaque module de la plateforme peut, soit servir de formulaire de recherche, soit de fenêtre d'affichage des résultats de la requête. Les relations entre les modules sont établies grâce à la base de données

qui centralise toutes les informations. L'interface PHP permet de formuler deux types de recherche selon l'outil d'analyse.

II.3.1. Formulation de requêtes à partir de l'interface PHP

II.3.1.a. Recherche simple ou multicritères

La première option, proposée sous l'onglet **Sources**, permet de formuler une recherche simple par type de source, par objet ou par niveau d'incertitude. Elle permet également d'effectuer une recherche multicritères : par exemple, une recherche par paramètre d'incertitude associé à un niveau et un type de document.

Nous illustrons la procédure de recherche simple ou croisée avec l'exemple du jubé de l'église de la chartreuse. Les archives historiques et les études archéologiques confirment que la structure en place n'est qu'un élément d'un ensemble architectural plus important (plan de 1722), (NAGEL, URBAN 2005 : 77-78). Un second mur parallèle situé à l'est du mur actuel semblait former un couloir de circulation, reliant le petit cloître au nord et les chapelles méridionales. Des traces de piquetage visibles sur les murs nord et sud ainsi que la présence d'une corniche attestent la présence d'aménagements décoratifs aujourd'hui disparus. Enfin, les connaissances quant à la forme supposée de la façade occidentale ne sont connues qu'à travers un dessin (NAGEL, URBAN 2005 : 77, fig. 6). Le tableau suivant détaille les valeurs d'incertitude attribuées à chaque composant architectural du jubé (tableau 8).

Incertitude de la représentation 3D du jubé					
	Dimensions	Localisation spatiale	Morphologie	Apparence visuelle	Temporalité
Mur et vestiges existants	1	1	0,7	0	1
Mur est	0,7	0,9	0,4	0	0,5
Façade ouest	0,4	0,4	0,5	0	0

Tableau 8 : Valeurs d'incertitude attribuées aux éléments architecturaux composant le jubé.

La consultation des données de la base est possible en procédant à une requête SQL. Lors de la sélection de l'objet « jubé », la liste des sources rattachées s'affiche dans le module de gauche et le point de vue dans la fenêtre de droite se fixe sur la représentation tridimensionnelle du jubé. Dans le même temps, le « graphe objet » apparaît dans la fenêtre du bas et permet de voir les marqueurs d'incertitude attribués à partir de la synthèse des sources (fig.116).

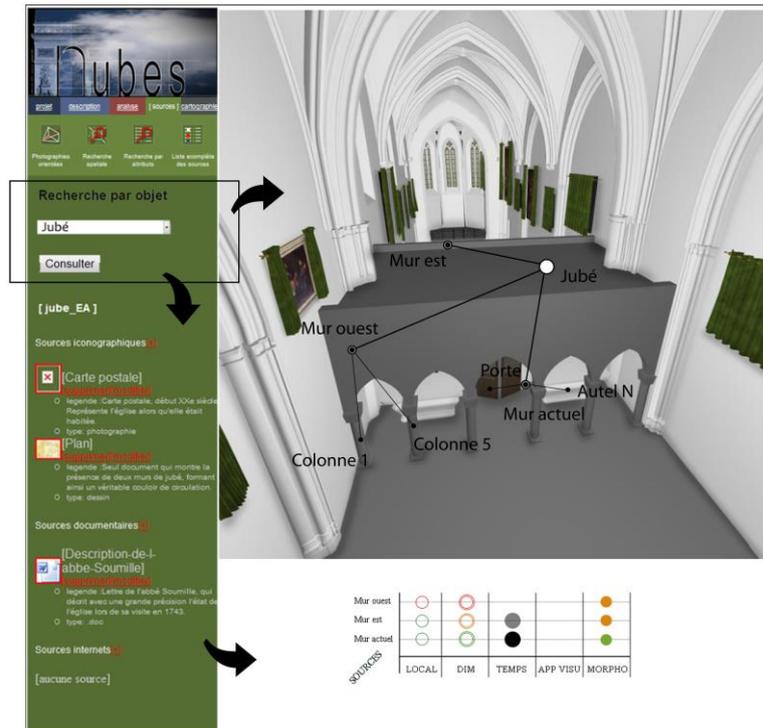


Figure 116 : Résultat de la recherche simple formulée pour le jubé. Affichage de la liste des sources rattachées, du « graphe objet » correspondant et de la représentation 3D.

II.3.1.b. Recherche à partir de l'arbre de description

La seconde possibilité offerte par l'application consiste à sélectionner un élément dans l'arbre de description de l'onglet **Description**. La sélection d'un élément de l'arbre – groupe, entité ou repère - permet de faire afficher la représentation 3D et d'accéder aux sources documentaires et informations correspondantes contenues dans la base de données.

II.3.2. Consultation des sources à partir du « graphe objet »

La consultation des sources est également possible à partir du « graphe objet ». Chaque ligne du graphe étant la représentation graphique des niveaux d'incertitude d'une donnée, la

sélection d'une ligne affiche la source correspondante (fig.117). Il s'agit d'un dialogue à double sens du fait que le graphe est généré directement à partir de la source.

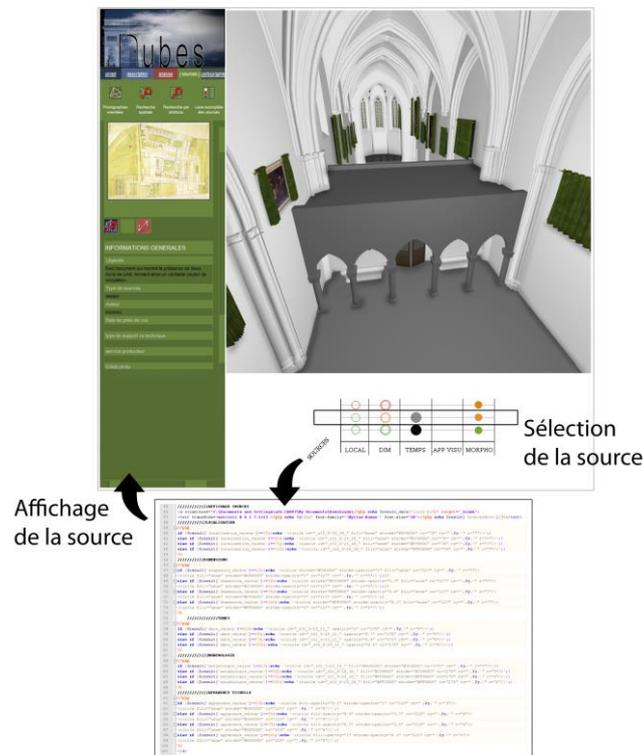


Figure 117 : Recherche formulée depuis le « graphe objet ». La sélection d'une ligne fait afficher les données de la source correspondante.

II.3.3. Recherche à partir de la scène 3D

Une dernière alternative permet de formuler une recherche en sélectionnant une entité géométrique de la scène 3D. L'exemple du sanctuaire illustre le traitement fait pour un groupe d'entités dont les niveaux d'incertitude varient en fonction des modalités d'acquisition et de traitement des données :

- l'enregistrement photographique et lasergrammétrique des objets existants a permis la production de modèles 3D basée sur des données géométriques précises. L'incertitude principale concerne leur localisation spatiale.
- la restitution des élévations se base sur les murs de fondation découverts lors de fouilles archéologiques, les descriptions textuelles ainsi qu'une collection de documents iconographiques. Les simulations 3D de duplication de l'abside de la chapelle de la Trinité, érigée quelques années plus tard, ont confirmé que les volumes de l'abside s'intègrent à l'espace ruiné du sanctuaire.

- en plus de l'abside, les sources évoquent la présence d'un clocher. Comme nous l'avons déjà évoqué, les débats sont nombreux quant à sa localisation. Seul Jules Formigé le situe à l'est de l'abside dans le prolongement du chœur des pères alors que les autres iconographies plus anciennes semblent le localiser au-dessus de la sacristie.
- enfin, les objets disparus ont été restitués à partir des descriptions textuelles et des comparaisons faites avec d'autres objets similaires situés dans d'autres lieux. Les incertitudes principales concernent la restitution de leur forme et de leurs dimensions.

La recherche formulée depuis la scène 3D offre un accès direct à l'ensemble des sources relatives à l'objet sélectionné (fig.118).

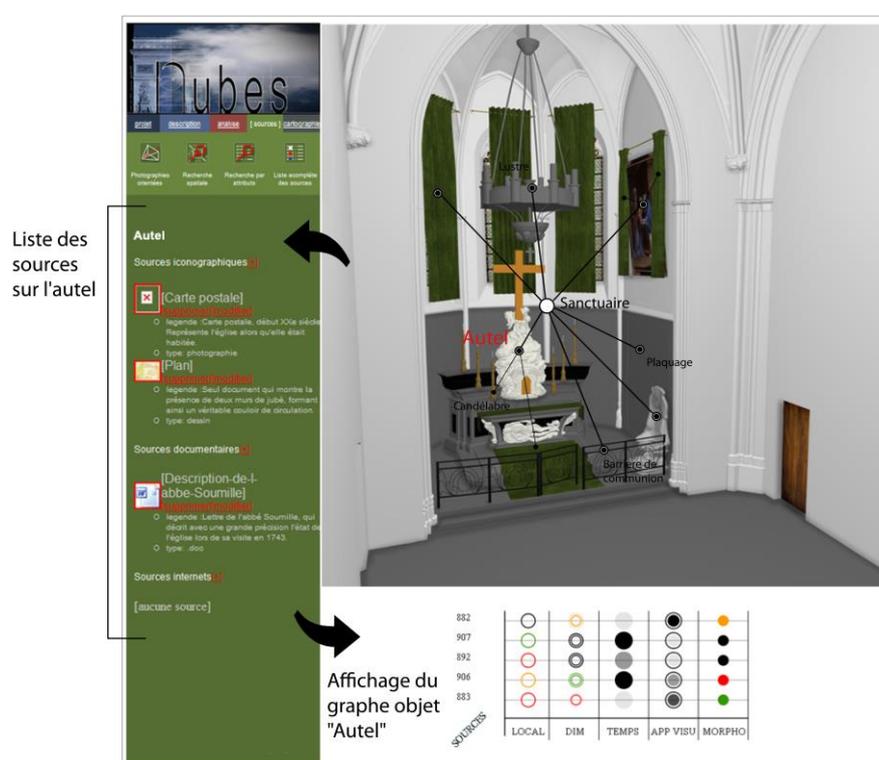


Figure 118 : Recherche à partir de la sélection d'une entité géométrique de la scène 3D.

Conclusion

A travers ces exemples d'application, nous avons montré que l'implémentation de fonctionnalités pour documenter et visualiser l'incertitude permet de formuler des requêtes précises et d'afficher les résultats correspondants. La grande quantité de documents collectés rendant difficile l'identification des données pertinentes, la visualisation directe de l'incertitude sur le modèle 3D et l'accès aux sources correspondantes aide à déceler les

lacunes et autres incertitudes à pallier soit par la recherche de nouvelles données, soit par une reprise des analyses archéologiques.

L'intégration d'un outil pour documenter et visualiser l'incertitude au sein d'un système tel que NUBES montre l'intérêt de mettre en place ce type de solution. Les relations établies entre les modules ouvrent de nombreuses perspectives de recherche grâce au développement d'un outil de consultation, d'aide à la réflexion et de diffusion des connaissances. Mais l'efficacité du dispositif de visualisation de l'incertitude ne sera établie que lorsque nous serons parvenus à appliquer les codes visuels à la représentation 3D. En effet, l'assignation automatique de la codification visuelle sur les objets 3D n'est possible qu'à travers le développement d'un code informatique complexe dans un langage de programmation particulier⁶¹. Parmi les perspectives, il faudra envisager l'écriture du code informatique spécifique pour la définition des attributs visuels des cinq paramètres et l'application aux représentations 3D intégrées dans le système.

⁶¹ Langage de programmation mel, propre au logiciel de modélisation 3D Autodesk Maya.

Partie IV

Conclusion et perspectives de recherche

Conclusion

L'enjeu de cette thèse était de s'interroger sur la visualisation de l'incertitude dans la représentation 3D dans un contexte d'étude archéologique. Les réflexions poursuivies tout au long du travail nous ont permis d'atteindre la plupart des objectifs que nous nous étions fixés. Le premier enjeu était d'aborder le concept d'incertitude de la représentation. Nous avons montré qu'il existait une multitude de significations dont les nuances sont nombreuses et parfois trop minces pour être correctement comprises. Les réflexions autour des acceptions du terme d'incertitude ont mené à l'établissement de classifications des sources et types d'incertitude. Les classements proposent le même type de hiérarchisation des niveaux d'incertitude : des éléments connus à la restitution imaginaire en passant par les sources documentaires et analyses analogiques et déductives. Mais ils ne tiennent pas compte d'un certain nombre de facteurs d'incertitude dérivés des données mêmes ou produites par les étapes du raisonnement archéologique.

Nous nous sommes ensuite intéressés à l'incertitude de la représentation en abordant les questions de la perception et du réalisme. Les facultés de l'Homme à percevoir les informations grâce à ses sens lui permettent de comprendre le monde qui l'entoure et ses incertitudes. La communication de ces connaissances doit respecter un certain nombre de règles afin d'être correctement perçue, passant par la mise en place d'une codification graphique plus ou moins abstraite. Mais dans de nombreux cas, c'est le réalisme de la représentation qui est remis en cause. L'authenticité historique n'est pas garantie par le seul rendu réaliste ou esthétique de la figuration fondée sur des formes architecturales empruntées à la réalité. Ce point a soulevé la question de la nécessité et du besoin de représenter l'incertitude. Selon les domaines, il n'est pas toujours bon d'exprimer les doutes. Mais nous avons vu que la démarche de transparence amène de l'honnêteté intellectuelle et de la crédibilité au travail scientifique.

A la suite de ces réflexions, nous avons détaillé les modes d'expression de l'incertitude, verbaux, iconographiques et en 3D réel, nous amenant à la représentation tridimensionnelle virtuelle et à son utilisation au service de l'archéologie. L'intégration dans le raisonnement archéologique d'outils numériques complémentaires des techniques dites « traditionnelles » apporte des bénéfices en termes de temps et de précision du relevé sans garantir toutefois la fidélité de la représentation 3D finale par rapport à la réalité historique. Pour répondre en partie à ce problème, des variables visuelles exprimant les types d'incertitude sont appliquées

aux modèles 3D à travers des outils de gestion et de visualisation de l'état des connaissances. Mais le constat dressé est que toutes ne traitent pas de l'incertitude dans son intégralité.

C'est dans ce contexte que s'inscrivait notre second objectif qui était de réfléchir à des solutions de visualisation de l'incertitude de la restitution 3D fondée sur les études archéologiques effectuées sur deux sites historiques. L'église de la chartreuse de Villeneuve lez Avignon a constitué le terrain d'étude privilégié en raison de l'antériorité des recherches par rapport à la thèse. Après avoir décrit les sept phases temporelles de l'édifice en soulignant les incertitudes nées des sources historiques, puis exposé les techniques employées pour construire les modèles 3D des états actuel et passé (XVIII^e siècle), nous avons expérimenté une méthode de calcul de la fiabilité du modèle 3D global représentant le décor de l'église à la Révolution française. Les résultats de l'application ont montré des limites issues du processus d'attribution des valeurs de fiabilité, propres au chercheur en charge de l'étude.

A partir de ce constat, nous avons exposé, dans la troisième partie, notre proposition d'évaluation et de visualisation des incertitudes des sources. Nous avons, tout d'abord, expliqué que le processus de construction du modèle 3D répondait au concept de granularité de l'incertitude, autrement dit que les études étaient effectuées par couches d'informations. Puis, nous avons adapté la méthode de calcul de la fiabilité du modèle 3D en définissant des critères d'attribution des valeurs accordées aux données qui décrivent les objets. Enfin, nous avons présenté nos dispositifs de visualisation de l'incertitude des données. Le premier prend la forme d'un « graphe objet » dont les variables graphiques traduisent les valeurs alphanumériques attribuées aux informations descriptives des objets. Le second est une codification visuelle directement appliquée aux composants du modèle 3D. En guise de perspectives à cette méthode, nous avons proposé d'implémenter dans un système d'informations un protocole de documentation et de visualisation de l'incertitude en développant un formulaire d'attribution des valeurs d'incertitude automatiquement traduit par un encodage visuel dans le modèle 3D.

La conclusion générale de ce travail est qu'il a permis de soulever le problème de l'incertitude des données en archéologie et réuni les travaux de recherche les plus récents sur ce sujet. Toutefois, il ouvre sur un certain nombre de perspectives.

Perspectives de recherche

Parmi les perspectives de recherche dégagées par la conclusion, la principale concerne l'application concrète des dispositifs développés. La plateforme numérique dans laquelle nous avons commencé à intégrer notre outil est un système d'informations déjà exploité par les archéologues et régulièrement mis à jour. A l'heure actuelle, tel que nous l'avons illustré dans la partie 3, les fonctionnalités qui permettent d'intégrer les documents et les représentations 3D ainsi que le dialogue entre la table « Incertitude » de la base de données et le « graphe objet » sont opérationnels. Ainsi, à l'issue de futures améliorations visant à automatiser le processus de documentation de l'incertitude, nous pourrions expérimenter concrètement l'efficacité de nos dispositifs graphiques et visuels (fig.119). Pour cela, un certain nombre d'objectifs restent à atteindre :

- finaliser le développement des codes visuels en développant les lignes de commandes en langage de programmation mel,
- achever l'organisation de la base de données composée des tables relatives aux sources documentaires, aux représentations 3D correspondantes et à l'incertitude (intervalles de fiabilité et paramètres de description),
- ajouter les champs manquants dans le formulaire de recherche afin de renseigner toutes les couches d'informations de la documentation,
- intégrer le formulaire d'attribution des niveaux d'incertitude et le lier aux tables de la base de données en développant les balises php appropriées.

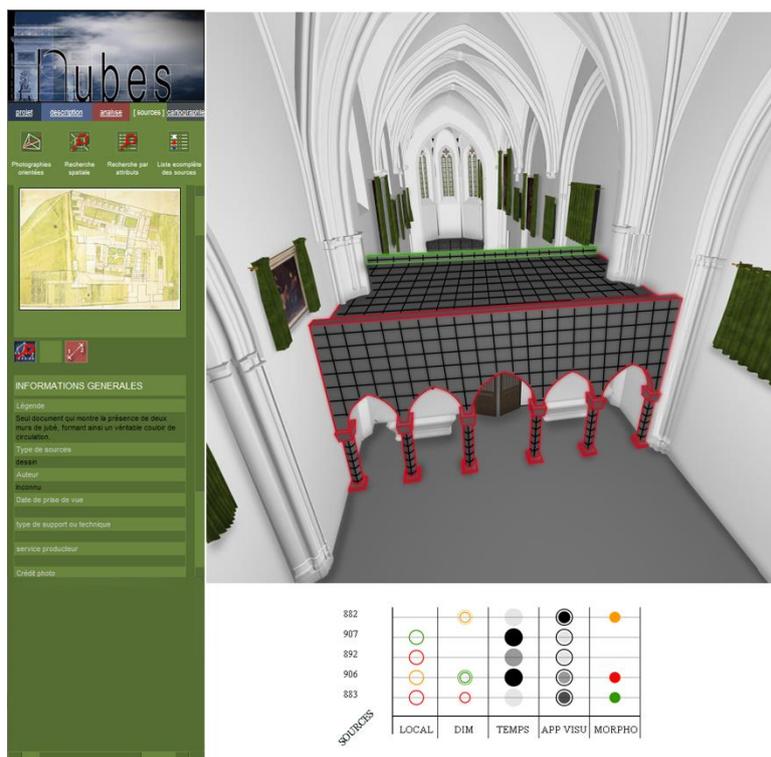


Figure 119 : Interface de consultation et de visualisation de l’incertitude de la représentation 3D à travers l’application de la codification visuelle.

Une seconde perspective concerne l’évaluation des étapes du processus de modélisation 3D. La solution développée dans ce travail se concentre sur les données (de terrain, sources documentaires, obtenues par analyses comparatives, etc.) mais elle ne tient pas compte des facteurs d’incertitude (inaccessibilité, méconnaissances) intervenant tout au long du travail et qui peuvent, comme nous l’avons vu, faire varier de manière plus ou moins importante le niveau d’incertitude. Au mieux, ils sont signalés mais ils ne sont pas quantifiés. L’enjeu serait donc de définir, sur la base des schémas décrivant le processus de restitution 3D, des critères d’évaluation pour les outils et méthodes mis en œuvre pour les phases de collecte des données et de construction de leur représentation en 3D.

Bibliographie thématique

REFERENCES GENERALES

Le Petit Larousse illustré 2011 : *Dictionnaire Le Petit Larousse illustré 2011*, Paris, 2011.

Le Petit Robert 2011 : *Dictionnaire Le Petit Robert de la langue française 2011*, Paris, 2011.

Conseil de l'Europe 1985 : Conseil de l'Europe, *Convention pour la sauvegarde du patrimoine architectural de l'Europe*, s.l., 3 octobre 1985 [en ligne : <http://conventions.coe.int/treaty/FR/Treaties/Html/121.htm>].

ICOMOS 1965 : ICOMOS, *Charte de Venise*, s.l., 1965 [en ligne : http://www.international.icomos.org/charters/venice_f.pdf].

ICOMOS 2007 : ICOMOS, *Charte ICOMOS : pour l'interprétation et la présentation des sites culturels patrimoniaux (proposition de version définitive)*, 2007 [en ligne : http://www.enamecharter.org/downloads/ICOMOS_Interpretation_Charter_FR_10-04-07.pdf].

OUTILS ET TECHNIQUES DE REPRESENTATION DE L'ARCHITECTURE

AGARWAL et al. 2009 : AGARWAL Sameer, SNAVELY Noah, SIMON Ian, SEITZ Steven M., SZELISKI Richard, "Building Rome in a Day, in *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Computer Vision, ICCV 2009 (Kyoto, Japan)*, IEEE Computer Society, s.l., 2009 [en ligne : <http://research.microsoft.com/pubs/101029/Agarwal-ICCV09.pdf>].

ALBERTZ 2001 : ALBERTZ Jörg, "Albrecht Meydenbauer – Pionner of Photogrammetric Documentation of the Cultural Heritage", in *Proceedings of the 18th International Symposium CIPA*, Potsdam (Germany), 2001 [en ligne : <http://www.hasler.net/Meydenb.pdf>].

BECKER 2011 : BECKER Frank, « Méthodes de relevé sur les constructions historiques et les sites archéologiques », in (Collectif 2011), *Le relevé en architecture, ou l'éternelle quête du vrai*, Paris, 2011, p.208-216.

BERNARDI 2011 : BERNARDI Philippe, *Bâtir au Moyen-Age*, éd. CNRS, Paris, 2011.

BOCCON-GIBOD, GOLVIN 1990 : BOCCON-GIBOD Henri, GOLVIN Jean-Claude, « Le grand temple d'Amon-Rê à Karnak reconstruit par l'ordinateur », in (Dossiers d'archéologie 1990), *Les technologies du futur font revivre le passé*, n°153, éd. Faton, Dijon, octobre 1990, p.8-19.

BOEHLER, MARBS 2002 : BOEHLER Wolfgang, MARBS Andreas, “3D Scanning Instruments”, in *Proceedings of CIPA – ISPRS Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording (Corfu, Greece)*, s.l., 2002 [en ligne : http://www.i3mainz.fh-mainz.de/publicat/korfu/p05_Boehler.pdf].

BOURDET 2010 : BOURDET Julien, « Voxlead : les vidéos ont enfin leur moteur de recherche », in *Le journal du CNRS*, n°245, juin 2010, p.15 [en ligne : <http://www.cnrs.fr/fr/pdf/jdc/JDC245.pdf>].

BOUTELOUP et al. 2007 : BOUTELOUP Didier, NICOLON Philippe, SIX Vincent, *Mesure des altitudes*, cours d'initiation à la topographie, éd. ENSG, AMD, HEI, UVHC et UNIT, 2007 [en ligne : <http://www.univ-valenciennes.fr/coursenligne/topographie/partie1/papier.pdf>].

CALLIERI et al. 2011 : CALLIERI Marco, DELL'UNTO Nicolò, DELLEPIANE Matteo, SCOPIGNO Roberto, SODERBERG Bengt, LARSSON Lars, “Documentation and Interpretation of an Archaeological Excavation: an experience with Dense Stereo Reconstruction tools”, in *Proceedings of the 12th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST (Prato, Italy)*, s.l., 2011, p.33-40.

CARBONNELL 1969 : CARBONNELL Maurice, « Introduction à l'application de la photogrammétrie aux édifices et aux ensembles monumentaux anciens », in *Monumentum*, vol.4, ICOMOS, s.l., 1969, p.3–35 [en ligne : http://www.international.icomos.org/monumentum/vol4/vol4_1.pdf].

CHEVALIER 1994 : CHEVALIER Nicole, « Les fouilles en Assyrie évoquées par la photographie », in *Dossiers d'Archéologie : Khorsabad, capitale de Sargon II*, n°4, éd. Faton, Dijon, 1994, p.66-69.

COGEVAL, WALUSINSKI, MONDENARD 1994 : COGEVAL Guy, WALUSINSKI Gilles, MONDENARD Anne (de), *Photographier l'architecture : 1851-1920. Collection du Musée des Monuments Français*, catalogue d'exposition au Musée national des Monuments français (18 mars – 20 juin 1994) et au Musée des Beaux-Arts de Marseille, Palais Longchamp (1 juillet - 1 septembre 1994), Réunion des Musées Nationaux, Paris, 1994.

Collectif 2011 : Collectif, *Le relevé en architecture, ou l'éternelle quête du vrai*, actes du colloque « Le relevé en architecture, ou l'éternelle quête du vrai » (Cité de l'architecture et du patrimoine, école de Chaillot, novembre 2007), éd. Lieux-Dits et Cité de l'architecture et du patrimoine, Paris, 2011.

DE BOER et al. 2008 : DE BOER Arjan D., LAAN Walter N. H., WALDUS Wouter, VAN ZIJVERDEN Wilko K., “LIDAR-based surface height measurements: applications in archaeology”, in (FRISCHER, DAKOURI 2008), *Beyond Illustration: 2D and 3D Digital Technologies as Tools for Discovery in Archaeology*, British Archaeological Reports, Oxford, 2008, p.69-77 [en ligne : http://archive1.village.virginia.edu/spw4s/Beyond/BeyondIllustration_experiment2_sm.pdf].

DE LUCA 2006 : DE LUCA Livio, *Relevé et multi-représentations du patrimoine architectural. Définition d'une approche hybride de reconstruction d'édifices*, thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers ParisTech, Aix-en-Provence, 2006 [en ligne : <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/26/37/17/PDF/ManuscritL.pdf>].

DE LUCA 2009 : DE LUCA Livio, *La photomodélisation architecturale. Relevé, modélisation et représentation d'édifices à partir de photographies*, éd. Eyrolles, Paris, 2009.

DEMOULE et al. 2002 : DEMOULE Jean-Paul, GILIGNY François, LEHÖERFF Anne, SCHNAPP Alain, *Guide des méthodes de l'archéologie*, guides « Repères », éd. La découverte, Paris, 2002.

Dossiers d'archéologie 1975 : Collectif, *Les dossiers de l'archéologie : La photographie en archéologie*, n°13, éd. Faton, Dijon, novembre-décembre 1975.

Dossiers d'archéologie 1990 : Collectif, *Dossiers d'archéologie : Les technologies du futur font revivre le passé*, n°153, éd. Faton, Dijon, octobre 1990.

Dossiers d'archéologie 1999 : Collectif, *Dossiers d'archéologie : Les maquettes architecturales*, n°242, éd. Faton, Dijon, 1999.

Dossiers d'archéologie 2000 : Collectif, *Dossiers d'archéologie : Archéométrie : les sciences appliquées à l'archéologie*, n°253, éd. Faton, Dijon, 2000.

FEVRES 2012 : FEVRES Jessica, *Infographie, images de synthèse et patrimoine monumental. Espace de représentation, espace de médiation*, thèse de doctorat en histoire de l'art, école doctorale Montaigne-Humanités, Université Bordeaux 3, 2012 [en ligne : <http://www.theses.fr/s34027>].

FORTE 1996 : FORTE Maurizio, *Archéologie virtuelle : le passé retrouvé*, Arthaud, Paris, 1996.

FORTE, SILIOTTI 1997 : FORTE Maurizio, SILIOTTI Alberto, *Virtual Archaeology : Re-creating ancient worlds*, éd. Harry N. Abrams Incorporated, New-York, 1997.

FRISCHER, DAKOURI-HILD 2008 : FRISCHER Bernard, DAKOURI-HILD Anastasia, *Beyond Illustration: 2D and 3D Digital Technologies as Tools for Discovery in Archaeology*, British Archaeological Reports, Oxford, 2008 [en ligne : http://archive1.village.virginia.edu/spw4s/Beyond/BeyondIllustration_experiment2_sm.pdf].

FROCHOT 2003 : FROCHOT Didier, *Document, donnée, information, connaissance, savoir*, 2003, 3 p. [en ligne : <http://www.les-infostrategies.com>].

FUCHS 2006 : FUCHS Alain, *Outils numériques pour le relevé architectural et la restitution archéologique*, thèse de doctorat en Sciences de l'architecture, Université Henri Poincaré Nancy 1, 2006 [en ligne : http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/14/52/77/PDF/Alain_FUCHS_-_These_Finale_090307.pdf].

GASSEND 1997 : GASSEND Jean-Marie, *Les vestiges de la Bourse : parcours archéologique à Marseille*, Nerthe/Courtine, s.l., 1997.

GAUTRAND, BUISINE 1999 : GAUTRAND Jean-Claude, BUISINE Alain, *Blanquart-Evrard*, Centre régional de la photographie du Nord-Pas-de-Calais, Douchy-les-Mines, 1999.

GENOT 2011 : GENOT Alain, *Jean-Claude Golvin, un architecte au cœur de l'Histoire*, catalogue de l'exposition organisée par le musée départemental d'Arles Antique (22 octobre 2011 - 6 mai 2012), éd. Errance, Paris, 2011.

GOLVIN 2003 : GOLVIN Jean-Claude, « La restitution de l'image des villes antiques : le problème de la représentation des parties non-visibles », in *Actes du colloque Virtual Retrospect 2003 (Biarritz, 6-7 novembre 2003)*, Archéovision, éd. Ausonius, Bordeaux, 2003, p.39-43 [en ligne : http://archeovision.cnrs.fr/pdf/vr03_pdf/03_golvin.pdf].

HARTMANN-VIRNICH 2011 : HARTMANN-VIRNICH Andreas, « Dialoguer avec le monument : relevé manuel et recherche sur la porte orientale ayyoubide de la citadelle de Damas (Syrie) », in (Collectif 2011), *Le relevé en architecture, ou l'éternelle quête du vrai*, Paris, 2011, p.114-129.

HIRT, AMMANN 1993 : HIRT Heinz, AMMANN Ralph, *Méthodes de relevé. Techniques de relevé, modalités, évaluation du coût*, office fédéral des questions conjoncturelles, Berne (Suisse), 1993.

HULLO 2009 : HULLO Jean-François, *Etude de la technique de corrélation épipolaire dense (CED), application au chantier archéologique de Kilwa, Arabie Saoudite*, mémoire de soutenance de diplôme d'ingénieur INSA, spécialité topographie, UMR 694 CNRS/INSA MAP-PAGE, Strasbourg, 2009.

JACQUEMIN et al. s.d. : JACQUEMIN Christian, CAYE Véronique, DE LUCA Livio, FAVRE-BRUN Aurélie, “Genius Loci: Digital Heritage Augmentation for Immersive Performance”, in *International Journal of Arts and Technology*, s.d. (en cours d’édition).

KURDY 2013 : KURDY Micheline, *Outils numériques et archéologie du bâti – Acquisition, gestion et représentation de données 3D. Deux cas d’étude : le site de Saint-Syméon (Syrie) et l’abbaye de Saint-Michel de Cuxa (France)*, thèse d’archéologie, Maison Méditerranéenne des Sciences de l’Homme, ED 355, Université de Provence, Aix-en-Provence, 2013.

Larousse 2001 : Larousse, *Dictionnaire mondial de la photographie*, collection Les grands dictionnaires culturels, Larousse, Paris, 2001.

LAURENT 1986 : LAURENT Pierre, « Dessin et archéologie », in *Revue archéologique du Centre de la France*, tome 25, fasc. 1, Tours, 1986, p.87-98 [en ligne : http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/racf_0220-6617_1986_num_25_1_2466].

MADELEINE, FLEURY 2011 : MADELEINE Sophie, FLEURY Philippe, « La Rome antique du IV^e siècle p.C. De la maquette de Paul Bigot à la restitution virtuelle de la ville », in *Actes du colloque international Arch-I-Tech (ENSAM Cluny, novembre 2010)*, Archéovision, éd. Ausonius, Bordeaux, 2011, p.17-25.

MAUMONT 2010 : MAUMONT Michel, « L’espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie », in *In Situ. Revue des patrimoines*, n°13, Ministère de la Culture et de la Communication, Paris, 2010 [en ligne : <http://insitu.revues.org/6413>].

NONY et al. 2012 : NONY Nicolas, DE LUCA Livio, GODET Aymeric, PIERROT-DESEILLIGNY Marc, REMONDINO Fabio, VAN DONGEN Alexandre, VINCITORE Mauro, “Protocols and Assisted Tools for Effective Image-Based Modeling of Architectural Elements”, in *Proceedings of Euromed 2012 (Limassol, Cyprus)*, éd. Springer, s.l., 2012, p.432-439.

PAGANI et al. 2011 : PAGANI Alain, GAVA Christiano, CUI Yan, KROLLA Bernd, HENGEN Jean-Marc, STRICKER Didier, “Dense 3D point cloud generation from multiple high-resolution spherical images”, in *Proceedings of the 12th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST* (Prato, Italy), s.l., 2011, p.17-24.

PARRON-KONTIS, REVEYRON 2005 : PARRON-KONTIS Isabelle, REVEYRON Nicolas, *Archéologie du bâti : pour une harmonisation des méthodes*, Actes de la table-ronde des 9 et 10 novembre 2010 au musée archéologique de Saint-Romain-en-Gal (Rhône), éd. Errance, Paris, 2005.

PERE, BAUD 2011 : PERE Christian, BAUD Anne, « Restitution de la Maior Ecclesia du XII^e au XV^e siècle », in *Actes du colloque international Arch-I-Tech (ENSAM Cluny, novembre 2010)*, Archéovision, éd. Ausonius, Bordeaux, 2011, p.79-95.

PEROUSE DE MONTCLOS 2003 : PEROUSE DE MONTCLOS Jean-Marie, *La monographie d'architecture. Documents et méthodes n°10*, Ministère de la Culture et de la Communication, Paris, 2003 [en ligne : <http://www.culture.gouv.fr/culture/inventai/presenta/normes/monographie-archi.pdf>].

PIMPAUD 1998 : PIMPAUD Alban-Brice, *Les applications de l'infographie 3D à l'archéologie*, mémoire de maîtrise en histoire de l'art et d'archéologie, Université Paris X, Nanterre, 1998 [en ligne : http://pimpaud.free.fr/wordpress/wp-content/uploads/2006/05/maitrise_pimpaud.pdf].

REMONDINO 2003 : REMONDINO Fabio, "From Point Cloud to Surface: the Modeling and Visualization Problem", in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XXXIV-5/W10, *ISPRS International Workshop on "Visualization and Animation of Reality-based 3D Models"* (Tarasp-Vulpera, Suisse), s.l., 2003, 11 p. [en ligne : <http://www.isprs.org/proceedings/XXXIV/5-W10/papers/remondin.pdf>].

REVEYRON 2002 : REVEYRON Nicolas, « L'apport de l'archéologie du bâti dans la monographie d'architecture », in *In Situ. Revue des patrimoines*, n°2, Ministère de la Culture et de la Communication, Paris, 2002 [en ligne : <http://insitu.revues.org/1200>].

ROCHELEAU 2011 : ROCHELEAU Mathieu, « La modélisation 3D comme méthode de recherche en sciences historiques », in *Actes du 10^e colloque international d'ARTEFACT (Université de Laval, Canada)*, Laval, 2011, p.245-265 [en ligne : http://ulaval.academia.edu/MathieuRocheleau/Papers/907893/La_modelisation_3D_comme_methode_de_recherche_en_sciences_historiques].

SAINT-AUBIN 1992 : SAINT-AUBIN Jean-Paul, *Le relevé et la représentation de l'architecture*, Association Etudes, loisirs et patrimoine, Paris, 1992.

SARTOR 2011 : SARTOR Alessandro, « Le relevé et la restauration comme possible édition critique d'un texte architectural », in (Collectif 2011), *Le relevé en architecture, ou l'éternelle quête du vrai*, Paris, 2011, p.90-103.

TRONCHON 2012 : TRONCHON Marie-Laure, *Analyse des méthodes photogrammétriques de corrélation d'images pour l'étude des ouvrages rocheux*, mémoire de soutenance PFE spécialité topographie, INSA Strasbourg, 2012, 82 p. [en ligne : http://eprints2.insa-strasbourg.fr/1220/1/M_TROCHON_Marie-Laure.pdf].

VERGNIEUX 2009 : VERGNIEUX Robert, « Archaeological Research and 3D Models (restitution, validation and simulation). L'usage scientifique des modèles 3D en archéologie. De la validation à la simulation », in *Actes du colloque Archeologica 2.0, VAR Journal*, Sociedad Espanola de Arqueologia Virtual, Séville, 2009, p.39-43.

VERGNIEUX 2011a : VERGNIEUX Robert, « De l'usage de la 3D en archéologie », in *Actes du colloque international Arch-I-Tech (ENSAM Cluny, novembre 2010)*, Archéovision, éd. Ausonius, Bordeaux, 2011. p.11-16.

VERGNIEUX 2011b : VERGNIEUX Robert, « Restitution 3D & image de restitution 2D. Une amicale complicité », in (GENOT 2011), *Jean-Claude Golvin, un architecte au cœur de l'Histoire*, éd. Errance, Paris, 2011, p.51-59.

VERGNIEUX, GONDRAN 1996 : VERGNIEUX Robert, GONDRAN Michel, *Aménophis IV et les pierres du Soleil : Akhénoton retrouvé*, Arthaud, Paris, 1996.

WALLENBORN 2002 : WALLENBORN Hélène, « Les attitudes de l'historien face aux témoins », in *Bulletin de liaison des adhérents de l'AFAS*, Archives des sonorités, 2002 [en ligne : <http://afas.revues.org/2421>].

APPROCHES DE L'INCERTITUDE, VISUALISATION DE L'INFORMATION

BARCELO 2001 : BARCELO Juan A., "Virtual Reality for Archaeological Explanation beyond "Picturesque" Reconstruction", in *Archaeologia e Calcolatori*, 12, Edizioni All'Insegna del Giglio, Florence, 2001, p.221-244.

BENTKOWSKA-KAFEL, BAKER, DENARD 2012 : BENTKOWSKA-KAFEL Anna, BAKER Drew, DENARD Hugh, *Paradata and Transparency in Virtual Heritage Digital Research in the Arts and Humanities Series*, Ashgate, London, 2012.

BERTIN 1973 : BERTIN Jacques, *Sémiologie graphique, les diagrammes, les réseaux, les cartes*, école des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, 1973.

BERTONCELLO 2013 : BERTONCELLO Frédérique, « L'incertitude en archéologie », in (Collectif 2013), *1^e table ronde « L'incertitude : regards pluridisciplinaires »* (19 juin 2013, Nice), p.9-12.

BLAISE, DUDEK 2006a : BLAISE Jean-Yves, DUDEK Iwona, *Modélisation informationnelle*, UMR CNRS/MCC 694 MAP, Marseille, 2006.

BLAISE, DUDEK 2006b : BLAISE Jean-Yves, DUDEK Iwona, « Modélisation informationnelle : un cadre méthodologique pour représenter des connaissances évolutives spatialisables », in *EGC'06 - Extraction et gestion des connaissances*, Lille, 2006 [en ligne : <http://hal.inria.fr/docs/00/26/70/17/PDF/halshs-00267017.pdf>].

BLAISE, DUDEK 2007 : BLAISE Jean-Yves, DUDEK Iwona, *Informative Modelling towards 2D/3D Visualisation of Architectural Evolutions*, 2007 [en ligne : http://isa.univ-tours.fr/download/ET2007_Blaise1.pdf].

BLAISE, DUDEK 2009 : BLAISE Jean-Yves, DUDEK Iwona, “3D as a content, 3D as a metaphor”, in *Hybrid Architectural Archives: Creating, Managing and Using Digital Archives*, Netherlands Architecture Institute, Rotterdam, 2009 [en ligne : http://conference.nai.nl/papers_and_presentations/detail_papers/ pid/left1/ rp left1 elementId/1 459846].

BONISSONE, DECKER 1985 : BONISSONE Piero, DECKER Keith, “Selecting Uncertainty Calculi and Granularity: an experiment in trading-off precision and complexity”, in *Proceedings of the First Conference Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI-85)*, AUAI Press, Corvallis (Oregon, USA), 1985, p.57-66 [en ligne : <http://uai.sis.pitt.edu/papers/85/p57-bonissone.pdf>].

Collectif 2013 : Collectif, *1^e table ronde « L'incertitude : regards pluridisciplinaires »* (19 juin 2013, Nice), 20 p. [en ligne : http://isa.univ-tours.fr/IMG/pdf/TableRonde_Incertitude.pdf].

COLLINS, CARPENDALE, PENN 2007 : COLLINS Christopher, CARPENDALE Sleelagh, PENN Gerald, “Visualization of Uncertainty in Lattices to Support Decision-Making”, in *Proceedings of Eurographics / IEEE, VGTC Symposium on Visualization (Norrköping, Suède)*, s.l., 2007, p.51-59 [en ligne : <http://faculty.uoit.ca/collins/research/latticeVis/index.html>].

DENARD 2012 : DENARD Hugh, “A new introduction to the London Charter”, in (BENTKOWSKA-KAFEL, BAKER, DENARD 2012), *Paradata and Transparency in Virtual Heritage Digital Research in the Arts and Humanities Series*, Ashgate, London, 2012, p.57-71 [en ligne : http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/ch6_denard.pdf].

DESACHY 2010 : DESACHY Bruno, « Formaliser le raisonnement chronologique et son incertitude en archéologie de terrain », in *Rencontre de jeunes chercheurs du GdR 3359 MoDyS*, Tours, 2010 [en ligne : <http://cybergeog.revues.org/25233>].

DUDEK, BLAISE 2008 : DUDEK Iwona, BLAISE Jean-Yves, « Connaissances évolutives, données incertaines et problèmes de visualisation dans le contexte du patrimoine bâti », in *Incertitude et Environnement - la fin des certitudes scientifiques*, Edisud, Aix-en-Provence, 2008, p.267-280 [en ligne : <http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/26/57/97/PDF/halshs-00265797.pdf>].

DUNGAN, GAO, PANG 2002 : DUNGAN J.L., GAO D., PANG A.T., *Definitions of uncertainty*, s.l., 2002 [en ligne : <ftp://ftp.cse.ucsc.edu/pub/reinas/papers/white.pdf>].

FREUDENBERG et al. 2001 : FREUDENBERG Bert, MASUCH Maic, RÖBER Niklas, STROTHOTTE Thomas, “The Computer-Visualistik-Raum: Veritable and Inexpensive Presentation of a Virtual Reconstruction”, in *Proceedings of the 2001 Conference on Virtual reality, archaeology and cultural heritage*, Glyfada (Grèce), 2001, p.97-102.

FRISCHER, STINSON 2007 : FRISCHER Bernard, STINSON Philip, “The Importance of Scientific Authentication and a Formal Visual Language in Virtual Models of Archaeological Sites: The Case of the House of Augustus and Villa of the Mysteries”, in *Interpreting the Past: Heritage, New Technologies and Local Development, Proceedings of the Conference on Authenticity, Intellectual Integrity and Sustainable Development of the Public Presentation of Archaeological and Historical Sites and Landscapes (Ghent, September 2002)*, Brussels (Belgium), 2007 [en ligne : http://www.romereborn.virginia.edu/rome_reborn_2_documents/papers/Frischer_Stinson.pdf].

GERSHON 1998 : GERSHON Nahum D., “Visualization of an imperfect world”, in *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol.18, n°4, s.l., 1998, p.43-45 [en ligne : <http://www.cs.utah.edu/~miriah/uncertainty/Gershon1998.pdf>].

GOODCHILD, BUTTENFIELD, WOOD 1994 : GOODCHILD Michael F., BUTTENFIELD Barbara Pfeil, WOOD Jeffrey Scott, “Introduction to visualizing data validity”, in *Visualization in geographical information systems*, éd. Hearnshaw H., Unwin D., New-York, 1994, p.141–149 [en ligne : <http://www.geog.ucsb.edu/~good/papers/201.pdf>].

GRIETHE, SCHUMANN 2006 : GRIETHE Henning, SCHUMANN Heidrun, “The Visualization of Uncertain Data: Methods and Problems”, in *Proceedings of SimVis '06 (Magdeburg, Germany)*, s.l., 2006, p.143-156 [en ligne : http://www.informatik.uni-rostock.de/~schumann/papers/2006%2B/Magdeburg_griethe.pdf].

HASCOËT, BEAUDOUIN-LAFON 2001 : HASCOËT Mountaz, BEAUDOUIN-LAFON Michel, « Visualisation interactive d'information », in *Revue I3*, vol.1, n°1, s.l., 2001, p.77-108 [en ligne : http://www.irit.fr/journal-i3/volume01/numero01/article01_01_03.pdf].

HENGL 2003 : HENGL Tomislav, “Visualisation of Uncertainty using HSI Colour Model: Computations with Colours”, in *Geocomputations*, 2003, 8 p.

HERMON 2008 : HERMON Sorin, “Reasoning in 3D: a Critical Appraisal of the Role of 3D Modelling and Virtual Reconstructions in Archaeology”, in (FRISCHER, DAKOURI-HILD 2008), *Beyond Illustration: 2D and 3D Digital Technologies as Tools for Discovery in Archaeology*, British Archaeological Reports, Oxford, 2008, p.35-44 [en ligne : http://www.academia.edu/1652009/Reasoning_in_3D_a_Critical_appraisal_of_the_role_of_3D_modeling_and_Virtual_Reconstructions_in_archaeology].

HERMON 2012 : HERMON Sorin, “Scientific Method, Chaîne opératoire and Visualization – 3D Modelling as a Research Tool in Archaeology”, in (BENTKOWSKA-KAFEL, BAKER, DENARD 2012), *Paradata and Transparency in Virtual Heritage Digital Research in the Arts and Humanities Series*, Ashgate, London, 2012, p.13-22.

HERMON, KALISPERIS 2011 : HERMON Sorin, KALISPERIS Loukas, “Between the Real and the Virtual: 3D visualization in the Cultural Heritage domain - expectations and prospects”, in *Actes du colloque Arqueologica 2.0, VAR Journal*, Sociedad Española de Arqueología Virtual, n°4, Séville, 2011, p.59-63 [en ligne : http://varjournal.es/doc/varj02_004_19.pdf].

HERMON, NICCOLUCCI 2003 : HERMON Sorin, NICCOLUCCI Franco, “A Fuzzy Logic Approach to Typology in Archaeological Research”, in DOER M., SARRIS A., *The Digital Heritage of Archaeology*, CAA 2002, Hellenic Ministry of Culture, Greece, 2003, p.307-312.

HERMON, NICCOLUCCI, D’ANDREA 2005 : HERMON Sorin, NICCOLUCCI Franco, D’ANDREA Andrea, “Some Evaluations on the Potential Impact of Virtual Reality on the Archaeological Scientific Research”, in *Proceedings of the 11th International Conference on VSMM 2005 (Ghent, Belgium)*, Archaeolingua, Budapest, 2005, p.105-114 [en ligne : http://www.academia.edu/291895/Some_Evaluations_of_the_Potential_Impact_of_Virtual_Reality_on_the_Archaeological_Scientific_Research].

HERMON, NIKODEM, PERLINGIERI 2006 : HERMON Sorin, NIKODEM Joanna, PERLINGIERI Cinzia, “Deconstructing the VR – Data Transparency, Quantified Uncertainty and Reliability of 3D Models”, in *Proceedings of the 7th International Conference on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage VAST (Nicosia, Cyprus)*, Eurographics Association, Aire-la-Ville (Suisse), 2006, p.123-129 [en ligne : http://www.academia.edu/393134/Deconstructing_the_VR-Data_Transparency_Quantified_Uncertainty_and_Reliability_of_3D_Models].

HUNTER, GOODCHILD 1995 : HUNTER Gary J., GOODCHILD Michael F., *Modeling the Uncertainty of Vector Data in geographic Information Systems* s.l., 1995 [en ligne : <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc95/to050/p002.html>].

ICOMOS 1994 : ICOMOS, *The NARA Document on Authenticity*, 1994 [en ligne : <http://www.international.icomos.org/fr/component/content/article/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/386-the-nara-document-on-authenticity-1994>].

ICOMOS 2009 : ICOMOS, *London Charter for the Computer-Based Visualisation of Cultural Heritage (draft 2.1)*, 2009 [en ligne : http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_en.pdf].

KENSEK, DODD, CIPOLLA 2004 : KENSEK Karen M., DODD Lynn Swartz, CIPOLLA Nicholas, “Fantastic Reconstructions or Reconstructions of the Fantastic? Tracking and Presenting Ambiguity, Alternatives, and Documentation in Virtual Worlds”, in *Automation in Construction*, vol.13, Elsevier, s.l., 2004, p.175-186 [en ligne : <http://www.usc.edu/dept/LAS/religion/arc/ambiguity.pdf>].

LAURINI s.d. : LAURINI Robert, *Systèmes d'information visuels : sémiologie graphique*, s.l.n.d. [en ligne : <http://liris.cnrs.fr/robert.laurini/4if-pdf/I-1.pdf>].

LENGYEL, TOULOUSE 2011 : LENGYEL Dominik, TOULOUSE Catherine, „Darstellung von unscharfem Wissen in der Rekonstruktion historischer Bauten“, in *Erfassen, Modellieren, Visualisieren. Von handaufmass bis high tech III. 3D in der historischen bauforschung*, actes du colloque interdisciplinaire (février 2010), Cottbus, 2011, p.182.

LODHA, WILSON, SHEEHAN 1996 : LODHA Suresh K., WILSON Catherine M., SHEEHAN Robert E., “LISTEN: sounding uncertainty visualization”, in *VIS'96, Proceedings of the 7th Conference on Visualization*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos CA, USA), 1996, p.189-195.

MAC EACHREN et al. 2005 : MAC EACHREN Alan M., ROBINSON Anthony, HOPPER Susan, GARDNER Steven, MURRAY Robert, GAHEGAN Mark, HETZLER Elisabeth, “Visualizing Geospatial Information Uncertainty: What We Know and What We Need to Know”, in *Cartography Geographic Information Science*, vol.32, n°3, s.l., 2005, p.139–160 [en ligne : http://test.scripts.psu.edu/users/a/c/acr181/MacEachren_et_al_FINAL.pdf].

MASUCH et al. 1999 : MASUCH Maic, FREUDENBERG Bert, LUDOWICI Babette, KREIKER Sebastian, STROTHOTTE Thomas, “Virtual Reconstruction of Medieval Architecture”, in *Proceedings of Eurographics 1999: Short paper*, s.l., 1999, p.87-89 [en ligne : <http://croki.de/~bert/publications/Masuch-1999-VRM.pdf>].

NICCOLUCCI, HERMON 2010a : NICCOLUCCI Franco, HERMON Sorin (eds.), *Beyond the Artifact – Digital Interpretation of the Past*, CAA 2004, Archaeolingua, Budapest, 2010.

NICCOLUCCI, HERMON 2010b : NICCOLUCCI Franco, HERMON Sorin, “A Fuzzy Logic Approach to Reliability in Archaeological Virtual Reconstruction”, in (NICCOLUCCI, HERMON 2010a), *Beyond the Artifact – Digital Interpretation of the Past*, CAA 2004, Archaeolingua, Budapest, 2010, p.26-33.

PANG, WITTENBRINK, LODHA 1997 : PANG Alex, WITTENBRINK Craig, LODHA Suresh, “Approaches to Uncertainty Visualization”, in *The Visual Computer*, vol.13, issue 8, Springer-Verlag, s.l., 1997, p.370-390 [en ligne : <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs003710050111#page-1>].

POMEY 1998 : POMEY Patrice, “Les navires grecs archaïques de Marseille », in *Marseille, revue culturelle*, n°185, Marseille, 1998, p.21-30.

POTTER et al. 2007 : POTTER Kristi, GOOCH Amy, GOOCH Bruce, WILLEMSSEN Peter, KNISS Joe, RIESENFIELD Richard, SHIRLEY Peter, *3D Line Textures and the Visualization of Confidence in Architecture, Technical Report*, University of Utah (USA), n°UUCS-07-005, 2007 [en ligne : <http://www.sci.utah.edu/~kpotter/publications/potter-2007-LTCA.pdf>].

SABOL 2012 : SABOL Vedran, “Visual Analysis of Relatedness in Dynamically Changing Repositories”, in *Ecole thématique MOVE_REAL*, GdR 3359 MoDyS, laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), Fréjus, 2012.

SERRES 2005 : SERRES Alexandre, « Evaluation de l’information sur internet. Le défi de la formation », in *Bulletin des Bibliothèques de France*, vol.50, n°6, s.l., 2005, p.38-44 [en ligne : <http://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-2005-06-0038-006.pdf>].

SKEELS et al. 2009 : SKEELS Meredith, LEE Bongshin, SMITH Greg, ROBERTSON George G., “Revealing uncertainty for information visualization”, in *Information Visualization*, éd. Palgrave Macmillan Journal, s.l., 2009, p.1-12 [<http://research.microsoft.com/en-us/um/redmond/groups/cue/publications/ivs2009-uncertainty.pdf>].

SMETS 1996 : SMETS Philippe, “Imperfect Information: Imprecision – Uncertainty”, in *Uncertainty Management in Information Systems: From Needs to Solution*, Kluwer Academic Publishers, Boston (USA), 1996, p.225-254 [en ligne : http://iridia.ulb.ac.be/~psmets/Imperfect_Data.pdf].

STEFANI 2010 : STEFANI Chiara, *Maquettes numériques spatio-temporelles d'édifices patrimoniaux : modélisation de la dimension temporelle et multi-restitution des édifices*, thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers ParisTech, Aix-en-Provence, 2010 [en ligne : <http://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00522122>].

STROTHOTTE, MASUCH, ISENBERG 1999 : STROTHOTTE Thomas, MASUCH Maic, ISENBERG Tobias, "Visualizing Knowledge about Virtual Reconstructions of Ancient Architecture", in *Proceedings of Computer Graphics International*, IEEE Computer Society, Los Alamitos (USA), 1999 p.36-43 [en ligne : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.17.3996&rep=rep1&type=pdf>].

STROTHOTTE et al. 1999 : STROTHOTTE Thomas, PUHLE Matthias, MASUCH Maic, FREUDENBERG Bert, KREIKER Sebastian, LUDOWICI Babette, "Visualizing Uncertainty in Virtual Reconstructions", in *Proceedings of Electronic Imaging and the Visual Arts*, Berlin, 1999, p.16-18.

SUTTER 1998 : SUTTER Eric, « Pour une écologie de l'information », in *Documentaliste - Sciences de l'information*, vol.35, n°2, 1998, p.83-86 [en ligne : <http://fr.scribd.com/doc/96685808/Pour-une-ecologie-de-l-information-Eric-Sutter>].

THOMSON et al. 2005 : THOMSON Judi, HETZLER Beth, MAC EACHREN Alan M, GAHEGAN Mark, PAVEL Misha, "A Typology for Visualizing Uncertainty", in *Proceedings of SPIE, Visualization and Data Analysis*, 146, San José (USA), 2005 [en ligne : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.76.3896&rep=rep1&type=pdf>].

THOOMU 2010 : THOOMU Sravya, *Design decisions under risk and uncertainty*, thèse de doctorat, Clemson University (USA), 2010 [en ligne : http://etd.lib.clemson.edu/documents/1285791394/Thoomu_clemson_0050M_10915.pdf].

TUFTE 1997 : TUFTE Edward Rolf, *Visual Explanations. Images and quantities, evidence and narrative*, Graphics Press, Cheshire, 1997.

WEGER 1999 : WEGER Gérald, *Cartographie. Sémiologie graphique et conception cartographiques*, cours de cartographie, ENSG, Marne-la-Vallée, 1999 [en ligne : http://fad.ensg.eu/moodle/file.php/9/carto_vol1.pdf].

WITTENBRINK, PANG, LODHA 1995 : WITTENBRINK Craig M., PANG Alex T., LODHA Suresh, *Verity Visualization: Visual Mappings*, Rapport technique, Baskin Center for Computer Engineering & Information Sciences, University of California, Santa Cruz (USA), 1995 [en ligne : <http://www.soe.ucsc.edu/share/technical-reports/1995/ucsc-crl-95-48.pdf>].

ZUK, CARPENDALE 2006 : ZUK Torre, CARPENDALE Sleelagh, “Theoretical Analysis of Uncertainty Visualizations”, in *Proceedings of SPIE-IS&T Electronic Imaging*, vol.6060: *Visualizing and Data Analysis*, s.l., 2006, p.66-79 [en ligne : http://innovis.cpsc.ucalgary.ca/innovis/uploads/Publications/Publications/Zuk_2006_TheoreticalAnalysis.pdf].

ZUK, CARPENDALE, GLANZMAN 2005 : ZUK Torre, CARPENDALE Sleelagh, GLANZMAN W. D., “Visualizing Temporal Uncertainty in 3D Virtual Reconstructions”, in *Proceedings of the 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage VAST (Pisa, Italy)*, s.l., 2005 [en ligne : http://innovis.cpsc.ucalgary.ca/innovis/uploads/Publications/Publications/Zuk_2005_VisualizingTemporalUncertainty.pdf].

TERRAINS D’EXPERIMENTATION

Chartreuse de Villeneuve lez Avignon (Gard), église

Sources iconographiques

Anonyme, s.d. : Anonyme, Vue cavalière, s.d. [Diocèse de Nîmes].

Anonyme, 2^e moitié XVII^e s. : Anonyme, *Cartusia Villae Novae, alias Vallis Benedictionis pope Avenionem a. s. D. N. Innocentio VI, summo pontifice fundata anno 1356*, gravure, 2^e moitié XVII^e siècle [BNF, cabinet des estampes, Va 30, t. 6].

Anonyme 1722 : Anonyme, Plan de distribution des eaux, 1722 [Archives Municipales de Villeneuve lez Avignon, II-5-52].

Anonyme XIX^e s. : Anonyme, *Vue de l’église*, plume et lavis, XIX^e siècle [collection particulière].

A.C., s.d. : A.C., aquarelle, s.d. [Médiathèque Ceccano, Avignon].

BORELLI, XVIII^e s. : BORELLI Benoît (frère), *Vue panoramique des villes d’Avignon et de Villeneuve lez Avignon*, gravure, XVIII^e siècle [bibliothèque Calvet, Avignon].

CUNDIER 1690 : CUNDIER Jean-Claude, *La bénédiction de la Chartreuse de Villeneuve lez Avignon par le Pape Innocent VI*, huile sur toile, dimensions non communiquées, 1690 [musée municipal Pierre-de-Luxembourg, Villeneuve lez Avignon].

CUNDIER, fin XVII^e s. : CUNDIER Jean-Claude (attribué à), *Carte de la Chartreuse du Val-de-Bénédiction de Villeneuve lez Avignon*, huile sur toile marouflée sur panneau d'aggloméré, dimensions non communiquées, fin XVII^e siècle [Monastère de la Grande Chartreuse, galerie des cartes, inv. F39].

FORMIGE 1909 : FORMIGE Jules, aquarelles, 1905-1909 [Médiathèque de l'architecture et du patrimoine, planothèque, 12812 à 12814, 13636 à 13640].

MARRON 1995 : MARRON Pierre, Plan d'ensemble, 1/200^e, 1995.

NAGEL, URBAN, 2005 : NAGEL Elke, URBAN Emmanuelle, série de 29 relevés de l'église, échelles 1/50^e et 1/20^e, 2005.

TAYLOR, NODIER, CAILLEUX 1837 : TAYLOR Isidore Justin Séverin, NODIER Charles, CAILLEUX Alphonse (de), *Voyages pittoresques et romantiques dans l'ancienne France : Bas-Languedoc : Les Cévennes, Nîmes, Saint-Gilles, Aigues-Mortes, le Vivarais*, Didot, Paris, 1837, planche 243 [bibliothèque numérique, médiathèque de Montpellier, 363_II.2].

Sources textuelles

Anonyme, 1787 env. : Anonyme, *Comptes de la chartreuse*, s.l., 1787 environ [Archives Départementales du Vaucluse, 1 J 412, pièce 23].

Anonyme, 1792 : Anonyme, *Procès-verbal de recollement et inventaire du mobilier des maisons cy-devant religieuses des chartreux, des bénédictins, des récollets et des dames de Ste Elisabeth, Villeneuve lez Avignon*, 1792.

Anonyme, 1896 : Anonyme, *Catalogue du musée municipal de Villeneuve-lez-Avignon suivi du guide de l'étranger à Villeneuve*, éd. François Seguin, Avignon, 1896, réed. 2007.

CHABAUD 1986 : CHABAUD Henri, *La véritable histoire du trésor de la chartreuse du Val-de-Bénédiction de Villeneuve-lez-Avignon (Gard) - Racontée par Joseph Canonge, qui la tenait de son grand père Blaise David, qui la tenait lui-même de son père, et, par filiation, de celui qui avait reçu la consigne de Dom Joseph de Camaret, Prieur de la Chartreuse, à la Révolution*, s.l., 1986 [Collection privée].

DE BROSSES 1858 : DE BROSSES Charles, *Le Président de Brosses en Italie. Lettres familières écrites d'Italie en 1739 et 1740 par Charles de Brosses*, tome 1, 2^e édition authentique revue sur les manuscrits, annotée et précédée d'un essai sur la vie et les écrits de l'auteur par M. R. Colomb, Paris, 1858, p.16-19.

DELOYE 1881 : DELOYE A., *Notice des statues, bustes, bas-reliefs et autres ouvrages de sculptures de la Renaissance et des temps modernes exposés dans les galeries du Museum Calvet à Avignon*, éd. Seguin frères, Avignon, 1881.

GIRARD 1924 : GIRARD Joseph, *Catalogue illustré : musée Calvet de la ville d'Avignon*, éd. Rullière frères, Avignon, 1924.

GIRARD 1989 : GIRARD Alain, *Le mystère de la chute des anges de Raymond Boterie (1509-1510)*, collection d'histoire religieuse méridionale, série art, n°1, Conseil Général du Gard, musée départemental d'art sacré, Nîmes, 1989.

GIRARD 2005 : GIRARD Alain, *Un chef d'œuvre de l'Occident médiéval en terre gardoise : « le Couronnement de la Vierge » d'Enguerrand Quarton du musée de Villeneuve lez Avignon*, collection d'histoire religieuse méridionale, série art, n°3, Conseil Général du Gard, musée d'art sacré du Gard, Nîmes, 2005.

GOIFFON 1884 : GOIFFON (abbé), *Villeneuve-lez-Avignon : son abbaye, sa chartreuse, ses établissements religieux, sa paroisse*, Nîmes, 1884, p.58-76 [Archives Municipales de Villeneuve lez Avignon].

GUIRAUD et al. 1791 : GUIRAUD, Pierre Joseph François, anonyme et MERCURIN, Claude Benoît, *Inventaire du mobilier des couvents et églises de Villeneuve lez Avignon*, s.l., 1791 [Archives Départementales du Gard, Q 328, pièce 29].

HENSCHENIUS et al. 1685 : HENSCHENIUS Godefridus, PAPEBROCHIUS Daniele, BAERT Francisco, JANNINGUS Conradus, *Propylaeum ad Acta Sanctorum Maii, sub Felicissimis Auspiciis Innocentii XI Romani Pontificis Optimi Maximi et Caroli II Hispaniarum Indiarumque regis catholici, in septem tomos digesta*, 1685, p.89-91 [bibliothèque municipale, Avignon, folio 6054].

MARTENE, DURAND 1717 : MARTENE Edmond (Dom), DURAND Ursin (Dom), *Voyage littéraire de deux religieux bénédictins de la Congrégation de Saint Maur*, 1^e partie, Paris, 1717, p.282-283.

MERIMEE 1835 : MERIMEE Prosper, *Notes d'un voyage dans le midi de la France*, Paris, 1835, p.161-165.

SOUMILLE 1743 : SOUMILLE Laurent, (abbé), « Lettre de M. l'Abbé Soumille, Prêtre, Bénéficiaire de l'Eglise Collégiale de Ville-Neuve-lès-Avignon », in *Mercur de France dédié au Roi*, Paris, décembre 1743, p.2553-2566.

SOUMILLE 1744a : SOUMILLE Laurent, (abbé), « Suite de la Lettre de M. l'Abbé Soumille, au sujet de la Chartreuse de Ville-Neuve d'Avignon », in *Mercure de France dédié au Roi*, Paris, janvier 1744, p.13-32.

SOUMILLE 1744b : SOUMILLE Laurent, (abbé), « Suite de la description de la chartreuse de Villeneuve-lez-Avignon », in *Mercure de France dédié au roi*, Paris, avril 1744, p.706-725.

TAYLOR, NODIER, CAILLEUX 1837 : TAYLOR Isidore Justin Séverin, NODIER Charles, CAILLEUX Alphonse (de), *Voyages pittoresques et romantiques dans l'ancienne France : Bas-Languedoc : Les Cévennes, Nîmes, Saint-Gilles, Aigues-Mortes, le Vivarais*, Didot, Paris, 1837, p.60-63 [bibliothèque numérique, médiathèque de Montpellier, 363_II.2].

Références bibliographiques

ALIQUOT 1991 : ALIQUOT Hervé, *Villeneuve-lez-Avignon. Métamorphoses*, éd. Equinoxe, Marguerittes, 1991.

ALLIMANT 1999 : ALLIMANT Anne, *Etude archéologique du cloître Saint-Jean à la chartreuse du Val-de-Bénédiction : rapport de fouille*, SRA Languedoc-Roussillon, CERIAH, Lyon, 1999.

AMARGIER et al. 1988 : AMARGIER Paul, BERTRAND Régis, GIRARD Alain, LE BLEVEC Daniel, *Chartreuses de Provence*, Edisud, Aix-en-Provence, 1988.

ANTHERIEU 1961 : ANTHERIEU (Mgr), « Nouveaux documents », in *Bulletin du Comité de l'Art chrétien de Nîmes*, tome XIII, n°91, Nîmes, 1961, p.54-60.

AUDURIER-CROS, MEVY, SALMERON 2000 : AUDURIER-CROS Alix, MEVY Jean-Philippe, SALMERON Emmanuelle, *Approche historique des jardins de la chartreuse du Val-de-Bénédiction à l'époque moderne et contemporaine*, équipe de recherche ARTOPOS, Marseille, juillet 2000.

BALIGANT 1982 : BALIGANT Suzanne, « Inventaire des biens mobiliers des chartreux de Villeneuve » in *Bulletin Annuaire de la Société d'Archéologie et d'Histoire du Vieux Villeneuve*, Nouvelle série n°4, Villeneuve lez Avignon, 1982, p.43-52.

BENOIT 1930 : BENOIT Fernand, *Villeneuve-lez-Avignon*, Petites monographies des grands édifices de la France, éd. Henri Laurens, Paris, 1930.

BONNEL 1960 : BONNEL Emile, « Le tombeau du pape Innocent VI au XIX^e siècle », in *Les monuments historiques de la France*, n°4, octobre-décembre 1960, Paris, 1960, p.210-222.

BORJON 2002 : BORJON Michel (dir.), *Base de données de repérage des fonds documentaires : rapport de synthèse*, Groupe de Recherche Art Histoire Architecture et Littérature (GRAHAL), 2 volumes, Paris, 2010.

BOURDIER, MARTIN 2008 : BOURDIER Céline, MARTIN Véronique, *L'église de la chartreuse de Villeneuve les Avignon (Gard). Histoire d'un édifice vivant*, rapport de DPEA, UMR CNRS/MCC 694 MAP, ENSA Marseille, juin 2008.

BOUTIN et al. 2002 : BOUTIN Xavier, CHARLET Marion, GARREC Stéphan, HARTMANN-VIRNICH Andreas, MARKIEWICZ Christian, PRIBETICH-AZNAR Claude, *Chartreuse du Val-de-Bénédiction : étude monumentale du complexe hôtellerie-boulangerie*, Laboratoire d'Archéologie Médiévale Méditerranéenne, Aix-en-Provence, 2001-2002.

BOYER D'AGEN 1904 : BOYER D'AGEN J.-A., « Villeneuve lez Avignon et son trésor », in *Le Tour de France : guide du touriste*, 1^e année, n°6, octobre 1904, Paris, 1904, 166-169.

BROMBLET 2010 : BROMBLET Philippe, *Rapport de mission : ancienne chartreuse du Val de Bénédiction, Villeneuve lez Avignon (84). Diagnostic des altérations du gisant d'Innocent VI*, Marseille, 2010.

CINGRIA, BARNICAUD, TOURNOIS 1977 : CINGRIA Hélène, BARNICAUD Philippe, TOURNOIS Bernard, *La Chartreuse du Val de Bénédiction. Villeneuve lez Avignon*, Petites notes sur les grands édifices, Caisse nationale des Monuments historiques et des sites, Paris, 1977.

CONROD 2013 : CONROD Daniel, *La Chartreuse 1973-2013. Le monument aux écritures*, éd. L'Entretemps, Montpellier, 2013.

COULONDRES 1876 : COULONDRES M. A., « La Chartreuse de Villeneuve-lez-Avignon : notice historique et documents », in *Comptes-rendus de la société scientifique et littéraire d'Alais*, tome VII, 1^e bulletin, Alais, 1876, p.129-185 [www.gallica.bnf.fr].

COULONDRES 1994 : COULONDRES M. A., *Journal de B.-L Soumille, prêtre-bénéficiaire de l'église collégiale de Villeneuve-lez-Avignon, précédé d'un avant-propos biographique et historique et suivi de notes et éclaircissements*, Alais, 1880, rééd. 1994.

COULONDRES 1882 : COULONDRES M. A., « Epitaphe du Prince de Conti à Villeneuve-lez-Avignon (1666) », in *Bulletin de la société de l'Histoire de Paris et de l'Ile-de-France*, 9^e année, 1882, p.169-170 [www.gallica.bnf.fr].

FAVRE-BRUN, LI 2008 : FAVRE-BRUN Aurélie, LI Jiakun, *Chartreuse du Val-de-Bénédiction. L'église Notre-Dame et ses peintures*, rapport de DPEA, UMR CNRS/MCC 694 MAP, ENSA Marseille, juin 2008.

FORMIGE 1909 : FORMIGE Jules, *Rapport sur la Chartreuse de Villeneuve lez Avignon (Gard)*, G. Kadar, Paris, 1909.

FUZET 1888 : FUZET Frédéric, « Le tombeau du prince de Conti à Villeneuve-lez-Avignon », in *Bulletin du Comité de l'art chrétien*, tome IV, n°25, 1888, p.134-140 [www.gallica.bnf.fr].

GIRARD, GIRARD 1992 : GIRARD Alain, GIRARD Daniel, *La chartreuse de Villeneuve lez Avignon*, éd. SAEP, Ingersheim, 1992.

GIRARD 1999 : GIRARD Alain, « La chartreuse du Val-de-Bénédiction », in *Congrès archéologique de France*, 157^e session 1999 (Gard), Société française d'archéologie, Paris, 2000, p.467-476.

GIRARD, LE BLEVEC 1986 : GIRARD Alain, LE BLEVEC Daniel, « Chartreuses du pays d'Avignon », in *Analecta Cartusiana*, 122, Salzbourg, 1986.

GRESSIN 2009 : GRESSIN Adrien, *Conception et développement d'un système permettant l'intégration et la constitution des données hétérogènes dans un SGBD spatial*, rapport de projet pluridisciplinaire, cycle des ingénieurs diplômés de l'ENSG 2^e année (IT 2), Ecole Nationale des Sciences Géographiques, Marne-la-Vallée, 2009.

HARTMANN-VIRNICH, MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2004a : HARTMANN-VIRNICH Andreas, MARKIEWICZ Christian, PRIBETICH-AZNAR Claude, *Etude monumentale du complexe de l'année des Mûriers*, Laboratoire d'Archéologie Médiévale Méditerranéenne, Aix-en-Provence, 2003-2004.

HARTMANN-VIRNICH, MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2004b : HARTMANN-VIRNICH Andreas, MARKIEWICZ Christian, PRIBETICH-AZNAR Claude, *Etude monumentale du cloître Saint-Jean*, Laboratoire d'Archéologie Médiévale Méditerranéenne, Aix-en-Provence, 2003-2004.

HARTMANN-VIRNICH, MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2005 : HARTMANN-VIRNICH Andreas, MARKIEWICZ Christian, PRIBETICH-AZNAR Claude, *Etude monumentale des abords du tinel : appartements du pape, cellules J1, J2, J3*, Laboratoire d'Archéologie Médiévale Méditerranéenne, Aix-en-Provence, 2005.

HARTMANN-VIRNICH, MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2006 : HARTMANN-VIRNICH Andreas, MARKIEWICZ Christian, PRIBETICH-AZNAR Claude, *Etude monumentale de l'allée des Mûriers et du bâtiment des frères*, Laboratoire d'Archéologie Médiévale Méditerranéenne, Aix-en-Provence, 2006.

HARTMANN-VIRNICH, MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2010 : HARTMANN-VIRNICH Andreas, MARKIEWICZ Christian, PRIBETICH-AZNAR Claude, *Etude monumentale de la cave du pape*, Laboratoire d'Archéologie Médiévale Méditerranéenne, Aix-en-Provence, 2010.

JULLIEN 1958 : JULLIEN H., « La chartreuse de Villeneuve lez Avignon : bâtiment de la bugade », in *Les Monuments historiques de la France*, n°1, janvier-mars 1958, Paris, p.26-31.

KURDY, MORENO 2008 : KURDY Micheline, MORENO Florian, *Vue d'esprit : système d'observation numérique du gisant et de son tombeau*, rapport de DPEA, UMR CNRS/MCC 694 MAP, ENSA Marseille, juin 2008.

LACOMBE 1990 : LACOMBE Noël, *Villeneuve-lez-Avignon : notes historiques*, 2 volumes, mairie de Villeneuve lez Avignon, 1990.

LE BLEVEC, GIRARD 1989 : LE BLEVEC Daniel, GIRARD Alain, *Les chartreux et l'art (XIV^e – XVIII^e siècle)*, Actes du X^e colloque international d'histoire et de spiritualité cartusiennes (Villeneuve lez Avignon, 15-18 septembre 1988), éd. du Cerf, Paris, 1989.

MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2005 : MARKIEWICZ Christian, PRIBETICH-AZNAR Claude, *Cellule U. Etude historique et archéologique*, laboratoire d'archéologie médiévale méditerranéenne, 2005.

MILOVANOFF 1991 : MILOVANOFF Anny, *Soleil d'hiver sur le portail de la Valfenière, Supplément à la lettre de la chartreuse*, n°23, printemps 1991, Villeneuve lez Avignon, 1991.

NAGEL, URBAN 2005 : NAGEL Elke, URBAN Emmanuelle, *Baugeschichtliche Untersuchung eines Teils des ehemaligen Kartäuserklosters 'La Chartreuse du Val de Bénédiction' in Villeneuve lez Avignon*; Université Otto Friedrich (Bamberg), 2005.

PALAZZO-BERTHOLON, VALIERE 2008 : PALAZZO-BERTHOLON Bénédicte, VALIERE Jean-Christophe, *L'étude des vases acoustiques conservés dans les églises médiévales : compte-rendu de visite des 27 et 28 mai 2008*, Poitiers, 2008, p.2-3.

PARRON 1999 : PARRON Isabelle (dir.), *Chartreuse du Val-de-Bénédiction, bâtiments des frères convers : études archéologique du bâti*, CERIAH, Lyon, 1999.

PINIES 2010 : PINIES Jean-Pierre, *La Chartreuse de Villeneuve. Métamorphoses d'un monument*, éd. Jeanne Laffitte, Marseille, 2010.

PODGORNY, CHAVINIER 1985 : PODGORNY Alexandre, CHAVINIER Hélène, *Rapport de surveillance archéologique : cour du grand cloître dit « cloître du cimetière »*, s.l., mars 1985.

PONS 1868 : PONS (abbé), *Origine et esquisse topographique de la Chartreuse de Villeneuve-lez-Avignon (Gard) avec un très beau plan de ce monument*, Avignon, 1868.

ROUX 1961 : ROUX Paul (abbé), « Le pape Innocent VI, son tombeau », in *Bulletin du Comité de l'Art Chrétien de Nîmes*, tome XIII, n°91, Nîmes, 1961, 22-43.

SALET 1961 : SALET Francis, « Chronique : Le tombeau du pape Innocent VI à la Chartreuse de Villeneuve lez Avignon », in *Bulletin monumental*, tome CXIX, Société Française d'Archéologie, Paris, 1961, p.267-269.

SONNIER 1963 : SONNIER Jean, « La chartreuse du Val-de-Bénédiction à Villeneuve lez Avignon », in *Congrès archéologique de France*, 121^e session 1963 (Avignon et Comtat-Venaissin), Société Française d'Archéologie, Paris, 1963, p.161-176.

SOURNIA, VAYSSETTES 2010 : SOURNIA Bernard, VAYSSETTES Jean-Louis, *Villeneuve lez Avignon. Histoire artistique et monumentale d'une villégiature pontificale*, Cahiers du patrimoine 72, éd. MONUM, Paris, 2006.

VALLA 1991 : VALLA Laurent (abbé), *Guide du voyageur. Villeneuve les-Avignon et notes historiques*, 2^e éd., Manufacture de la Charité, Montpellier, 3^e réed., 1991, p.181-219.

VALLET et al. 2010 : VALLET Jean-Marc, DE LUCA Livio, FEUILLOU Marie, GUILLON Odile, PIERROT-DESEILLIGNY Marc, BAUDRY Olivier, TRABELSI Nassim, "An interactive 3-Dimensional database applied to the conservation of a painted chapel", in *Proceedings of the 7th International Conference on Science and Technology in Archaeology and Conservation (Petra, Jordania)*, s.l., 2010.

Abbaye Saint-Michel de Cuxa (Pyrénées-Orientales)

Sources iconographiques

Anonyme, 1840 : Anonyme, gravure, 1840 [collection Claude Laporte].

A. S. 1845 : A. S., lithographie, 1845 [archives du Philadelphia Museum of Art].

BASTEROT 1824 : Chevalier de BASTEROT, gravure, 1824.

BASTEROT 1830 : Chevalier de BASTEROT, gravure, 1830 [collection Claude Laporte].

CASTELNAU 1779 : CASTELNAU, *Plan de l'abbaye et royal monastère de St Michel de Cuixa, ordre de St Benoit scitué en Conflent, province du Roussillon*, 1779 [Archives Nationales, Paris, G⁹ 75].

COSTE 1869 : COSTE Pascal, série de dessins, 1869 [bibliothèque municipale, Marseille].

TAYLOR, NODIER, CAILLEUX 1835 : TAYLOR Isidore Justin Séverin, NODIER Charles, CAILLEUX, Alphonse (de), *Voyages pittoresques et romantiques dans l'ancienne France : Languedoc*, vol. 3, Paris, 1835, planches 159 bis, 160, 161, 163 bis, 163, 164 [www.gallica.bnf.fr].

TRUTAT s.d. : TRUTAT Eugène, série de photographies, s.d. [Muséum d'histoire naturelle, Toulouse].

VILLENEUVE 1835 : VILLENEUVE Louis, *Ruines de Saint Michel de Cuxa*, gravure, in (TAYLOR, NODIER, CAILLEUX 1835), planche 161.

VIOLLET-LE-DUC 1868 : VIOLLET-LE-DUC Eugène, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*, tome 3, Paris, 1868, p.432-434.

Références bibliographiques

ALESSANDRI et al. 1999 : ALESSANDRI Patrice, HUSER Astrid, MOLINIER Aline, BONNAUD Serge, BOUTEVIN Corinne, CHADEFAX Xavier, RECOLIN Anne, *Document final de synthèse : Abbaye Saint-Michel de Cuxà*, 2 volumes, 1999.

ALESSANDRI, HUSER, MOLINIER 2012 : ALESSANDRI Patrice, HUSER Astrid, MOLINIER Aline, « Le logis du grand sacristain de l'abbaye Saint-Michel de Cuxa, Codalet (Pyrénées-Orientales) », in *Archéologie médiévale*, tome 42, CNRS éditions, Paris, 2010, p.43-84.

BARRAL I ALTET 1976 : BARRAL I ALTET Xavier, « Fontaines et vasques romanes provenant de cloîtres méridionaux : problèmes de typologie et d'attribution (résumé) », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°7, Prades, 1976, 123-125.

BARRAL I ALTET 1977 : BARRAL I ALTET Xavier, « Nouveaux apports au dossier archéologique de l'église Saint-Michel de Cuxa », in *Journal des savants*, 1977, p.191-223 [en ligne : http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/jds_0021-8103_1977_num_3_1_1358].

BERNARD 1993 : BERNARD Jean-Louis, « Préparation d'une fouille à Cuxa, étude de la construction », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°24, Prades, 1993, p.117-118.

BONNERY 2005 : BONNERY André, *L'abbaye Saint-Michel de Cuixà*, collection Venimecum, éd. MSM, Vic-en-Bigorre, 2005.

CODINA I GIOL 2008 : CODINA I GIOL Daniel, « Les chapelles des archanges à Cuixà », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°39, Prades, 2008, p.73-77.

CODINA, BOURGAIN, BESSEYRE 2009 : CODINA Daniel, BOURGAIN Pascale, BESSEYRE Marianne, « Lettre-sermon du moine Garsias de Cuxa à l'abbé Oliba », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°40, Prades, 2009, p.65-76.

COMMINGES 1981 : COMMINGES Elie (de), « George G. Barnard et l'achat des chapiteaux de Saint-Michel de Cuxa », in *Annales du midi*, tome 93, fasc. 1, n°151, 1981, p.71-82.

DISKANT 1992 : DISKANT Eda, « Les fontaines du monastère de Saint-Michel de Cuxa », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°23, Prades, 1992, p.135-141.

DURLIAT 1971 : DURLIAT Marcel, « La fin du cloître de Saint-Michel de Cuxa », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°2, Prades, 1971, p.9-16.

DURLIAT 1980 : DURLIAT Marcel, « Les derniers jours du cloître de Saint-Michel de Cuxa d'après des dessins inédits », in *Conflent, Vallespir et montagnes catalanes*, Actes du LI^e congrès de la Fédération historique du Languedoc méditerranéen et du Roussillon, (Prades et Villefranche-de-Conflent, 10 et 11 juin 1978), Montpellier, 1980, p.187-199.

FAVRE-BRUN, KURDY, VINCITORE 2011 : FAVRE-BRUN Aurélie, KURDY Micheline, VINCITORE Mauro, *Numérisation 3D et couverture photographique de l'ensemble abbatial de Saint-Michel de Cuxa, 3^e campagne (décembre 2010)*, rapport de mission, laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), Marseille, 2011.

HENRY 1842 : HENRY D. M. J., *Le guide en Roussillon ou itinéraire du voyageur dans le département des Pyrénées-Orientales, contenant un aperçu de l'histoire de la province*, Perpignan, 1842, 202-204.

JULIA 1834 : JULIA Alexandre, « Saint-Michel de Cuxa », in *Bulletin de la Société philomatique de Perpignan*, tome 1, Perpignan, 1835, p.29-36 [www.gallica.bnf.fr].

LYMAN 1980 : LYMAN Thomas W., « Les tours de Saint-Michel de Cuxa », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°11, Prades, 1980, p.269-287.

MALLET 2001 : MALLET Géraldine, *Les cloîtres démontés de Perpignan et du Roussillon (XII^e-XIV^e siècles)*, éd. Archives communales de Perpignan, 2000.

MALLET 2002 : MALLET Géraldine, « Dispersion et restauration du cloître de Saint-Michel de Cuxa (XIX^e-XX^e siècles), in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°33, Prades, 2002, p.145-155.

MUNDO 1970 : MUNDO Anscari M., « Recherches sur le traité du moine Garsias à l'abbé-évêque Oliba sur Cuxa », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°1, Prades, 1970, p.63-74.

PONSICH 1952 : PONSICH Pierre, « Les problèmes de Saint-Michel de Cuxa d'après les textes et les fouilles », in *Etudes roussillonnaises, revue d'histoire et d'archéologie*, tome 2, vol.1-2, Perpignan, 1952, p.21-66.

PONSICH 1976 : PONSICH Pierre, « Chronologie et typologie des cloîtres romans et roussillonnais », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°7, Prades, 1976, 75-98.

PONSICH 1985 : PONSICH Pierre, « Le problème des tribunes de Cuxa et de Serrabona (1^e partie) », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°16, Prades, 1985, p.9-19.

PONSICH 1986 : PONSICH Pierre, « Le problème des tribunes de Cuxa et de Serrabona (2^e partie) », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°17, Prades, 1986, p.265-272.

PUIG I CADAFALCH, GAILLARD 1935 : PUIG I CADAFALCH Josep, GAILLARD Georges, « L'église Saint-Michel de Cuxa », in *Bulletin monumental*, vol. 94, Paris, 1935, p.353-373.

SAPIN 2003 : SAPIN Christian, « Cryptes et sanctuaires, approches historiques et archéologiques des circulations », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°34, Prades, 2003, p.51-63.

STYM-POPPER 1953 : STYM-POPPER Sylvain, « Découverte d'une chapelle circulaire à Saint-Michel de Cuxa », in *Bulletin de la société nationale des antiquaires de France*, Paris, 1952-1953, p.117-120.

THIRION, TRABELSI 2010 : THIRION Anna, TRABELSI Nassim, *Numérisation 3D et couverture photographique de l'ensemble abbatial de Saint-Michel de Cuxa, 1^e campagne (juin 2010)*, rapport de mission, laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), Marseille, 2010.

THIRION 2010 : THIRION Anna, *Couverture photographique de l'ensemble abbatial de Saint-Michel de Cuxa, 2^e campagne : éléments conservés aux Etats-Unis (juillet-août 2010)*, rapport de mission, laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), Marseille, 2010.

THIRION 2013 : THIRION Anna, « Proposition de restitution de l'ancienne tribune abbatiale de Cuxa (v. 1140) », in *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, n°45, Prades, 2013.

UDHE-STAHN 1977 : UDHE-STAHN Brigitte, « La chapelle circulaire de Saint-Michel de Cuxa », in *Cahiers de civilisation médiévale*, vol.20, n°80, Poitiers, 1977, p.339-351.

Publications

Publications dans des actes d'un congrès international

FAVRE-BRUN et al. 2012 : FAVRE-BRUN Aurélie, DE LUCA Livio, JACQUEMIN Christian, CAYE Véronique, "Revealing the "spirit of the place: Genius Loci, a spatial augmented reality performance based on 3D data and historical hypotheses", in *18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM)*, (2-5 sept. 2012, Milan, Italie), s.l., 2012, p.103-108.

FAVRE-BRUN, DE LUCA, FLORENZANO 2011 : FAVRE-BRUN Aurélie, DE LUCA Livio, FLORENZANO Michel, From 3D Acquisition to Augmented Reality: the case of the Charterhouse of Villeneuve lez Avignon (Gard, France), *The 12th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST*, (18-21 octobre 2011, Prato Italie), s.l., 2011, p.29-32.

FAVRE-BRUN et al. 2010 : FAVRE-BRUN Aurélie, DE LUCA Livio, FLORENZANO Michel, HARTMANN-VIRNICH Andreas, « De l'acquisition 3D à la réalité augmentée : le cas de l'église de la chartreuse pontificale de Villeneuve lez Avignon (Gard) », in *Actes du colloque International Arch-I-Tech (ENSAM Cluny, novembre 2010)*, n°5, Archéovision, éd. Ausonius, Bordeaux, 2011, p.109-117.

Publications dans une revue sans comité de lecture

FAVRE-BRUN, DE LUCA, MORENO 2012 : FAVRE-BRUN Aurélie, DE LUCA Livio, MORENO Florian, « De l'acquisition 3D à la réalité augmentée : le cas de l'église de la chartreuse de Villeneuve lez Avignon (Gard) », in *Photogrammétrie au service des archéologues et des architectes*, n°196, Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection, SFPT/CIPA, Paris, 2012, p.52-58.

HENO et al. 2010 : HENO Raphaële, BOREL Laurent, ALBY Emmanuel, FAVRE-BRUN Aurélie, « Archéologie et photogrammétrie : les nouveaux potentiels », in *Géomètre*, n°2075, Publi-Topex, Paris, 2010, p.26-40.

Publications en ligne

FAVRE-BRUN et al. 2011 : FAVRE-BRUN Aurélie, « Eglise numérique », in *La lettre d'information de la DRAC PACA*, novembre 2011 [en ligne : http://www.infos-patrimoinespaca.org/index.php?num_lettre2=6].

FAVRE-BRUN, FLORENZANO, DE LUCA 2010 : FAVRE-BRUN Aurélie, FLORENZANO Michel, DE LUCA Livio, *Représenter l'incertitude des données au sein d'une maquette 3D : application à la chartreuse pontificale de Villeneuve lez Avignon (Gard)* [en ligne], Rencontre de doctorants, GdR MoDyS, Tours, 14-16 décembre 2010 [en ligne : http://isa.univ-tours.fr/modys/download/rd10_favre-brun.pdf].

Publications acceptées

FAVRE-BRUN, DE LUCA, FLORENZANO 2013 : FAVRE-BRUN Aurélie, DE LUCA Livio, FLORENZANO Michel, “Acquisition Techniques and Visualization Devices for Archaeological Heritage: Application Examples to the Charterhouse of Villeneuve lez Avignon (Gard, France)”, in *3rd Workshop on Remote Sensing for Archaeology and Cultural Heritage Management EARSeL*, Ghent (Belgium).

JACQUEMIN et al. s.d. : JACQUEMIN Christian, CAYE Véronique, DE LUCA Livio, FAVRE-BRUN Aurélie, “Genius Loci: Digital Heritage Augmentation for Immersive Performance”, in *International Journal of Arts and Technology*.

Communications orales sans actes

« Journée d'études : Numérisation du patrimoine en 3D », Cité de l'architecture et du patrimoine, Paris, 27 septembre 2010.

FAVRE-BRUN, DE LUCA, MORENO 2010 : FAVRE-BRUN Aurélie, DE LUCA Livio, MORENO Florian, *De l'acquisition 3D à la réalité augmentée : le cas de l'église de la chartreuse de Villeneuve lez Avignon (Gard)*, Colloque SFPT/CIPA, Chartreuse de Villeneuve lez Avignon, 9-10 septembre 2010.

FAVRE-BRUN 2013 : FAVRE-BRUN Aurélie, « Architecture virtuelle et représentation de l'incertitude : analyse des solutions de visualisation de la représentation 3D. Application à la chartreuse de Villeneuve lez Avignon (Gard) et à l'abbaye Saint-Michel de Cuxa (Pyrénées-Orientales) », *Virtual Retrospect 2013* (Bordeaux, 27 au 29 novembre 2013).

Table des figures

Figure 1 : Représentation sémantique de l'incertitude issue d'une recherche diachronique.....	17
Figure 2 : Taxonomie des causes de la connaissance imparfaite de l'information (GERSHON 1998 : 43, fig.1).....	18
Figure 3 : Classification de l'incertitude par niveaux (SKEELS et al. 2009 : fig.2-3).....	21
Figure 4 : Graphique comparatif des classifications de l'incertitude en fonction des types de données et du raisonnement archéologique suivi.	22
Figure 5 : Spectacle multimédia <i>Genius Loci : l'esprit du lieu</i> (Chartreuse de Villeneuve lez Avignon, 2011) : les projections, la mise en espace du son et les effets de lumières ont créé une atmosphère déstabilisante pour le public (Aurélie Favre-Brun © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2011).....	25
Figure 6 : Représentation abstraite des connaissances sur les théâtres gallo-romains (BLAISE, DUDEK 2009 : 9, fig.7).	27
Figure 7 : Galerie est du cloître de Saint-Michel de Frigolet (Tarascon). L'analyse comparative entre le relevé hyperréaliste de l'architecte Henry Revoil et le relevé pierre à pierre du LA3M révèle plusieurs dissemblances.....	28
Figure 8 : Représentation datée de 1448 de la <i>Chanson de Girart de Roussillon</i> figurant le chantier de construction de douze abbayes fondées par Girart et sa femme en l'honneur des apôtres (bibliothèque nationale d'Autriche, Vienne) (BERNARDI 2011 : 310, fig.25).....	29
Figure 9 : Trois panneaux de la « Cité idéale », attribués à Francesco di Giorgio Martini, vers 1470-1475 (The Walters Art Museum de Baltimore, la Galerie Nationale des Marches d'Urbino et la pinacothèque de Berlin).....	30
Figure 10 : Représentations de la « Jérusalem céleste ». A gauche, « Songe de Guillaume de Digulleville », 1 ^e tiers du XIV ^e siècle (ms. 1130, f.002, biblio. Ste-Geneviève, Paris). A droite : « L'ange gardien montrant à l'âme du pèlerin la Jérusalem céleste », 3 ^e tiers du XIV ^e siècle (ms. 1130, f.144v, biblio. Ste-Geneviève, Paris).....	31
Figure 11 : Représentation de l'Arles au début du IV ^e siècle, aquarelle, Jean-Claude Golvin (GENOT 2011 : 173, fig.17). Les fouilles archéologiques réalisées depuis 2009 sur l'arc de triomphe de	

l'entrée du quartier de la rive gauche et les fouilles subaquatiques de l'opération Arles-Rhône 3 rendent cette image caduque : un second pont devait exister au sud et un chemin de halage était aménagé sous la pile du pont rive gauche (GENOT 2011).	32
Figure 12 : L'analyse comparative de ces deux cartes postales du début du XX ^e siècle montre les transformations réalisées dans l'église de la chartreuse (collections privées).	34
Figure 13 : Systèmes d'encodage de l'incertitude de la traduction intégrés à une interface de conversation instantanée (COLLINS, CARPENDALE, PENN 2007 : 55, fig.3).	37
Figure 14 : Comparaison du plan du chœur de l'église Sainte-Marie de Cambrai : le premier a été dessiné par Villard de Honnecourt vers 1200-1230 (<i>Carnet</i> , pl. 28), le second date du XIX ^e siècle.	38
Figure 15 : Comparaison entre un nuage de points acquis avec le scanner laser Faro Photon en résolution 1 (© laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2012) et un relevé pierre à pierre à l'échelle 1/50 ^e (NAGEL, URBAN 2005, pl. III.7).	39
Figure 16 : Coupes longitudinales et élévation de la façade du temple d'Isis de Pompéi par Piranèse, 1806 (Bildindex).	40
Figure 17 : La technique de représentation de J-M Gassend, à travers la superposition de l'état ancien aquarellé et du paysage urbain actuel suggéré par un tracé, permet d'évoquer l'image du port de Marseille en 550 avant J.-C. (POMEY 1998) et de restituer une voie dallée à Marseille (Collection du Musée d'Histoire de Marseille).	41
Figure 18 : Anastylose du temple d'Athéna Niké sur l'acropole d'Athènes (Grèce) (photo Wikipédia).	42
Figure 19 : Deux exemples de modèles réduits : à gauche, maquette architecturale en terre cuite d'un sanctuaire de la civilisation Gumelnita (Roumanie) du V ^e millénaire avant notre ère (photo : Marius Amarie, institut d'étude de l'ancien monde, New-York) ; à droite, le pape Innocent VI offre le modèle réduit du portail d'entrée de la chartreuse de Villeneuve lez Avignon à la Vierge (MILONAVOFF 1991 : 3) (photo : © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC)).	43
Figure 20 : Publications dédiées aux outils informatiques pour la restitution du patrimoine : <i>Dossiers d'archéologie</i> (Dossiers d'archéologie 1990), ouvrage sur l'archéologie virtuelle (FORTE 1996).	45

Figure 21 : Diagramme schématique du raisonnement archéologique (HERMON, NICCOLUCCI, D'ANDREA 2005 : 110) appliqué à la restitution du clocher de la cathédrale de Spoleto (Italie) (NICCOLUCCI, HERMON, 2010b). Plusieurs possibilités de restitution sont simulées pour les baies de la partie haute et la couverture à toit plat ou pyramidal. Une hypothèse secondaire, liée à la fonction de l'édifice, était de restituer un crénelage (M').....	50
Figure 22 : Processus de modélisation 3D en quatre étapes déterminées selon les types de sources (HERMON 2008 : 40, fig.4).....	51
Figure 23 : Schéma des relations existantes entre chaque étape du processus de numérisation 3D.	52
Figure 24 : Processus de visualisation des données qui montre l'introduction des données incertaines à partir des modèles et des mesures, l'incertitude dérivée du processus de transformation, et de la visualisation de l'incertitude à partir du processus lui-même (WITTENBRINK, PANG, LODHA.1995 : 2, fig.2.1).	53
Figure 25 : Relevé au tachéomètre laser à l'échelle 1/20 ^e d'un des piliers sud de l'église de la chartreuse (NAGEL, URBAN 2005, pl. IV.2).	55
Figure 26 : Génération automatique d'un nuage de points à partir de photographies convergentes d'un chapiteau du cloître de Cuxa (projet « Abad Oliba » © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2012).....	57
Figure 27 : Nuage de points de la double chapelle Saint-Bruno/Saint-Michel de l'église de la chartreuse, acquis avec le scanner Faro Photon (Aurélie Favre-Brun, Micheline Kurdy © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), janvier 2012).....	58
Figure 28 : Diagramme de Harris intégrant la formalisation de l'incertitude des relations temporelles (DESACHY 2010 : 12, fig.5).	59
Figure 29 : La fontaine du cloître de Cuxa a été reconstruite d'après 3 photographies (base Mémoire, n°44L06271, 44L06277 et 44L06278, Sylvain Stym-Popper, octobre 1964) et des données métriques (HENRY 1842 : 203) (3D : Aurélie Favre-Brun © 2011).	60
Figure 30 : Modèle 3D de l'église Saint-Michel de Cuxa appuyé sur les nuages de points (Chawee Bussayarat © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2010).	60
Figure 31 : Photomodélisation du bénitier de l'église de la chartreuse, collégiale de Villeneuve lez Avignon. Les erreurs de calibration sont signalées par des codes couleurs dans l'explorateur et	

par des cercles au diamètre plus grand en fonction de l'importance de l'erreur (©laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009).....	61
Figure 32 : Fontaine du cloître Saint-Jean de la chartreuse. La création manuelle des masques permet de délimiter les pixels de chaque photographie en vue de créer un nuage de points dense.....	62
Figure 33 : Maillage automatique du gisant du maître-autel de la chartreuse montrant des « trous » issus d'un problème d'interpolation (Aurélie Favre-Brun © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2010).....	63
Figure 34 : Résultat du calcul de l'écart de précision entre le modèle 3D du temple d'Auguste et de Livie (Vienne) et le nuage de points ; visualisation par un code couleur.....	63
Figure 35 : La présence de deux escaliers intérieurs dont la fonction n'était pas validée en 2011 a mené à deux hypothèses de restitution de la couverture de l'église de la Trinité de Cuxa (Micheline Kurdy © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2011).....	65
Figure 36 : Simulation de l'éclairage de la crypte du Pessebre de l'abbaye de Cuxa : la présence d'ouvertures dans les parois sud de la crypte a justifié la restitution d'une galerie ouverte au niveau supérieur (Léonard Gugi © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2011).....	66
Figure 37 : Fontaine du cloître Saint-Jean de la chartreuse. Le nuage de points acquis par relevé lasergrammétrique (© ENSG 2006) (GRESSIN 2009 : 25, fig.10) et le modèle 3D photomodélisé et texturé (fontaine 3D : Florian Moreno © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2008) fournissent des informations similaires concernant la morphologie de la fontaine et son implantation dans le cloître.....	67
Figure 38 : Deux procédures de restitution de l'apparence visuelle : par projection de portions d'images à partir de photographies convergentes : fontaine du cloître Saint-Jean de la chartreuse (Florian Moreno © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009) ; par génération automatique de nuage de points : restitution de la galerie sud du cloître de Cuxa (Aurélie Favre-Brun © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2011).....	68
Figure 39 : Restitution 3D du palais d'Otto le Grand de Magdeburg : le rendu photo-réaliste donne une image finie et la sensation « d'y être » mais sans montrer les doutes (MASUCH et al. 1999 : 89, fig.3) alors que le rendu schématique rend compte des différents niveaux d'incertitude concernant l'apparence de l'édifice au X ^e siècle (STROTHOTTE, MASUCH, ISENBERG 1999 : 40, fig.4), (STROTHOTTE et al.1999 : 17, fig.2).....	69

Figure 40 : Les « quatorze règles (plus une) » de la modélisation informationnelle sont figurées par cinq indicateurs (BLAISE, DUDEK 2006a : VIII).....	70
Figure 41 : Exemple d'évaluation de la cohérence de la production du modèle 3D du site de Dougga (BLAISE, DUDEK 2006a : 5-6, fig.1).....	70
Figure 42 : Dispositifs de visualisation de l'incertitude à travers des phénomènes de radiosité, de flux et d'oscillation (PANG, WITTENBRINK, LODHA 1997 : fig.2-4-8-10-21).	71
Figure 43 : Visualisation de l'incertitude à travers des propriétés de transparence : restitution 3D du trophée des Alpes � La Turbie (STEFANI 2010 : 175), de fausses couleurs ou de rendu en fil de fer : entrée du temple principal d'Aton � Amarna, Egypte (KENSEK, DODD, CIPOLLA 2004 : 178-179, fig.2-5).....	72
Figure 44 : Restitutions 3D du palais d'Otto le Grand de Magdeburg. Différentes solutions visuelles permettent d'exprimer les niveaux d'incertitude : superposition d'un rendu photo réaliste et du rendu schématique (ZUK, CARPENDALE 2006 : 71, fig.3), application d'un texturage de synthèse (FREUDENBERG et al. 2001 : 98, fig.2), rendus non-photo réalistes effet « cartoon » ou schématique avec l'application d'un ombrage pour signaler l'incertitude (FREUDENBERG et al. 2001 : 98, fig.3).	73
Figure 45 : La génération automatique d'une texture formée de lignes primitives 3D est issue d'un calcul algorithmique, proposant dans une dernière étape d'ajuster le niveau de schématisation des lignes formant la texture. La procédure a été expérimentée sur la restitution 3D d'un temple Maya non défini pour lequel les données présentaient une plus grande certitude pour la partie inférieure (lignes 3D homogènes) � l'inverse de la partie supérieure du monument dont l'incertitude des données archéologiques est traduite par un texturage épars quasi invisible (POTTER et al. 2007 : 6, fig.6 ; 9, fig.8).....	74
Figure 46 : Restitution des colonnes, sphinx et statue colossale appartenant à un temple égyptien non défini pour la date précise de 1575 avant notre ère et une fourchette temporelle de 100 ans. Plusieurs indices visuels peuvent être utilisés pour exprimer les niveaux d'incertitude temporels concernant la date de construction et de destruction des artefacts (ZUK, CARPENDALE, GLANZMAN 2005 : 6, fig.5-6).	75
Figure 47 : Application d'attributs visuels de l'incertitude de la restitution géométrique au modèle 3D du château comtal de Carcassonne. La forme des graphes historiques signalent les évolutions de l'édifice (construction, transformation, destruction) et la variable de diffusion exprime le niveau d'incertitude attribué à la restitution (STEFANI 2010 : 115, fig.65 ; 117, fig.66).....	76

Figure 48 : Entrée du temple d'Aton à Amarna (Egypte). Fenêtre de visualisation de la restitution 3D et fenêtres « pop-up » montrant les sources documentaires sur lesquelles s'est appuyée la restitution (KENSEK, DODD, CIPOLLA 2004 : 181, fig.8).....	77
Figure 49 : Entrée du temple d'Aton à Amarna (Egypte). Interface à partir de laquelle l'utilisateur sélectionne la forme architecturale qu'il veut restituer, liée à quatre échelles de couleur marquant la certitude de son choix (KENSEK, DODD, CIPOLLA 2004 : 183, fig.9).....	78
Figure 50 : Orthophotographie aérienne (© IGN 2008) et plan d'ensemble de la Chartreuse dressé au 1/200 ^e (plan : Pierre MARRON © CIRCA 1995).....	82
Figure 51 : Plans de la chartreuse à différentes périodes : a, b, c, d, e : d'après (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 202, 209, 213, 293) ; f (COULONDRES 1876).....	85
Figure 52 : Echauguette de l'angle nord-ouest du mur d'enceinte de la chartreuse dégagée au cours des travaux de réhabilitation de locaux situés rue de l'Amelier (photo : Aurélie Favre-Brun 2012).	87
Figure 53 : Application tactile « Eglise 2.0 », visite de l'église sur 360° basée sur la superposition virtuel/réel. L'application permet de visualiser les tableaux en haute définition et de lire les informations générales de chaque peinture (modèle 3D : © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2010 ; application : © Alyen 2012).	88
Figure 54 : Plan et modèle 3D de l'église en 1358.....	89
Figure 55 : Les représentations de l'église positionnent le clocher au-dessus de la sacristie ou en arrière de l'abside.	92
Figure 56 : Modèles 3D des deux hypothèses de restitution du clocher fondées sur les sources. La perspective de la gravure de Borelli empêche de localiser plus précisément le clocher. La restitution retenue est la même que Formigé, étayée par la découverte des fondations du clocher.	92
Figure 57 : Plan et modèle 3D de l'église en 1361.....	93
Figure 58 : Plan et modèle 3D de l'église en 1365.....	94
Figure 59 : Mise au net du relevé pierre à pierre du pilier P7 entre le chœur des pères et la chapelle de la Trinité, échelle 1/20 ^e (NAGEL, URBAN 2005 : pl. IV.2) (mise au net : Aurélie Favre-Brun).	95

Figure 60 : Seul document qui représente une séparation entre les deux chapelles Saint-Bruno et Saint-Michel (plan de 1722, AM Villeneuve lez Avignon, II-5-52).....	96
Figure 61 : Plan et modèle 3D de l'église en 1372.....	96
Figure 62 : Plans et modèles 3D de l'église vers 1375.....	98
Figure 63 : Coupe longitudinale du modèle 3D de l'église vers 1375 (BOURDIER, MARTIN 2008 : 19). Cette image, créée en 2009, est fausse. Les recherches documentaires ultérieures ont révélé que les chapelles sud étaient fermées depuis 1372.....	99
Figure 64 : Plan de l'église au XVI ^e siècle.....	99
Figure 65 : Trois plans (original de 1722) figurent les deux murs formant un passage entre le petit cloître et les chapelles méridionales.	100
Figure 66 : Proposition de restitution 3D du jubé fondée sur le schéma de F. Mühlberg (NAGEL, URBAN 2005 : 77, fig. 6), compatible avec la présence des 24 stalles du chœur des pères (3D : Aurélie Favre-Brun, 2012).	101
Figure 67 : Plan et modèle 3D de l'église vers 1685.....	102
Figure 68 : Représentation des murs de séparation entre le chœur des pères et les chapelles méridionales, aquarelle, Jules Formigé, 1905 (photo : GRAHAL).	102
Figure 69 : Modèle 3D du porche plaqué contre la façade occidentale de l'église au cours du XVII ^e siècle, restitué d'après les vestiges. L'absence d'iconographies détaillées ne permet pas de représenter les décors sculptés situés dans les médaillons.	103
Figure 70 : à gauche, la gravure de gauche montre que le tombeau possédait encore toutes ses statuettes en 1685 (HENSCHENIUS et al. 1685 : 90) ; à droite, le dessin de droite illustre les dégâts causés au cours du XIX ^e siècle (TAYLOR, NODIER, CAILLEUX 1837 : pl. 243) : le tombeau n'est pas clairement identifié comme étant celui d'Innocent VI. Il pourrait être celui de Pierre de Monteruc ou d'Arnaud de Via situé dans l'église de Villeneuve.....	105
Figure 71 : Modèles 3D représentant les six phases de transformations de l'église.....	106
Figure 72 : Modèle 3D représentant l'hypothèse de restitution de l'église au XVIII ^e siècle, fondée sur des données de terrain et les sources documentaires.	108

Figure 73 : Plan et modèle 3D de l'église actuelle issu de diverses techniques de traitement et de reconstruction à partir de nuages de points et relevés tachéométriques (©laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009).	108
Figure 74 : Nuages de points incomplets de l'église vus en perspective et en plan. En bas, nuage blanc acquis par l'ENSG en 2008 : n'apparaissent pas la chapelle de la Trinité ni la petite voûte de la chapelle des frères. En gris, la chapelle Saint-Bruno/Saint-Michel numérisée en janvier 2012 (UMR 3495 CNRS/MCC) (Aurélie Favre-Brun, Micheline Kurdy) en prévision de l'installation d'un espace muséographique permanent.	109
Figure 75 : Exemples de nuages de points peu denses et incomplets (© ENSG 2005) : murs nord et sud de la travée centrale du chœur des pères.	110
Figure 76 : Nuages de points issus des relevés complémentaires réalisés par le laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC) en 2008 : à gauche, baie et vitrail occidental du chœur des frères ; à droite : petite voûte de la chapelle des frères (©laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2008)....	110
Figure 77 : Reconstruction des arcs à partir de profils extraits du nuage de points et des relevés manuels (NAGEL 2005 : planche IV.2) (3D : Aurélie Favre-Brun © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2008).	111
Figure 78 : Nuage de points de la face nord du tombeau et modèle 3D final (Florian Moreno, Micheline Kurdy © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009).	112
Figure 79 : Localisation du scanner à triangulation optique (KURDY, MORENO 2009 : 13-14), nuages de points assemblés du gisant d'Innocent VI et modèle 3D final avec un rendu par occlusion ambiante (3D : Micheline Kurdy © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009).....	113
Figure 80 : Modèles 3D partiels des statues des édicules supérieurs du tombeau d'Innocent VI, reconstruits par maillage automatique avec Meshlab (Aurélie Favre-Brun © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2012) ; de gauche à droite : saint Paul, le Christ, saint Pierre.	114
Figure 81 : Photographies en haute définition de 18 peintures présentes dans l'église au XVIII ^e siècle documentées par l'abbé Soumille (SOUVILLE 1744a : 22-28) et l'inventaire révolutionnaire (GUIRAUD et al. 1791) (photos : laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009 ; C. Bertrand © région Languedoc-Roussillon, inventaire général 2003 ; Maby © Raphèle-lès-Arles/Paris ; © Maryan Daspét).	116

Figure 82 : Schéma générique du processus de restitution 3D et signalement des incertitudes (d'après (KURDY 2013 : 77)).	117
Figure 83 : Schéma du processus de reconstruction géométrique 3D de l'abside fondé sur des vestiges <i>in situ</i> .	118
Figure 84 : Modèle 3D texturé du bénitier reconstruit par photomodélisation (Florian Moreno © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2009).	119
Figure 85 : Schéma du processus de reconstruction géométrique 3D du bénitier, objet existant déplacé pour lequel les sources n'ont pas permis de le replacer à son emplacement d'origine.	119
Figure 86 : Relevé lasegrammétrique du maître-autel : un scanner à décalage de phase a enregistré la structure générale, un scanner à triangulation optique a numérisé les éléments sculptés. Modèle 3D final du maître-autel et détail du gisant présentant de nombreux « trous » (© laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2010).	120
Figure 87 : Photographies de quelques objets provenant de l'église de la chartreuse et conservés dans divers lieux : statuette ornant un tombeau (musée Pierre-de-Luxembourg, Villeneuve lez Avignon), aigle du lutrin (musée Calvet, Avignon, R 342 A), croix (musée d'Art Sacré, Pont-Saint-Esprit).	121
Figure 88 : Schéma du processus de restitution 3D appliqué au lutrin, conservé dans les réserves du musée Calvet d'Avignon (R 342 A).	121
Figure 89 : Schéma du processus de restitution 3D des rideaux couvrant les tableaux.	122
Figure 90 : Schéma du processus de reconstruction géométrique 3D des objets disparus attestés non documentés.	123
Figure 91 : Calcul de l'index de fiabilité des composants d'un modèle 3D (d'après (HERMON, NIKODEM, PERLINGIERI 2006 : 125, tableau 1 ; 126, tableau 2)).	125
Figure 92 : Anastylose virtuelle de l'église au XVIII ^e siècle (application tactile : Alyen © 2012).	125
Figure 93 : Graphique d'illustration de la disparité des niveaux de fiabilité attribués aux modèles 3D.	127
Figure 94 : Description du tombeau d'Armand de Bourbon issue de deux sources textuelles (extraits de (SOUMILLE 1744a : 24) et (GUIRAUD et al. 1791). Cinq types d'informations sont transmis	

par les sources : la localisation spatiale, la morphologie, la temporalité, l'apparence visuelle et les dimensions du tombeau.	130
Figure 95 : Les quatre paramètres de dimensions, de forme, de localisation spatiale et d'apparence décrivent un objet à un moment précis dans le temps.	131
Figure 96 : Concept de granularité de l'incertitude où l'analyse de la documentation s'effectue par couches d'informations.....	133
Figure 97 : « Graphe objet ».....	137
Figure 98 : La lecture du graphe par ligne permet de montrer l'incertitude globale d'une information.	138
Figure 99 : La lecture du graphe par groupe de lignes permet de montrer l'incertitude globale d'un document.	139
Figure 100 : La lecture du graphe par colonne permet de montrer l'incertitude globale d'un paramètre de description.....	139
Figure 101 : Résumé des niveaux de lecture possibles offerts par le « graphe objet ».	139
Figure 102 : Chaque objet de la scène 3D est documenté par un graphe.	140
Figure 103 : La variation de l'épaisseur des lignes d'arêtes rend difficile la lecture de la représentation 3D.	141
Figure 104 : Codification visuelle de l'incertitude dimensionnelle à travers l'estompage des lignes de contour.	142
Figure 105 : Codification visuelle de l'incertitude spatiale à travers l'application de teintes aux lignes d'arêtes.	142
Figure 106 : Codification visuelle de l'incertitude morphologique à travers la visibilité du maillage 3D.	143
Figure 107 : Codification de l'incertitude de l'apparence visuelle à travers le niveau de réalisme des textures.	143
Figure 108 : Codification visuelle de l'incertitude temporelle à travers la variation du taux de transparence.	144

Figure 109 : Codification visuelle de la représentation 3D selon quatre intervalles d'incertitude.....	145
Figure 110 : Exemple d'application des codes visuels à la représentation 3D du maître-autel qui traduit un niveau d'incertitude général de 0%.	146
Figure 111 : Schéma simplifié du fonctionnement de l'application NUBES Visum : à gauche, l'interface PHP liée à la base de données ; à gauche la fenêtre de visualisation et de manipulation des représentations 3D.....	149
Figure 112 : Schéma conceptuel du processus de documentation et de visualisation de l'incertitude.	150
Figure 113 : Schéma conceptuel de la base de données contenant les informations relatives aux sources documentaires, au processus de reconstruction 3D et aux niveaux d'incertitude.....	151
Figure 114 : Formulaire d'attribution des niveaux d'incertitude.	152
Figure 115 : Processus de génération automatique du « graphe objet » à partir des valeurs entrées dans le formulaire.	153
Figure 116 : Résultat de la recherche simple formulée pour le jubé. Affichage de la liste des sources rattachées, du « graphe objet » correspondant et de la représentation 3D.....	155
Figure 117 : Recherche formulée depuis le « graphe objet ». La sélection d'une ligne fait afficher les données de la source correspondante.....	156
Figure 118 : Recherche à partir de la sélection d'une entité géométrique de la scène 3D.	157
Figure 119 : Interface de consultation et de visualisation de l'incertitude de la représentation 3D à travers l'application de la codification visuelle.	163
Figure 120 : Orthophotographie aérienne (©laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2012) et plan de l'abbaye actuelle (d'après (BERNARD 1993 : 118)).	273
Figure 121 : Les dessins réalisés au cours du XIX ^e siècle illustrent la dégradation progressive de l'abbaye.	275
Figure 122 : Photographies du chantier de restauration prises par Sylvain Stym-Popper : galerie sud du cloître en mars 1950 (sap04_44106216_p) et en mai 1950 (sap04_44106202_p), nef de l'église en janvier 1953 (sap04_44106292_p), angle sud-est du cloître en mars 1956 (sap04_44106139_p) (base Mémoire, Ministère de la Culture et de la Communication).....	276
Figure 123 : Plans successifs de l'abbaye Saint-Michel de Cuxa entre le X ^e et le XII ^e siècle.	277

Figure 124 : Modèle 3D texturé de l'église, vue intérieure et extérieure (Chawee Bussayarat © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2010).....	279
Figure 125 : Modèles 3D des 35 chapiteaux actuels du cloître de Cuxa issus du protocole de génération automatique de nuage de points à partir de photographies (Mauro Vincitore, 2010) suivi d'une reconstruction par maillage automatique (Aurélie Favre-Brun, 2012).....	281
Figure 126 : Plan du cloître de l'abbaye (MALLET 2000 : 56, plan VI). Les colonnes entourées d'un cercle proviennent de la tribune.....	282
Figure 127 : Photographies des chapiteaux de Cuxa installés dans l'établissement des bains (a à e) et sur la façade occidentale de l'église de Prades (f), sur la fontaine de Codalet (g, h) ou dans une propriété privée d'Aniane (34) (i) (Crédit photos base Mémoire : Ministère de la Culture et de la Communication, Médiathèque de l'architecture et du patrimoine, diffusion RMN-GP).	283
Figure 128 : Dessin vectoriel des galeries sud et ouest d'après les dessins de Sylvain Stym-Popper (MALLET 2002 : 152-153, fig.3-4) (vectorisation : Aurélie Favre-Brun). Les couleurs signalent les lieux où étaient conservés les éléments du cloître avant leur réimplantation par Stym-Popper.	284
Figure 129 : Comparaison entre deux photographies anciennes (DURLIAT 1971 : fig.8-9) prises par Trutat vers 1862 (DURLIAT 1980 : 194) et le cloître actuel (Aurélie Favre-Brun © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2010).....	286
Figure 130 : La spatialisation du dessin permet de retrouver l'emplacement de deux chapiteaux.	287
Figure 131 : Modèles 3D de l'abbaye au XII ^e siècle, sous l'abbatit de Grégoire. Les découvertes archéologiques récentes n'ont pas pu être intégrées à la représentation 3D : le bâtiment initial, figuré, à gauche, comme un espace à ciel ouvert, était en fait couvert.....	289
Figure 132 : Modèles 3D de l'abbaye au XI ^e siècle, sous l'abbatit d'Oliba.....	290
Figure 133 : Modèles 3D de l'abbaye au X ^e siècle, sous l'abbatit de Garin. Le bâtiment initial découvert lors de l'étude archéologique du logis du Sacristain Majeur, publiée après la construction du modèle 3D, n'apparaît pas dans la maquette 3D.....	290
Figure 134 : Plans de la chartreuse à différentes périodes : a, b, c, d, e : d'après (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 202, 209, 213, 293) ; f (COULONDRES 1876).....	293
Figure 135 : Dessin de restitution du palais pontifical en 1352 (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 203).....	294

Figure 136 : Cellule d'Hélène Cingria située dans l'angle nord-ouest du cloître Saint-Jean (actuelles cellules R et S) (photos : Roland Laboye, 1983).....	294
Figure 137 : Plan de coupe du tinel dessiné par l'architecte François Seigneur (cabinet EPSA) (photo : Alex Nollet © CIRCA, 2012) et travaux d'aménagement (photo : Bernard Tournois, 1979)....	294
Figure 138 : A gauche, la salle d'archives située dans le grenier des anciens appartements du pape (aile orientale du cloître Saint-Jean) (photos : Marjorie Vandecasteele 2011) ; à droite, le local où sont stockées les archives audiovisuelles (photo : Aurélie Favre-Brun 2013).....	295
Figure 139 : Photographies de la maquette physique et photomodélisation du cloître Saint-Jean (Aurélie Favre-Brun).....	296
Figure 140 : Modèle 3D des cellules du cloître Saint-Jean (3D : Aurélie Favre-Brun, 2013).	297

Table des tableaux

Tableau 1 : Typologie de l'incertitude (traduit de (THOMSON et al. 2005 : tableau 3).....	20
Tableau 2 : Facteurs d'incertitude du raisonnement scientifique.....	23
Tableau 3 : Signification des couleurs d'après (WEGER 1999) et (LAURINI s.d.).....	26
Tableau 4 : Tableau comparatif des avantages et limites des différentes approches de la visualisation de l'incertitude de la restitution 3D.	79
Tableau 5 : Calcul de la fiabilité de quelques composants du modèle 3D hypothétique de l'église de la chartreuse (fig.92) fondée sur les descriptions extraites de la documentation et les données de terrain.....	126
Tableau 6 : Détermination du niveau d'incertitude d'une donnée en fonction des paramètres descriptifs.	134
Tableau 7 : Valeurs de fiabilité attribuées aux données descriptives de quelques objets du sanctuaire et du chœur des pères. Calcul de la fiabilité des représentations 3D fondées sur ces données.	135
Tableau 8 : Valeurs d'incertitude attribuées aux éléments architecturaux composant le jubé.....	154
Tableau 9 : Le croisement des informations a permis de retrouver la position d'origine de quelques éléments déplacés sur le site ou aux Etats-Unis (DURLIAT 1971 : 15), (MALLET 2000 : 46, note 89 ; 48, note 92).....	286

Annexes

Annexe 1 – Quelques définitions des types d’incertitude

Les définitions ci-dessous ont été proposées aux participants de l’école thématique du Groupe de Recherche (GdR 3359 MoDyS) organisée en octobre 2012 à Fréjus, réunis autour de la thématique « Modélisation et visualisation des dynamiques spatiales : raisonner sur le temps long et ses incertitudes ». L’enjeu était de débattre des significations des notions relatives à l’incertitude.

<p>Incertitude <i>Uncertainty</i></p>	<p>Caractère d'imprécision d'une mesure, d'une conclusion, d'une perception, d'une image. [28] <i>Uncertainty often happens in situations without complete knowledge ('imperfect knowledge', 'inadequate information', 'lack of absolute knowledge' to describe uncertainty.) [21]</i> <i>In computer science, participants tended to define uncertainty in terms of probabilities. They saw 'recognized ignorance'. [21]</i></p>
<p>Approximation <i>Approximation</i></p>	<p>Opération par laquelle on tend à se rapprocher de plus en plus de la valeur réelle d'une quantité ou d'une grandeur sans y parvenir rigoureusement. [28] <i>The process or result of making a rough calculation, estimate, or guess. [32]</i> <i>Various techniques used to attempt to come close to measuring or describing a phenomenon when we cannot measure or describe it with perfect precision. [21]</i></p>
<p>Carences <i>Incompleteness</i></p>	<p>Exprime l'absence, au sein d'une collection de données formant récit, d'une partie des indications temporelles nécessaires à un récit homogène. Ex : impossibilité de dater une ou plusieurs évolutions d'un artefact. [8] Absence, manque ou insuffisance importante (de quelque chose). [28] <i>We view missing or incorrect data as a type of uncertainty. Data sets missing large amounts of data may have far more uncertainty than those are nearly complete. Similarly, data sets with information that is known to be erroneous should be considered incomplete. Data may contain incorrect information that goes unrecognized and is not labelled as an error; however, an error must be recognized in order to imperfect certainty. [21]</i></p>
<p>Complétude <i>Completeness</i></p>	<p>Qualité de ce qui est complet, exhaustif. Synonymes : exhaustivité, achèvement. [42] Etat, caractère de ce qui est complet, achevé, parfait. [28] <i>"Exhaustiveness" of a set of features. Extent to which info is comprehensive. [24]</i> <i>Extent to which knowledge is complete. [27]</i></p>
<p>Corrélation/ dépendance <i>Interrelatedness</i></p>	<p>(statistique) Mesure du degré de liaison entre des phénomènes décrits par des séries statistiques. [28] <i>Source independance from other information. [24]</i> <i>Heuristic & analyst independance. [27]</i></p>

Crédibilité Reliability/ credibility	<p>Caractère, qualité rendant quelque chose susceptible d'être cru ou digne de confiance. [28]</p> <p><i>The reliability of human sources is evaluated based on past performance but that judgment is difficult to quantify and represent. Individual pieces of information may contain indicative wording, such as "believe" or "guess" to show the source's own evaluation of information reliability, but these do nothing to help evaluate the reliability of the source itself. [24]</i></p> <p><i>Heuristic accuracy & bias of analyst. [27]</i></p> <p><i>Credibility is a judgment by the human consumer of the information about the information source... An information source that produces data that conflict with other data, has produced unreliable data in the past, or is otherwise suspect for some reason leads to uncertainty. Individuals may have different judgments about what constitutes a credible source. A human source may be considered untrustworthy based on past behaviour or associations. [21]</i></p>
Ecarts Currency/ timing	<p>Exprime le décalage en temps entre l'évènement rapporté et le rapport lui-même (aussi appelé contemporanéité). [8]</p> <p><i>Temporal gaps between occurrence, info collection & use. [24]</i></p> <p><i>Temporal gaps between assumptions and reasoning steps. [27]</i></p>
Fiabilité/ fidélité Accuracy/ error	<p>Qui est digne de confiance. [28]</p> <p><i>Difference between observation and reality. [24]</i></p> <p><i>Difference between heuristic & algorithm (e.g. Bayesian). [27]</i></p>
Généralisation/ agrégation Generalisation	<p>Toute généralisation est une hypothèse. [18]</p> <p>Extension à la plupart des cas ou des individus des caractères attribués particulièrement à une chose. [28]</p> <p><i>A statement that seems to be true in most situations but is based on too few facts or only on a small number of instances. [34]</i></p> <p><i>The process of formulating general concepts by abstracting common properties of instances. Reasoning from detailed facts to general principles. [32]</i></p>
Imprécision Imprecision	<p>Caractère de ce qui est vague, difficile à identifier. Lacune ou manque de clarté (dans la formulation ou la présentation de quelque chose). [28]</p> <p><i>Inexactness of measurement. [24]</i></p> <p><i>The quality of lacking precision. [32]</i></p>
Lignage Lineage	<p>Définit la succession d'opérations (transmission, transformation, etc.) menées pendant l'acquisition de la donnée temporelle. [8]</p> <p><i>Conduit through which info passed (number of steps). [24]</i></p> <p><i>Source material and the methods of derivation, including all transformations involved. [39]</i></p>
Mesure Measure	<p>Grandeur évaluée en unité de référence à l'aide d'un instrument ou de calculs. [28]</p>
Non-concordance/ discordance Inconsistency/ disagreement	<p>Discordance : fait de manquer d'accord, d'unité, d'harmonie. [28]</p> <p>Divergence : différence ou opposition de point de vue, d'attitude, entre personnes ou groupes de personnes. [28]</p> <p><i>Disagreement happens when the same thing is measured multiple times or by different sources and the measurements are not the same. At the completeness level, disagreement comes from overlapping but not identical data sets. At the inference level, disagreement comes from two (or more) different conclusions being drawn from the same data. This could be two (or more) experts looking at a data set and coming to different conclusions, or it could be applying two different mathematical models to a data set to do inference... Disagreement and credibility are often associated because as soon as disagreement occurs, whether among people or among measurements, credibility is often called into question. [21]</i></p> <p><i>Extent to which info components agree (5 say M ; 2 say T). [24]</i></p>

Périodisation <i>Periodization</i>	Division d'une durée passée en différents stades marquant une évolution et ayant des caractères propres ; division d'une durée, en particulier à venir, en différents stades, selon des critères plus ou moins arbitraires. [28] <i>The division of a subject into historical eras for purpose of analysis an study.</i> [35]
Subjectivité <i>Subjectivity</i>	Qualité (inconsciente ou intérieure) de ce qui appartient seulement au sujet pensant. [28] Qualité de ce qui ne donne pas une représentation fidèle de la chose observée. [28] [A propos d'une activité cognitive] Comportement qui témoigne d'un manque d'objectivité, d'une attitude partielle. [28] <i>Amount of interpretation or judgment included (expert <...> trainee).</i> [24] <i>Amount of private knowledge or heuristics utilized.</i> [27]
Vraisemblance <i>Likelihood</i>	Caractère de ce qui est vraisemblable, a l'apparence de la vérité. [33] Met en avant, sous une forme qualitative, une donnée hypothétique servant de palier dans un raisonnement par inférences. Ex : « pourrait avoir eu lieu », « il est possible ». [8] Caractère de ce qui ressemble le plus à la réalité, à la vérité ; Degré de vérité d'un fait, d'une théorie ; Ensemble des éléments qui font croire à la forte probabilité d'un événement [28] <i>The state or fact of being likely or probable.</i> [32]

[8] Blaise J.Y., Projet *In_nomine* (en cours)

[9] Bocheński J.M., *Współczesne metody myślenia*, W drodze, Poznań 1992.

[21] (SKEELS et al. 2009)

[24] (THOMSON et al. 2005)

[27] ZUK Torre, CARPENDALE Sleelagh, "Visualization of Uncertainty and Reasoning", in BUTZ et al. (Eds.), SG 2007, LNCS 4569, Springer-Verlag, Berlin, 2007, p.164-177.

[28] CNRS, Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales [en ligne : <http://www.cnrtl.fr/>].

[32] Farlex Free Dictionary [en ligne : <http://www.thefreedictionary.com/event>].

[33] Le Petit Robert, *Dictionnaire de la langue française*, Dictionnaires le Robert, Paris, 1993.

[34] Macmillan Dictionary, Macmillan Publishers Limited, 2009–2012 [en ligne : <http://www.macmillandictionary.com/dictionary/british/event>].

[35] Merriam Webster Dictionary, Merriam-Webster Incorporated, 2012 [en ligne : <http://www.merriam-webster.com/browse/dictionary/a.htm>].

[39] USGS, Spatial Data Transfer Standard (SDTS): Logical Specifications. 1977.

[42] Wiktionnaire, Le dictionnaire libre [en ligne : http://fr.wiktionary.org/wiki/Wiktionnaire:Page_d%E2%80%99accueil].

Annexe 2 – Thésaurus sur l’incertitude et l’incomplétude

Traduit de (SMETS 1996).

Les définitions sont issues d’un dictionnaire classique.

Imparfait	Quelque chose est imparfait s’il est incomplet, si c’est une faute.
Négligent	Quelqu’un de négligent ne parvient pas à faire face à quelque chose ou à quelqu’un avec les bons soins ou préoccupations, ou omet de faire quelque chose qu’il devait faire. Manque de soins ou d’attention.
Imprécis	Pas clair, inexact, pas précis, pas exactement exprimé, peu scrupuleux d’être exact.
Vague	Vague est utilisé pour décrire des choses que les gens disent ou écrivent et qui ne sont pas clairement exprimées ou expliquées, de sorte qu’ils puissent être compris par différents moyens. En résulte un sens incertain ou mal défini.
Ambigu	Pas clair ou confus, car plusieurs significations possibles. Peut-être due à l’imprécision.
Amphibologique	Synonyme d’ambigu.
Approximatif	Un nombre approximatif - quantité, heure, position, etc. - est proche (ou similaire) du nombre correct mais est probablement légèrement différent car calculé rapidement plutôt qu’exactement. Une idée ou une description de quelque chose qui est approximatif donne une indication de ce que c’est, mais n’est pas destiné à être absolument précis ou exact.
Flou	Si vos pensées sont floues ou ce que vous pensez est flou, vous êtes confus et vous ne pouvez pas voir clairement une idée ou prendre une décision. Vous pouvez également décrire quelque chose comme flou quand il n’est pas clairement défini et est indistinct ou vague.
Manquant	S’il manque quelque chose, qui n’est pas à sa place, pas présent, perdu. Vous dites qu’il manque quelque chose concernant une déclaration, un rapport, etc., quand il n’apparaît pas et que vous pensez que cela aurait dû être fait.
Incomplet	Quelque chose qui est incomplet ne possède pas tous les éléments qu’il devrait avoir. Non entré, pas rempli.
Déficient	Si quelqu’un ou quelque chose est déficient dans une chose en particulier, ils n’ont pas le montant plein de celui dont ils ont besoin pour un bon fonctionnement. Quelqu’un ou quelque chose qui est déficient n’est pas assez bon pour un but particulier ou standard. Incomplet ou insuffisant à certains égards.
Erroné	Les croyances, opinions, méthodes, etc. qui sont erronées sont incorrectes ou seulement partiellement correctes.
Incorrect	Quelque chose d’incorrect est faux, pas vrai, inexact.

Inexact	Quelque chose d'inexact n'est pas correct, pas précis et non conforme exactement au standard ou à la vérité.
Invalide	Si un argument, une conclusion, un résultat est invalide, s'il n'est pas acceptable, parce qu'il est basé sur une erreur. Ne semble pas logique.
Altéré	Si un argument ou une déclaration est déformé, sa signification devient différente et mal représentée de ce qu'elle devait être.
Biaisé	Sujet à une erreur constante.
Absurde	Qui n'a pas de sens, est absurde, insensé, stupide, ridicule, faux.
Insensé, dénué de sens	Sans aucun sens, mais aussi : sans importance ou pertinence.
Conflit	Si deux ou plusieurs choses sont en conflit, ils sont très différents et non compatibles. Il semble impossible pour chacun d'être vrais, d'exister ensemble, ou d'être crus par la même personne.
Incohérent	Peu clair, difficile à comprendre, divague dans son raisonnement ou son discours.
Inconsistant	Quelqu'un d'inconsistant est imprévisible et se comporte différemment dans chaque situation, plutôt que de faire ou dire la même chose. Non compatible ou pas en harmonie. Non constant aux principes mêmes de la pensée ou de l'action.
Confus	Aucun ordre ou motif, difficile à comprendre à cause de cela.
Aléatoire	Quelque chose qui se passe est aléatoire ou est choisi sans plan, sans schéma défini, ou sans but. Fabriqué ou fait sans méthode ou choix conscient.
Plausible	Indique que quelque chose est probablement le cas ou peut se produire probablement dans une situation particulière.
Que l'on peut croire	Quelque chose que vous croyez probable.
Douteux	Cela semble peu probable ou incertain.
Peu fiable	Si les gens, les machines ou les méthodes sont peu fiables, vous ne pouvez pas les croire ou vous appuyer sur eux. Ne pas s'appuyer sur.
Non pertinent	Un fait hors de propos, une remarque, n'est pas connecté avec ce sur quoi vous vous focalisez ou ce avec quoi vous traitez, et n'est donc pas important.
Ignorance	Manque de connaissances.
Indécidable	Quelle validité ou vérité ne peut pas être décidée, est discutable, ou sur laquelle vous ne pouvez pas faire votre choix.

Annexe 3 – Description de l'église de la chartreuse par l'abbé Soumille

(SOUMILLE 1744a : 22-28), (VALLA 1991 : 394-398)

« La façade de cette église, tournée vers le couchant, est d'une belle architecture, d'ordre composite. Quatre pilastres y soutiennent trois arceaux. On voit sur celui du milieu un Christ couché, de ronde bosse, avec la Sainte Vierge, saint Jean, et la Magdeleine, à genoux, le tout parfaitement bien exécuté. Sur les arceaux des côtés sont deux médaillons en bas-reliefs, dont l'un représente l'Annonciation de la Vierge, et l'autre la Nativité de N. S. Les ornements de cette façade sont d'une parfaite beauté, au jugement des connaisseurs. Les chambranles de la porte sont en forme de pilastre, et entrecoupés alternativement de marbre, et d'une belle pierre blanche.

L'église a une seule nef ; elle est d'un goût gothique, mais bien proportionnée d'ailleurs. Sa longueur depuis la porte jusqu'à l'autel est d'environ dix-huit toises sur cinq de largeur. La voûte du sanctuaire est en pied d'araignée, ou plutôt c'est une croisée d'ogives à six branches. Le maître-autel peut être mis au nombre de ceux qu'on nomme à la Romaine ; on en fait le tour pour les encensements, et il est sans aucun tableau. On y voit qu'un grand tabernacle, orné de petite colonnes, et placé sous un arc doubleau, chargé d'une corniche corinthienne avec son attique, soutenu de colonnes du même ordre, espacées tout autour du sanctuaire. Sur les côtés de ce sanctuaire, on voit deux tableaux originaux, dont l'un est une Visitation de Champagne ; et l'autre une Annonciation du Guerchin, disciple des Carrache.

Tout le chœur des pères est carrelé en échiquier, de marbre « bardille », et blanc veiné : les carreaux ont chacun un pied en tous sens. C'est le prieur d'aujourd'hui d. Martial Michelon qui vient de faire cette importante réparation. On prépare actuellement sous ses ordres, une grande quantité de carreaux, d'une sorte de pierre bleue et blanche, extrêmement dure, et qui coûte presque autant que le marbre, pour paver le chœur des frères, le devant de l'église, sa sacristie et le chapitre. Ce vénérable père vraiment zélé pour la maison du Seigneur, médite encore d'autres réparations essentielles, qui semblent avoir été négligées par ceux qui l'ont précédé. Il a au reste si bien su gagner l'affection de toute sa communauté, que le bon ordre qu'on y admire est moins l'effet de son autorité que celui de sa douceur et de ses grands exemples.

Au milieu du chœur des pères, on voit le tombeau d'Armand de Bourbon, prince de Conty, mort à Pézenas le 22 février 1666, dans la trente-septième année de son âge. Il demanda en mourant d'être inhumé dans la plus prochaine Chartreuse. Celles de Villeneuve et de Valbonne se disputèrent cet honneur, et la première l'emporta. On peut bien dire que l'intérêt n'eut aucune part dans cette dispute, puisque le prince ne laissa pas même de quoi faire ses funérailles. Je n'entreprends pas de rapporter son épitaphe, que sa longueur peut faire regarder comme une oraison funèbre. Ce tombeau n'est proprement qu'une grande base attique en parallélogramme, dont les moulures sont de marbre blanc

veiné, et la table est de marbre noir. On ne lui a donné qu'environ seize pouces d'élévation, pour ne point couper la vue du maître-autel.

On trouve dès l'entrée du chœur, un grand lutrin de laiton, portant une aigle massive, faite à Rouen par François Gasse en 1716, excellent artiste dans ce genre. Après ce lutrin, en avançant dans le chœur, on voit une lampe d'argent de trois pieds et demi de circonférence, assez bien travaillée mais qui ne peut rentrer en comparaison avec celle qui est dans le sanctuaire.

On peut dire que c'est une des plus belles pièces qu'il y ait en ce genre. Elle a cinq pieds et demi de circonférence et environ deux pieds de hauteur, pesant cent vingt marcs. Le travail en est autant et plus estimé que la matière. Outre six têtes de chérubins, adossées autour du cul de lampe, et six génies au-dessus des festons, de la dernière beauté, il y a trois grands termes parfaitement bien exécutés ; [page 396] où sont attachées les trois chaînes de trente-deux pouces de long, entremêlées de globes et de festons de grande délicatesse. Elle est de la façon du fameux Vinay, ancien orfèvre d'Avignon, que ses ouvrages ont immortalisé. Cette lampe autant pour la beauté du travail que pour la matière est estimée plus de dix mille livres.

Il y a dans le chœur dont je parle, six grand tableaux de prix. Les trois du côté de l'évangile, qui sont de l'école lombarde, représentant la Nativité de N. S., l'Adoration des Mages, et la Présentation de J. C. au temple. Ceux du côté opposé son sa Dispute avec les docteurs dans le temple de Nicolas Mignard, et les deux autres représentent la fuite en Egypte, et la Compassion de la Sainte Vierge de Joseph Imbert, marseillais, frère convers de la Chartreuse de Villeneuve, encore vivant, lequel depuis sa plus tendre jeunesse a toujours cultivé avec succès, les grandes dispositions qu'il avait pour la peinture, en sorte qu'il peut aujourd'hui être égalé aux maîtres de l'art, et malgré son exacte retraite, tous les connaisseurs demandent avec empressement la permission de voir son cabinet, et ils admirent ses ouvrages. Quoique âgé de soixante-dix-sept ans, il travaille, sans relâche, à finir un grand tableau, de neuf pieds de large, sur treize à quatorze de hauteur, qui représente les Pèlerins d'Emmaüs, et qu'on regarde déjà comme un chef-d'œuvre. Ce tableau est destiné pour la chartreuse de Marseille, où l'on en voit cinq de sa façon, l'un pour la porte de l'église, de trente pieds de hauteur, représentant une préparation à la Descente de Croix, les autres le Baptême de N.S., l'Adoration des Mages, la Nativité, et une Annonciation.

Au côté droit de l'église, en dehors, sont quatre chapelles attenantes, pour la commodité des religieux, dont la première auprès du sanctuaire, renferme le tombeau du fondateur. Cet ouvrage est sans contredit, ce qu'il y a de plus beau dans la chartreuse. Il est d'un goût gothique, tout construit d'une belle pierre blanche, qui approche le marbre. La figure d'Innocent VI y est couchée sur une espèce de lit, élevée de cinq pieds. Six piliers soutiennent, à six pieds de hauteur, une espèce de voûte qui sert de couvert, et au-dessus de la voûte sont quantité de pyramides, chargées de feuillages, entremêlées de petites figures humaines sous des arceaux ; et au-dessus de celles-ci il y en a d'autres plus petites avec d'autres figures. Tout le travail est d'une extrême beauté. L'ouvrage entier peut avoir vingt-sept pieds de hauteur. Le bas est entouré d'un grillage de fer à hauteur d'homme.

Le tableau de cette chapelle est de la main de René d'Anjou, Roi de Naples et de Sicile ; il représente la Trinité couronnant Marie, et le purgatoire au bas. Dans la seconde chapelle est un S. Bruno, peint par le « petit Poussin ». C'est dans cette chapelle qu'est le tombeau du second fondateur ; il est assez remarquable, mais fort inférieur au précédent pour le travail ; il est aussi entouré d'une grille de fer.

On voit dans la troisième chapelle un grand tableau de S. Michel, ou la Chute des Anges rebelles peint par Mignard. La quatrième chapelle est la plus petite : un Paysage est proprement peint sur toutes les murailles, et le tableau de l'autel est une Annonciation, chef-d'œuvre du Guide.

De l'autre côté de l'église, et joignant le chœur des frères, il y a deux petites chapelles. Le tableau d'un des autel représente J. C. en Croix, la Sainte Vierge, et S. Jean debout sur pied, par Le Vieux, et l'autre la Sainte Famille et Sainte Catherine, recevant de l'Enfant Jésus une bague et une couronne de fleurs. C'est un des meilleurs tableaux de Mignard. On lit son nom au bas, et l'année 1651. Voilà Mr. les tableaux les plus remarquables que j'ai trouvés dans cette église. »

Annexe 4 - Extrait des Comptes de la chartreuse

Archives Départementales du Gard, 30 1 J 412, série J

(Anonyme, 1787 env.).

« Le 9 avril 1784 on a mis aux trois grandes fenêtres du sanctuaire les rideaux vert florence, ils ont 10 pieds de large.

La fenêtre du milieu a 13 pieds et 5 pouces de haut sur 10 pieds 2 pouces de large, les 2 autres de côté ont 15 pieds et 2 pouces et demy de haut sur 4 pieds et 5 pouces de large.

Les rideaux des fenêtres du chœur qui sont de toiles blanches ont été mis quelques mois auparavant et ont chacun 15 pieds de haut et 6 pieds un pouce de large.

Les rideaux vert florence comme ceux du sanctuaire pour couvrir les trois grands tableaux du chœur (Jes. Ch. dans le temps, la fuite en Egypte et la descente de croix fait le 1^e par Mignard et les 2 autres par le f. Imbert convers de cette maison ont été mis à la fin du mois de mars de la même année 1784. De même que ceux de la Visitation et de l'Annonciation qui sont la Visitation de Champagne l'oncle et le 2 du Guerchin et les desdits tableaux Jes. Ch. parmi les docteurs et 2 autres ont 12 pieds et demi de haut sur 8 pieds de largeur.

Les deux petits tableaux le Baptême et la Tentation au désert ont 4 pieds et 4 pouces de haut et 3 pieds et trois pouces de large. Les rideaux sont de la même étoffe et mis le même jour.

L'Adoration des rois et la Nativité de n. s. J. Ch. qui sont dans le chœur entre les fenêtres du côté gauche ont chacun 9 pieds et demy de largeur sur 7 pieds et 1 pouce de hauteur, les rideaux ont été mis le même jour que les autres et sont de la même étoffe.

La niche a été faite en 1781, la porte a été faite à Lyon au prix de 800 *. La niche a été faite et dorée à Avignon au prix de 600 *.

Les bobèches ont été aussi faites et dorées au feu à Avignon pour le prix de 600 *.

Les grands tapis vert fait à Arbuisson pour couvrir le pavé du sanctuaire et les trois degrés de l'autel a été acheté le 30 juin 1787 et a servi pour la première fois le 15 août de la dite année. Sa largeur est de 16 aune 1 quart ce qui fait à 16 * l'aune 260 *.

Les petits du grand autel de st Bruno, de la ste Trinité, de la chapelle de D. Prieur et des deux autels des frères sont de la même fabrique et ont été acheté la dite année 1787 13 août en tout 13 aunes à 16 * montant 280 *. »

Annexe 5 – Description de l'église de la chartreuse dans l'inventaire révolutionnaire, dressé le 8 janvier 1791

Archives Départementales du Gard, H 327

(GUIRAUD et al. 1791)

« [...] Ladite heure advenue, ils se seraient trendus privativement et auraient trouvé, au-devant de l'église Dom Alligan, Procureur, qui les attendait et étant entrés avec lui dans ladite église, ils se seraient rendus auprès de l'autel. Il est dit dans ledit inventaire « que le susdit autel, le sanctuaire et le pavé de toute l'église sont en marbre, que le susdit autel est surmonté d'une croix de bronze en or moulu et de quatre chandeliers en bronze.

Qu'il y a une lampe en cuivre doré rehaussé de quelques ornements en argent ; huit tapis de différentes grandeurs pour les marche-pieds d'autel, trente-quatre tableaux de différentes grandeurs dont quinze peints par des peintres fameux. [...]

Récolement fait de tous les susdits effets nous les avons trouvés conformes mais comme la description qui en a été faite par ladite municipalité est trop sommaire, nous disons et rapportons :

Que le maître autel est à la romaine, tout en marbre et sans aucun tableau. Les murailles du sanctuaire incrustées en marbre, que sur les côtés du sanctuaire il y a deux tableaux dont l'un représente la Visitation peint par Champagne & l'autre une Annonciation, ce dernier venu d'Italie et de l'école lombarde, il nous a été observé que M. Vernet, fameux peintre, avoit dit que ce tableau étoit du Guérin disciple du Garache. Le balustre qui sépare le sanctuaire d'avec la nef est en fer. L'église est boisée, on y voit de chaque cotté les stales qu'occupent les religieux, cette boiserie est très ancienne, ce n'est qu'aux soins que prennent les religieux qu'on doit sa conservation et sy cette boiserie étoit changée de place, il est à craindre qu'elle ne tomba en ruine de vestusté.

Au millieu de l'églize et du chœur on y voit le tombeau d'Armant de Bourbon, prince de Conti, mort à Pézenas et transporté dans ladite église en 1666. 12 février, ce tombeau élevé sur terre d'environ deux pieds est tout de marbre blanc et noir, il y a tout près et au millieu du chœur un grand lutrin de letton portant une aigle massive et au devant une petite marche de marbre de plusieurs couleurs.

Il y a dans le chœur et au-dessus de ladicte boiserie six grands tableaux de prix, les trois du côté de l'évangile sont de l'école lombarde, l'un représente la Nativité de Notre Seigneur, l'autre l'Adoration des mages par César Génard et le troisième la Présentation de Jésus Christ au temple.

Du cotté opposé il y a les trois autres tableaux l'un représentant Jésus Christ au millieu des docteurs au temple, peint par Nicolas Mignard, et les deux autres représentant la Fuite en Egipte et la Compassion de la Sainte Vierge, peint[s] par un frère chartreux de ladite maison nommé Imbert de Marseille, ces trois tableaux sont fort haut[s] & remplissent depuis le haut des stales presque jusqu'à la voûte.

Dans le chœur des frères mineurs du même côté, est un tableau représentant la communion de saint Jérôme, c'est une copie qui nous a paru être faite par une habile main et d'après le Carache, et entre les trois grands tableaux du côté de l'épître, il y en a deux petits, l'un représentant le Baptême et l'autre la Tentation de Jésus Christ, peint par un peintre de Lion nommé Blanchard.

Au dessus de la porte de la cloche par où les religieux entrent au chœur, il y a un petit tableau représentant Tobie par Simon de Salon et vis à vis une copie du tableau de l'Annonciation sur celle du Guide, il nous a été dit que cette copie étoit de Parrocel, il nous a été aussi dit qu'elle étoit du père chartreux nommé Imbert.

Chapelle

De ladite église nous sommes entrés dans la première chapelle à côté du sanctuaire, nous y avons vu le tombeau du pape Innocent VI fondateur de ladite chartreuse en 1356. Ce tombeau est d'un goût gothique construit d'une belle pierre blanche qu'on croit être de la carrière de Perne dans le Comtat, la figure de ce pape est en marbre blanc, et couché[e] sur une espèce de lit élevé de cinq pieds, ce tombeau est couvert par une voûte soutenue par six piliers de la hauteur de six pieds, au dessus de cette voûte sont quantité de pyramides chargés de feuillages entre mêlées, de petites figures humaines sous des arceaux et au dessus de celles cy il y en a d'autres plus petites avec d'autres figures. Ce tombeau en entier peut avoir vingt sept pieds de hauteur. Il est défendu par une grille en fer brut et sans ornemens.

Le tableau de cette chapelle représente la Sainte Trinité couronnant la Sainte Vierge, il est peint sur le bois, on nous a dit que c'étoit de la main du roi René d'Anjou, roy de Naples, l'autel est fort simple et la balustrade en marbre rouge et massive.

Chapelle

Dans la seconde chapelle le tableau représente saint Bruno, peint par Colombet, et de cet autel est de marbre de plusieurs couleurs, il est en outre décoré de quatre chandeliers et une croix le tout en carton moulé et doré, ouvrage de dom Ange Fornier, religieux de ladite chartreuse.

Dans la même chapelle on y voit le tombeau du cardinal neveu du pape Innocent VI, second fondateur de ladite chartreuse sur une espèce de lit élevé de trois à quatre pieds, ce tombeau est de pierre il est entourré d'une grille en fer sans ornemens.

Toujours sur la porte de cette même chapelle il y a un tableau du fameux Guide mais ce tableau est entièrement dégradé.

Enfin dans cette même chapelle il y a un autel fort simple, le tableau qui le surmonte représente le Saint Sépulchre, il est peint sur le bois par Simon de Chalon.

Chapelle

Dans la troisième chapelle il y a un grand tableau de saint Michel foudroyant les anges rebelles, peint par Nicolas Mignard, l'autel est fort simple.

Et finalement dans une petite chapelle attenante à cette troisième, il y a un tableau de l'Annonciation copié par Nicolas Mignard sur le tableau du Guide, l'autel de cette petite chapelle est aussi fort simple.

En parcourant toutes lesdites chapelles nous avons aperçû un tableau représentant saint Brun[o] dont on ignore l'auteur, six autres copies récemment faites sur les originaux qui sont à Avignon dans la chapelle des pénitens blancs, représentant la Résurrection, l'Aparition du Sauveur à la Magdelaine, la mission des apôtres, une Pêche miraculeuse, le Pèlerin d'Emaüs & le Nauffrage de saint Paul, ces six tableaux ont leurs cadres peints en gris, et les coins dorés, nous avons encore vû un tableau représentant sainte Rosalie, sans nom d'auteur.

Chœur des frères

Nous trouvant dans le chœur des frères nous avons [vu deux] autels de marbre, fort simple et sur chacun d'eux un tableau peint par Mignard, l'un représentant la Sainte Vierge et l'autre sainte Anne, le bénitier qui est dans le chœur est une grosse masse de marbre.

Chapelles

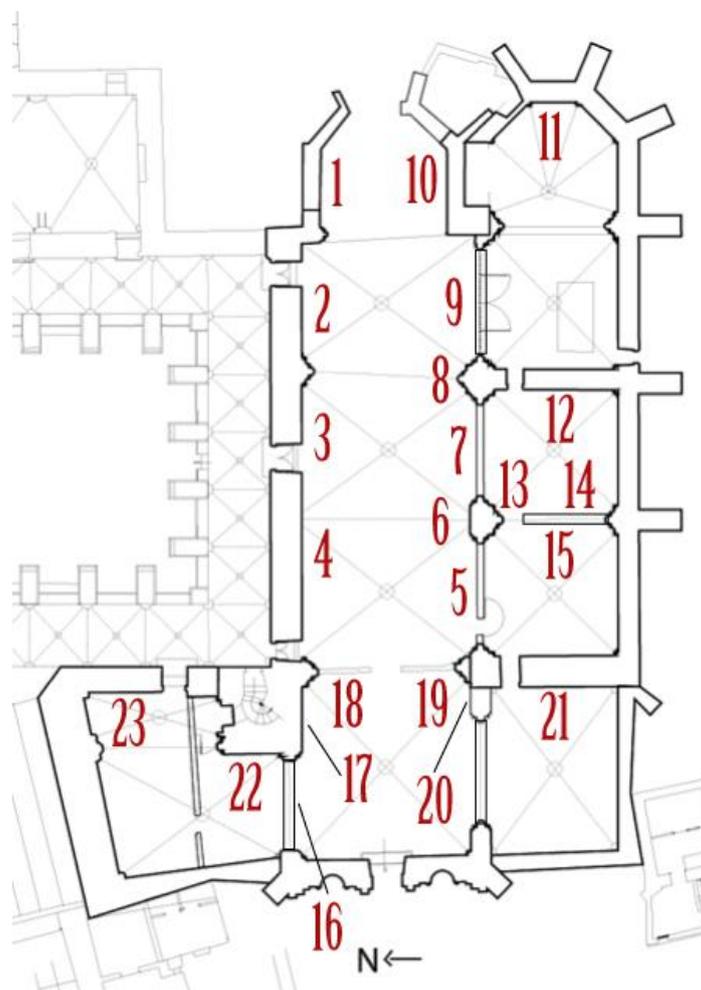
Attenant à ce chœur il y encore deux chapelles dont les autels sont fort simples, le tableaux de la première représente Jésus Christ en croix peint par Le Vieux et le tableau de la seconde chapelle représente sainte Catherine par Mignard.

Après nous être concertés nous avons estimé que les tableaux ne devoient pas être déplacés vû d'un côté l'embaras où nous serions de les placer dans un lieu sûr et comode et d'un autre côté que ceux à qui nous pourrions en confier la garde ne le soigneroient pas comme lesdits religieux ont toujours fait, c'est pourquoy ayant fait appeler dom Camaret, prieur, et dom Michel, sacristain, nous leur avons déclaré ainsuy qu'à dom Allignan que nous laissions le tout sous leur garde ainsy que les rideaux d'étoffe de soye verte qui se trouvent soit aux fenêtres de ladite églize, soit devant les tableaux de la même églize pour veiller à la concervation de tout et les représenter ce qu'ils ont promis faire et ont signé frère J. Camaret, prieur, frère Auguste Michel, sacristain, frère S. Allignan, procureur. »

Annexe 6 – Localisation des peintures dans l'église au XVIII^e siècle

Localisation des peintures dans l'église au XVIII^e siècle, d'après les descriptions de l'abbé Soumille (SOUMILLE 1744a : 22-28) et de l'inventaire révolutionnaire (GUIRAUD et al. 1791).

Les informations relatives aux dimensions, techniques et localisation actuelle sont tirées de la monographie villeneuvoise (SOURNIA, VAYSETTES 2006 : 301-310), actualisées par Alain Girard en 2011-2012 lors des sessions de travail pour la création de l'application tactile.



1		<p>Cesare Gennari <i>L'Annonciation</i>, 1668 Huile sur toile, 3,06 m (l) x 2,20 m (h) Sanctuaire, mur nord (1744, 1791) Musée Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve), réserves © Maryan Daspet</p>
2		<p>Cesare Gennari <i>La Nativité</i>, vers 1668-1670 Huile sur toile, 2,24 m (h) x 3,05 m (l) Chœur des pères, mur nord (1744, 1791) Musée Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve), réserves © Maryan Daspet</p>
3		<p>Cesare Gennari <i>L'Adoration des mages</i>, vers 1668-1670 Huile sur toile, 2,24 m (h) x 3,05 m (l) Chœur des pères, mur nord (1744, 1791) Musée Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve), réserves © Maryan Daspet</p>
4		<p>Anonyme (école lombarde) <i>La Présentation au temple</i>, date inconnue Huile sur toile, 2,80 m (h) x 2,30 m (l) Chœur des pères, mur nord (1744, 1791) Chapelle de l'Hôpital (Villeneuve) © Aurélie Favre-Brun 2011</p>

5		<p>Joseph-Gabriel Imbert (frère)</p> <p><i>Compassion de la Sainte Vierge</i>, date inconnue</p> <p>Technique inconnue, dimensions inconnues</p> <p>Chœur des pères, mur sud (1744, 1791)</p> <p>Perdu</p>
6		<p>Jacques Blanchard</p> <p><i>Baptême du Christ</i>, date inconnue</p> <p>Technique inconnue, dimensions inconnues</p> <p>Chœur des pères, mur sud (1791)</p> <p>Perdu</p>
7		<p>Joseph-Gabriel Imbert (frère)</p> <p><i>La Fuite en Egypte</i>, 1740</p> <p>Huile sur toile, environ 3 m (h) x 2 m (l)</p> <p>Chœur des pères, mur sud (1744, 1791)</p> <p>Chapelle de l'Hôpital (Villeneuve)</p> <p>C. Bertrand © Région Languedoc-Roussillon, inventaire général, 2003</p>
8		<p>Jacques Blanchard</p> <p><i>Tentation du Christ</i>, date inconnue</p> <p>Technique inconnue, dimensions inconnues</p> <p>Chœur des pères, mur sud (1791)</p> <p>Perdu</p>

<p>9</p>		<p>Nicolas Mignard <i>Jésus au Temple</i>, 1649 Huile sur toile, 4,25 m (h) x 3,60 m (l) Chœur des pères, mur sud (1744, 1791) Musée Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve) C. Bertrand © Région Languedoc-Roussillon, inventaire général, 2003</p>
<p>10</p>		<p>Philippe de Champaigne <i>La Visitation</i>, 1644-1646 Huile sur toile, 3,02 m (h) x 1,99 m (l) Sanctuaire, mur sud (1791) Musée Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve) C. Bertrand © Région Languedoc-Roussillon, inventaire général, 2003</p>
<p>11</p>		<p>Enguerrand Quarton <i>Le Couronnement de la Vierge</i>, 1453-1454 Détrempe d'œuf sur toile marouflée sur bois, 1,83 m (h) x 2,20 m (l) Chapelle de la Trinité, retable de l'autel (1744, 1791) Musée Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve) C. Bertrand © Région Languedoc-Roussillon, inventaire général, 2003</p>

<p>12</p>		<p>Nicolas Colombel <i>Saint Bruno</i>, vers 1685 Huile sur toile, 2,67 m (h) x 1,90 m (l) Chapelle Saint-Bruno, mur est (1744, 1791) Musée Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve) C. Bertrand © Région Languedoc-Roussillon, inventaire général, 2003</p>
<p>13</p>		<p>Guido Reni <i>Vierge à l'Annonciation</i>, première moitié du XVII^e siècle Huile sur toile, 81 cm (h) x 56,6 cm (l) Chapelle de l'Annonciation, mur est (1744) Chapelle Saint-Bruno, mur ouest (1791) Musée d'Art Sacré du Gard (Pont-Saint-Esprit) Maby © Raphèle-lès-Arles/Paris</p>
<p>14</p>		<p>Simon de Châlons <i>Mise au tombeau avec Innocent VI et Pierre de Monteruc</i>, 1552 Huile sur bois, 1,77 m (h) x 1,79 m (l) Chapelle Saint-Bruno, mur ouest (1791) Musée Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve) C. Bertrand © Région Languedoc-Roussillon, inventaire général, 2003</p>

<p>15</p>		<p>Nicolas Mignard <i>Saint Michel terrassant les anges rebelles</i>, vers 1658 Huile sur toile, 2,91 m (h) x 1,91 m (l) Chapelle Saint-Michel, mur est (1744, 1791) Musée Calvet (Avignon) © UMR 3495 MAP-Gamsau, 2009</p>
<p>16</p>		<p>Anonyme (copie d'après Jacques Blanchard) <i>Tobie rendant la vue à son père</i>, date inconnue Huile sur toile, 1,50 m (h) x 2 m (l) Chœur des frères, mur nord (1791) Collégiale Notre-Dame (Villeneuve) C. Bertrand © Région Languedoc-Roussillon, inventaire général, 2003</p>
<p>17</p>		<p>Joseph-Gabriel Imbert (frère) <i>L'Annonciation avec saint Charles Borromée</i>, date inconnue Copie d'après Guido Reni Huile sur toile, 1,20 m (h) x 1,34 m (l) Chœur des frères, mur sud (1791) Collégiale Notre-Dame (Villeneuve) C. Bertrand © Région Languedoc-Roussillon, inventaire général, 2003</p>
<p>18</p>		<p>Nicolas Mignard <i>Sainte Vierge</i>, date inconnue Technique inconnue, dimensions inconnues Chœur des frères, jubé nord (1791) Perdu</p>

<p>19</p>		<p>Nicolas Mignard <i>Sainte Anne, la Vierge et un chartreux</i>, 1639 Huile sur toile, 1,14 m (h) x 1,75 m (l) Chœur des frères, jubé sud (1744, 1791) Musée Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve) C. Bertrand © Région Languedoc-Roussillon, inventaire général, 2003</p>
<p>20</p>		<p>Anonyme (copie d'après Annibal Carrache) <i>Communion de saint Jérôme</i>, date inconnue Technique inconnue, dimensions inconnues Chœur des frères, mur sud (1791) Perdu</p>
<p>21</p>		<p>Nicolas Mignard <i>L'Annonciation avec saint Charles Borromée</i>, 1652 Copie d'après Guido Reni Huile sur toile, 1,23 m (h) x 1,39 m (l) Chapelle de l'Annonciation, mur est (1791) Musée Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve) C. Bertrand © Région Languedoc-Roussillon, inventaire général, 2003</p>
<p>22</p>		<p>Reynaud Levieux <i>Christ en croix avec la Vierge, saint Jean et sainte Madeleine</i>, vers 1650 Huile sur toile, 2,09 m (h) x 1,46 m (l) Chapelle des frères, chapelle sud, mur est (1744, 1791) Musée Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve) C. Bertrand © Région Languedoc-Roussillon, inventaire général, 2003</p>

23



Nicolas Mignard

Le Mariage mystique de sainte Catherine, 1651

Huile sur toile, 2,22 m (h) x 1,68 m (l)

Chapelle des frères, chapelle nord, mur est (1744, 1791)

Musée Pierre-de-Luxembourg (Villeneuve)

C. Bertrand © Région Languedoc-Roussillon, inventaire général, 2003

Annexe 7 – Description du mobilier liturgique de l'église de la chartreuse à travers les sources documentaires

Le tableau suivant présente les descriptions des objets présents dans l'église au XVIII^e siècle, tirées des sources documentaires collectées depuis 2005.

Objets	Références - Descriptions
	<p style="text-align: center;">EGLISE</p> <p>(DE BROSSES 1858 : 18) « L'église est belle, fort dorée, pleine de peintures et de tombeaux de papes, qui, par eux-mêmes, ne sont pas grand-chose. Je parle des tombeaux et non des saints-pères. L'autel, les gradins, le pavé et la balustrade sont tout de marbre. [...] Les autres tableaux de ce chœur [des pères] sont de notre frère le conducteur [Imbert], et ne sont pas indignes d'y tenir place. »</p> <p>(PONS 1868 : 53-54) « [...] et cette porte si gracieusement percée en vue de la perspective dont nous avons parlé ? et cet ensemble de choses douces, saintes, célestes, cette odeur d'encens, de méditation, de recueillement, de prières, qui vous montrait si admirablement Dieu présent et vous faisait tomber devant lui, même avant d'entrer dans son temple ? et ce temple lui-même ? nous l'avons vue cette église à qui les remises, les greniers à foin et les écuries dont le troisième cloître se compose aujourd'hui peuvent encore servir de vestibule telle qu'elle est sortie du moins de la Révolution : nous avons eu le courage de piétiner cette garance, sur cette paille, sur ce fumier qui couvrent, nous ne dirons pas son pavé, mais son sol dévasté ; nous avons franchi ces murs de clôture, dont quelques-uns sans ciment, par lesquels chacun de ses sept à huit propriétaires y a marqué son lot ; nous avons parcouru des yeux ces colonnes et ces colonnettes, aux bases brisées, ou mutilées, ou tout au moins salies ; ces pans de murs d'une nudité affreuse ; ces fenêtres fermées par des moëllons mal joints ; ces voûtes décharnées ; cette rosace vide de la façade et la porte hachée qu'elle domine... ruines sur ruines ; ruines encore que les quatre chapelles du côté droit dont nous avons raconté la merveilleuse ornementation ; ruines aussi et du moins au moral les deux chapelles du côté gauche, changées en celliers ou en étables ; ou, pour parler plus juste et nous résumer dans un seul mot, ruines que la Chartreuse toute entière ! »</p> <p>(PONS 1868 : 24) « L'église a une seule nef. Elle est gothique et très-bien proportionnée. Dix-huit toises de long sur cinq de large. Ses fenêtres élancées et sa magnifique rosace contribuent merveilleusement à lui donner, un jour mystérieux que complet. Sa voûte par son élévation, sa grâce et sa solidité, rappelle les meilleures époques. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 7) « 27 novembre 1374 – Mort du cardinal de Bologne qui a consacré l'église de la Chartreuse. Il y est enseveli. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 25-29) « Eglise – Ensemble – Elle a sa façade sur la place de l'église et</p>

	<p>s'étend jusqu'au mur de clôture vers le fort Saint-André. Elle comprend une nef principale, flanquée à droite d'une autre nef plus basse et coupée en chapelles ; et à gauche, d'une autre chapelle et d'un beffroi. Au bout de la nef principale s'élevait autrefois le clocher qui s'est écroulé ainsi que l'abside. Enfin, devant la porte il y avait un porche de trois arcades dont une seule reste debout. Pour bien comprendre ce qu'a été cette église actuellement en ruines et morcelée en celliers, écuries, logements, etc., il faut connaître les inestimables richesses qu'elle a renfermées et qui la décoraient, dallages et autels de marbres, murs peints à fresque et ornés de tableaux de maîtres, tombeaux de papes, de cardinaux et de princes, mobilier somptueux, lampes d'argent et candélabres de bronze doré, rien que des œuvres d'art ou des objets précieux. Il faut comparer cette église aux rares autres églises de Chartreuses importantes encore conservées, comme par exemple celle de la Chartreuse de Pavie. Le contraste est d'autant plus vif qu'il ne reste maintenant que le squelette incomplet de tant de richesses et que les parties vues actuellement de l'étaient en aucun point autrefois : les murs comme les voûtes portent partout des traces de peintures. Et cette construction est d'autant plus simple qu'elle a été conçue à l'époque où la règle de Chartreux était encore très sévère et qu'on n'a considéré ce gros œuvre que comme l'ossature d'une décoration. » (La description de chacun des espaces se poursuit jusqu'à la page 29).</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 26) « On l'a [maître-autel] transporté maintenant à Saint-Pons (ainsi que six autres qui proviennent aussi de l'église de la Chartreuse). »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 29) « Dans les quatre chapelles qui précèdent [chapelles de la Trinité, Saint-Bruno, Saint-Michel, de l'Annonciation] étaient six copies d'après les tableaux des Pénitents blancs d'Avignon. Ces copies d'époque Louis XV, sont actuellement à l'hospice dans des cadres gris à angles dorés. »</p>
	<p>(NAGEL, URBAN 2005) Rapport archéologique complet.</p>
	<p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 301-302) « Il s'avère que, dans le chœur et le sanctuaire, on avait assez vite remplacé les fresques de 1632 par de grandes peintures sur toile. »</p>
	<p>(PINIES 2010 : 312) « L'église. Le caractère de l'église « à chœur ouvert » est d'autant plus sacré qu'elle renferme la tombe du pape Innocent VI ; sa beauté austère, alliée à la poésie que lui confère la brèche ouverte sur le ciel et le site du mont Andaon, rendent ce lieu particulièrement émouvant. La présence silencieuse des restes d'un grand pape doit imposer un respect total. Cette partie de l'église devrait donc demeurer dans le dépouillement et le silence. Seuls des concerts de musique religieuse y sont admissibles, toute exposition profane ne peut qu'altérer son esprit et toute autre manifestation ou spectacle y est indécent. » (extrait d'un rapport au directeur de l'architecture de Y. M. Froidevaux, inspecteur général des MH, 1 septembre 1977).</p>
<p>Peinture Anonyme, Saint Bruno</p>	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « En parcourant toutes lesdites chapelles nous avons aperçu un tableau représentant <i>saint Brun[o]</i> dont on ignore l'auteur. »</p>

Peinture Anonyme, Résurrection	(GUIRAUD et al. 1791) « Six autres copies récemment faites sur les originaux qui sont à Avignon dans la chapelle des pénitens blancs, représentant la <i>Résurrection</i> , [...], ces six tableaux ont leurs cadres peints en gris et les coins dorés. »
Peinture Anonyme, Apparition du Sauveur à la Magdelaine	(GUIRAUD et al. 1791) « Six autres copies récemment faites sur les originaux qui sont à Avignon dans la chapelle des pénitens blancs, représentant [...] <i>l'Apparition du Sauveur à la Magdelaine</i> , [...], ces six tableaux ont leurs cadres peints en gris et les coins dorés. »
Peinture Anonyme, Mission des apôtres	(GUIRAUD et al. 1791) « Six autres copies récemment faites sur les originaux qui sont à Avignon dans la chapelle des pénitens blancs, représentant [...] <i>la mission des apôtres</i> , [...], ces six tableaux ont leurs cadres peints en gris et les coins dorés. »
Peinture Anonyme, Pêche miraculeuse	(GUIRAUD et al. 1791) « Six autres copies récemment faites sur les originaux qui sont à Avignon dans la chapelle des pénitens blancs, représentant [...] une <i>Pêche miraculeuse</i> , [...], ces six tableaux ont leurs cadres peints en gris et les coins dorés. »
Peinture Anonyme, Le Pèlerin d'Emmaüs	(GUIRAUD et al. 1791) « Six autres copies récemment faites sur les originaux qui sont à Avignon dans la chapelle des pénitens blancs, représentant [...] le <i>Pèlerin d'Emmaüs</i> , [...], ces six tableaux ont leurs cadres peints en gris et les coins dorés. »
Peinture Anonyme, Naufrage de saint Paul	(GUIRAUD et al. 1791) « Six autres copies récemment faites sur les originaux qui sont à Avignon dans la chapelle des pénitens blancs, représentant [...] le <i>Naufrage de saint Paul</i> , ces six tableaux ont leurs cadres peints en gris et les coins dorés. »
	(Anonyme 1792) « Dans la troisième chapelle [Annonciation ?], nous y avons trouvé : un grand tableau sans cadre représentant le <i>naufrage de St Paul</i> . »
Peinture Nicolas Mignard, Sainte Roseline	(GUIRAUD et al. 1791) « En parcourant toutes lesdites chapelles [...] nous avons encore vu un tableau représentant <i>sainte Rosalie</i> , sans nom d'auteur »
	(Anonyme 1792) « Dans la troisième chapelle [Annonciation ?], nous y avons trouvé : un tableau représentant <i>Ste Rosalie</i> (c'est le même compris dans le susdit inventaire). »
	(TAYLOR, NODIER, CAILLEUX 1837 : 62) « Nous ne quitterons pas cette ville [Villeneuve] sans parler du portrait d'une femme tristement célèbre, dont nous avons déjà visité et décrit ailleurs la demeure ; c'est celui de la marquise de Gange, peint par Mignard. Elle y est habillée en pénitente, et vêtue d'une robe de bure ; elle soulève son tablier où se trouve quelques fleurs. Ce portrait, qui est dans le parloir de l'Hôpital, nous a prouvé que sa beauté n'avait pas besoin du drame qui a fatalement marqué sa vie, pour laisser une grande renommée. »
	(DE BROSSES 1858 : 18) « Dans les collatéraux [...] ; entre autres, une <i>Sainte Roseline</i> (note de bas de page : sainte Roseline de Villeneuve), chartreuse, jolie à ravir. Hom ! Blancey, comme je la martyriserais ! Je suis sûr qu'elle a plus damné de ces bons pères que la règle de Saint-Bruno n'en a

	<p>sauvé. »</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 308)</p> <p>« <i>Sainte Roseline</i> de Mignard, prétendu portrait de la marquise de Ganges, l'héroïne tragique de la nouvelle du marquis de Sade, en travesti de chartreuse, eut les honneurs d'une réflexion coquine de Charles de Brosses : « Jolie à ravir. Hom ! [...] Comme je la martyriserais ! Je suis sûr qu'elle a plus damné de ces bons pères que la règle de Saint-Bruno n'en a sauvé. »</p>
<p>Fresques</p>	<p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 301-302)</p> <p>« D'abord, les murs enduits de l'église étaient entièrement peints. On sait ainsi qu'un certain Louis Palme, peintre portugais résidant à Avignon, y avait peint à fresque, en 1632, le sanctuaire, l'arc triomphal et la voûte du chœur : un <i>Paradis</i> sur l'arc triomphal, une <i>Nativité</i> et une <i>Adoration des mages</i> dans le sanctuaire, plus, un peu partout dans les écoinçons des baies ou les quartiers de la voûte, toutes sortes de trophées, nuées d'angelots... »</p> <p>« Il s'avère que, dans le chœur et le sanctuaire, on avait assez vite remplacé les fresques de 1632 par de grandes peintures sur toile. »</p>

CHOEUR DES PERES

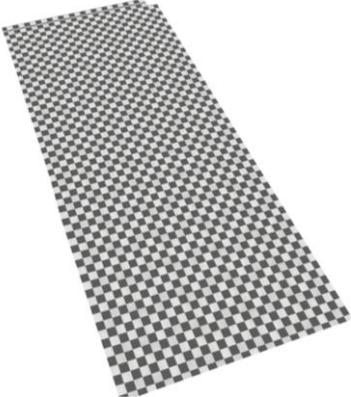
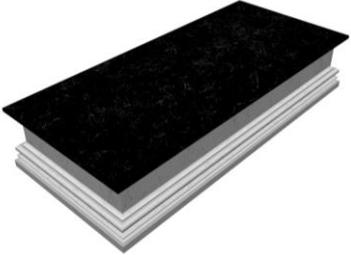
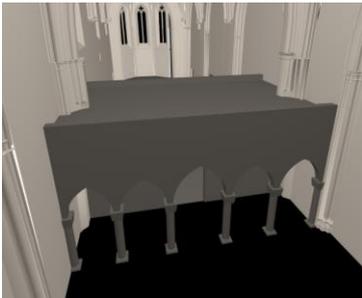
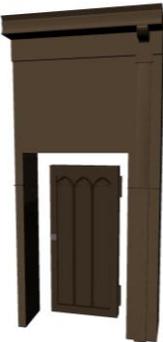
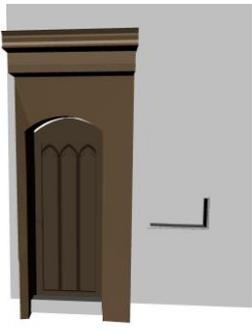
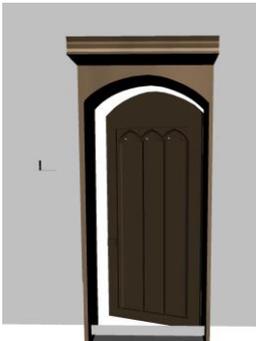
<p style="text-align: center;">Dallage</p> 	<p>(SOUMILLE 1744a : 23) « Tout le chœur est dallé en échiquier, de marbre bardille (il est gris cendré, avec des veines blanches ; il vient de Carara, en Italie), & blanc veiné : les carreaux ont chacun un pied en tout sens. C'est le prieur d'aujourd'hui D. Martial Michelin, qui vient de faire cette importante réparation. »</p> <p>(ROUX 1961 : 33) « Le pavé de marbre recouvrant le sol des deux vaisseaux contigus de l'église et celui des chapelles fut descellé [...] et le tout disparut dans laisser de traces. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 190) « Le chœur des pères fut enrichi de dalles en marbre de Carrare vers 1743. »</p> <p>(NAGEL, URBAN 2005 : 74) "Dadurch liegt das heutige FuBbodenniveau circa 20cm oberhalb des Originalniveaus und es besteht die Frage, ob sich noch überreste des Bodenbelags von 1734 erhalten haben."</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 316) « On procède à la réfection du dallage du chœur des religieux en 1743, avec des carreaux en échiquier de marbre blanc veiné, et de marbre gris appelé <i>bardille</i>. »</p>
<p style="text-align: center;">Stalles</p> 	<p>Restitution d'après les stalles de l'église de la chartreuse de Valbonne.</p>  <p>(GUIRAUD et al. 1791) « L'église est boisée, on y voit de chaque côté les stalles qu'occupent les religieux, cette boiserie est très ancienne, ce n'est qu'aux soins que prennent les religieux qu'on doit sa conservation et sy cette boiserie étoit changée de place, il est à craindre qu'elle ne tomba en ruine de vestusté. » « Il y a dans le chœur et au-dessus de laditte boiserie six grands tableaux de prix, [...] » « Tableaux [au sud] sont fort haut[s] & remplissent depuis le haut des stalles presque jusqu'à la voûte. »</p> <p>(DELOYE 1881 : 77) « 178. Grand panneau sculpté des stalles de la Chartreuse de Villeneuve lez Avignon. Il est richement décoré de feuillages, de rosaces et autres ornements en relief. H. : 2,05 ; l. : 0,40 ; bois de noyer. Donné en 1839 par M. Pille maître menuisier. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Le musée Calvet garde dans ses réserves quelques souvenirs cartusiens : un grand panneau sculpté des stalles du chœur des pères du XVII^e siècle ». »</p>

	Photo demandée au musée Calvet : panneau ne serait plus dans les collections.
<p style="text-align: center;">Lutrin</p> 	Restitution d'après la photo de l'aigle du lutrin fournie par le musée Calvet (R 342 A).
	
	(SOUMILLE 1774a : 24) « On trouve dès l'entrée du chœur, un grand lutrin de laiton, portant une aigle massive, faite à Rouen par François Gasse en 1716, excellent artiste dans ce genre. »
	(GUIRAUD et al. 1791) « Il y a tout auprès [du tombeau d'Armand de Bourbon] et au milieu du chœur un grand lutrin de letton portant une aigle massive et au-devant une petite marche de marbre de plusieurs couleurs. »
	(DELOYE 1881 : 84) « 203. Aigle-pupitre en bronze, d'un beau travail, mais mutilé, provenant de l'ancien couvent des chartreux de Villeneuve lez Avignon. Placé sous le 1 ^e Empire sur la porte de l'hôtel de la Préfecture, l'aigle fut abattu en 1815, traîné dans la rue et perdit ainsi l'aile droite et une partie de la queue. L. : 0,77 ; fig. de gr. nat. Donné par la mairie en 1844. Catalogue musée n°342A. »
	(FORMIGE 1909 : 10) « 1716 – François Gasse, de Rouen, compose le lutrin de l'église. »
	(FORMIGE 1909 : 10) « Lutrin de « laiton doré » surmonté d'un aigle et placé sur une marche de marbres incrustés, œuvre de François Gasse de Rouen (1716) (actuellement au musée d'Avignon). »
	(VALLA 1991 : 202) « un grand lutrin posé sur une marche de marbre aux dessins variés, et surmonté d'un aigle magnifique, œuvre de François Gosse, de Rouen (1716) ». »
	(AMARGIER et al. 1988 : 190) « en 1716, François Gasse de Rouen livra le lutrin. »
	(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Le musée Calvet d'Avignon garde dans ses réserves quelques souvenirs cartusiens : [...] l'aigle du lutrin, œuvre de François Gasse, de Rouen, de la même époque [XVII ^e siècle]. »
<p style="text-align: center;">Lampe</p>	Restitution d'après des modèles contemporains.
(SOUMILLE 1744a : 24) « Après ce lutrin, en avançant dans le chœur, on voit une lampe d'argent de trois pieds et demi de circonférence, assez bien travaillée [...]. »	
(Anonyme, 1787 env.) « Les rideaux des fenêtres du chœur qui sont de toile blanche ont été mis quelques mois auparavant et ont chacun 5 pieds de haut et 6 pieds 1 pouce de large. »	

	<p>(FORMIGE 1909 : 27) « des lampes d'argent. »</p>
<p>Rideaux des baies</p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] que les rideaux d'étoffe de soye verte qui se trouvent soit aux fenêtres de ladite église, [...] pour veiller à la concervation de tout et les représenter ce qu'ils ont promis de faire [...]. »</p> <p>(Anonyme, 1787 env.) « Les rideaux vert florence comme ceux du sanctuaire pour couvrir les trois grands tableaux du chœur (<i>Jésus-Christ dans le temple</i>, la fuite en Egypte et <i>le descente de croix</i>) faits le premier par Mignard et les deux autres par le frère Imbert convers de cette maison ont été mis à la fin du mois de mars de la même année 1784, de même que ceux de <i>la Visitation</i> et de <i>l'Annonciation</i>, qui sont <i>la Visitation</i> de Champagne l'oncle et le second du Guerchin, et lesdits tableaux <i>Jésus-Christ parmi les docteurs</i> et les deux autres ont 12 pieds et demi de haut sur 8 pieds de largeur, les deux petits tableaux <i>le baptême</i> et <i>la tentation au désert</i> ont 4 pieds 4 pouces de haut et 3 pieds 3 pouces de large. Les rideaux sont de la même étoffe et mis le même jour. <i>L'adoration des rois</i> et <i>la Nativité de Notre Seigneur</i> qui sont dans le chœur entre les fenêtres du côté gauche ont chacun 9 pieds et demi de largeur sur 7 pieds et 1 pouce de hauteur. Les rideaux ont été mis le même jour que les autres et sont de la même Florence. »</p>
<p>Rideaux des tableaux</p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] que les rideaux d'étoffe de soye verte qui se trouvent soit aux fenêtres de ladite église, [...] pour veiller à la concervation de tout et les représenter ce qu'ils ont promis de faire [...]. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 185) « [...] Pour cette raison, les tableaux étaient voilés pendant le carême à Villeneuve lez Avignon « en signe de deuil et pour marquer que N. S. se cacha dans le désert avant sa passion, ou alors même sa divinité fut cachée dans les opprobres et les tourments qu'il souffrit ». Le jour de l'Annonciation, les deux tableaux de l'abside étaient découverts pour marquer la festivité. »</p>
	<p>(MARTENE, DURAND 1717 : 282) « Au milieu du chœur des Chartreux est le tombeau de monsieur le prince de Conti. Il est de marbre noir, & il y a une grande épitaphe que nous n'ûmes pas le temps de copier. »</p> <p>(SOUVILLE 1744a : 24) « Au milieu du chœur des pères, on voit le tombeau d'Armand de Bourbon, prince de Conty, mort à Pézenas le 22 février 1666, dans la trente-septième année de son âge. Il demanda en mourant, d'être inhumé dans la plus prochaine Chartreuse [...]. & la première [Villeneuve] l'emporta. [...]. Je n'entreprends pas de vous rapporter</p>

<p style="text-align: center;">Tombeau d'Armand de Bourbon</p> 	<p>son épitaphe, que sa longueur peut faire regarder comme une oraison funèbre. Ce tombeau n'est proprement qu'une grande base attique en parallélogramme, dont les moulures sont de marbre blanc veiné, et la table est de marbre noir. On ne lui a donné qu'environ seize pouces d'élévation, pour ne pas point couper la vue du maître-autel. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « Au milieu de l'église et du chœur on y voit le tombeau d'Armand de Bourbon, prince de Conti, mort à Pézenas et transporté dans ladite église en 1666. 12 février, ce tombeau élevé sur terre d'environ deux pieds est de marbre blanc et noir. »</p> <p>(VALLA 1991 : 199) « Sorte de parallélogramme en marbre noir, avec encadrement de marbre blanc veiné, portant une longue inscription, et que l'on avait fait de seize pouces d'élévation seulement, afin qu'il ne masquât point l'autel. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 10) « 22 février 1666 – Mort d'Armand de Bourbon, prince de Conti, à Pézenas. Il est enseveli dans le chœur des Pères. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 27) « Devant l'autel se trouvait le tombeau d'Armand de Bourbon prince de Condé, frère du grand Condé, mort à 37 ans, le 22 février 1666 à Pézenas dans son château de La Grange-des-Près [...]. Ce tombeau avait la forme d'un rectangle de marbre noir encadré de blanc veiné et très bas (16 pouces) pour ne pas masquer la vue du maître-autel. L'épitaphe, due au célèbre Janséniste Nicole, est actuellement à Saint-Pons dans une chapelle. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 190) « L'église avait reçu en 1666 le tombeau en marbre blanc et noir d'Armand de Bourbon, prince de Conti. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Il faut aussi inclure [dans les réserves du musée municipal de Villeneuve] [...] l'épitaphe du prince de Conti. »</p> <p>(LACOMBE 1990 : 225) « Inhumation du Prince de Conti à la Chartreuse (12 février 1666). Armand de Bourbon, prince de Conti. Cendres dans caveau au milieu du chœur des pères. Très simple tombeau de marbre, noir avec encadrement de marbre veiné de blanc, haut de 16 pouces seulement et portant une longue épitaphe latine composée dit-on par Nicole à la demande de la princesse de Conti. Tombeau détruit à la Révolution à la demande de la Municipalité. Fragments rassemblés et scellés au mur de l'église paroissiale. »</p>
<p style="text-align: center;">Jubé</p> 	<p>(VALLA 1991 : 202) « Un mur de deux mètres de haut environ et percé d'une porte au milieu séparait le chœur des Pères du chœur des Frères. Le mur existe toujours mais la porte a été murée. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 27) « [Le chœur des frères] séparé du chœur des Pères par un mur bas percé d'une porte. Ce mur existe toujours, couronné de son profil du XIV^e siècle. »</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 305) « Un double retable de bois, d'ordre corinthien, avec porte au milieu, formait séparation entre le chœur des religieux et celui des convers : François de Royers de La Valfenière en avait donné le dessin en 1636. Plusieurs parties de cette clôture, conçue pour être</p>

	<p>vue de côté et d'autre, laissaient une certaine transparence entre les deux chœurs : la porte en était à jour ainsi que le couronnement à balustres. »</p> <p>(NAGEL, URBAN 2005 : 46) "Um den Chœur des Pères zu vergrößern wurde der Lettner um ein Joch nach Westen, an die Stelle der ehemaligen Westwand, verschoben."</p> <p>(NAGEL, URBAN 2005 : 48) Paragraphe III.4.4 Chœur des Frères : "Der Lettner besteht aus einer 3,50m hohen, [...] Anbaus an den Lettner." (NAGEL, URBAN 2005 : 77-78) Paragraphe entier VI.4 Lettner.</p>
<p style="text-align: center;">Porte du jubé</p> 	<p>Restitution d'après la porte du jubé de l'église de la chartreuse de Valbonne.</p> <p>(NAGEL, URBAN 2005 : 48) "In ihr befand sich in der Mitte eine enge Tür, die während des Gottesdienstes aus liturgischen Gründen nur selten geöffnet wurde, zum Brüderchor hin öffnete sich aber der Lettner mit Arkaden."</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 305) « Un double retable de bois, d'ordre corinthien, avec porte au milieu, formait séparation entre le chœur des religieux et celui des convers : François de Royers de La Valfenière en avait donné le dessin en 1636. Plusieurs parties de cette clôture, conçue pour être vue de côté et d'autre, laissaient une certaine transparence entre les deux chœurs : la porte en était à jour ainsi que le couronnement à balustres. »</p>
<p style="text-align: center;">Murs de clôture des chapelles sud</p>	<p>(AMARGIER et al. 1988 : 285) « La restauration de Formigé a supprimé à tort les murs qui isolaient les chapelles funéraires de la nef. La grille de fermeture de la chapelle de la Sainte-Trinité, où se trouve le tombeau d'Innocent VI, est une mauvaise interprétation des textes mentionnant la protection qui entourait la sépulture. »</p> <p>(GIRARD 1999 : 475) « Il fallut modifier le plan de l'édifice pour loger son monumental tombeau dans une chapelle, d'abord largement ouverte sur la nef puis refermée sur elle-même par un mur. »</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 304) « Du côté de l'Épître, il avait fallu, pour accrocher les tableaux, murer l'entrée des chapelles Saint-Bruno et Saint-Michel, murage existant partiellement encore en partie basse, des portes ayant été ménagées pour assurer l'accès aux chapelles. »</p>
<p style="text-align: center;">Porte vers chapelle Trinité</p> 	<p>(FORMIGE 1909 : 28) « Elle [chapelle de la Trinité] est séparée de la nef par un mur bas percé d'une porte. »</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 304) « Du côté de l'Épître, il avait fallu, pour accrocher les tableaux, murer l'entrée des chapelles Saint-Bruno et Saint-Michel, murage existant partiellement encore en partie basse, des portes ayant été ménagées pour assurer l'accès aux chapelles. »</p>

<p>Porte vers chapelle Saint-Michel</p> 	<p>(FORMIGE 1909 : 28) « Un mur bas percé d'une porte la [chapelle Saint-Bruno] sépare de la nef. »</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 304) « Du côté de l'Épître, il avait fallu, pour accrocher les tableaux, murer l'entrée des chapelles Saint-Bruno et Saint-Michel, murage existant partiellement encore en partie basse, des portes ayant été ménagées pour assurer l'accès aux chapelles. »</p>
<p>Porte ouest vers cloître</p> 	<p>(GIRARD, GIRARD 1992 : 17) « La porte était réservée aux frères. »</p> <p>(NAGEL, URBAN 2005 : 75) "Die Türen unterscheiden sich untereinander, bedingt durch die Kartäuserhierarchie in ihrer Größe. T1, die ursprüngliche Tür der Fratres vor der Erweiterung 1372, ist schmaler und schlägt einseitig nach rechts auf, im Gegensatz zu T2 und T3, die sich durch doppelte Flügeltüren beidseitig öffnen lassen."</p>
<p>Porte du milieu</p> 	<p>(GIRARD, GIRARD 1992 : 17) « La porte était réservée aux pères. »</p> <p>(NAGEL, URBAN 2005 : 75) "Die Türen unterscheiden sich untereinander, bedingt durch die Kartäuserhierarchie in ihrer Größe. T1, die ursprüngliche Tür der Fratres vor der Erweiterung 1372, ist schmaler und schlägt einseitig nach rechts auf, im Gegensatz zu T2 und T3, die sich durch doppelte Flügeltüren beidseitig öffnen lassen."</p>
<p>Porte est vers cloître</p> 	<p>(GIRARD, GIRARD 1992 : 17) « La porte était réservée au célébrant. »</p> <p>(NAGEL, URBAN 2005 : 75) "Die Türen unterscheiden sich untereinander, bedingt durch die Kartäuserhierarchie in ihrer Größe. T1, die ursprüngliche Tür der Fratres vor der Erweiterung 1372, ist schmaler und schlägt einseitig nach rechts auf, im Gegensatz zu T2 und T3, die sich durch doppelte Flügeltüren beidseitig öffnen lassen."</p>

<p>Tombeau d'Audouin Aubert</p>	<p>(SOUMILLE 1743 : 2560) « On peut mettre au nombre des grands bienfaiteurs, le cardinal Audouin Aubert, limousin, autre neveu d'Innocent VI [...]. Il mourut le 10 mai 1363 et fut inhumé dans la chapelle S. Michel. »</p>
	<p>(PONS 1868 : 61) « Note IV. Audouin Alberti, ou Aubert, [...] choisit sa sépulture dans la Chartreuse de Villeneuve-lez-Avignon, sous une tombe placée au milieu du chœur, et tournée vers le tombeau de son oncle. Il défendit d'écrire, quoique ce soit sur la pierre de son tombeau, excepté ces quelques mots, sur la circonférence : « Ici gisent, sous cette pierre les entrailles d'Audouin, en son vivant, évêque d'Ostie. »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 7) « 10 mai 1363 – Mort du cardinal-prêtre Audouin Aubert évêque d'Ostie et neveu d'Innocent VI. [...] Il est enseveli dans le chœur des Pères, tourné vers son oncle. »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 27) « On trouvait aussi dans le cœur des Pères le tombeau du cardinal-prêtre Audouin Aubert évêque d'Ostie et neveu d'Innocent VI, mort le 10 mai 1363. Ce tombeau était tourné vers celui de son oncle. »</p>
	<p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 345) « Les figures en haut relief qui paraient la cuve du tombeau d'Audouin Aubert sont délicatement détachées, au ciseau, de leur support, [...]. »</p>
<p>Peinture Cesare Gennari <i>La Nativité</i></p> 	<p>(SOUMILLE 1744a : 25) « Il y a dans le chœur [...]. Les trois du côté de l'évangile, qui sont de l'école lombarde, représentant l'un la <i>Nativité de N. S.</i> [...]. »</p>
	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] au dessus de laditte boiserie, [...] du côté de l'évangile sont de l'école lombarde, l'un représente la <i>Nativité de Notre Seigneur</i> [...]. »</p>
	<p>(DE BROSSES 1858 : 18) « dans le chœur des pères, deux grands tableaux de l'école de Lombardie, représentant deux <i>Adorations</i>, l'une <i>des rois</i>, [...]. »</p>
	<p>(Anonyme 1896 : 30) « [à la Collégiale] Dans la chapelle des Fonds baptismaux, la <i>Nativité</i> (école Lombarde). »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 27) « A gauche de l'autel : la <i>Nativité</i> [...] Tous trois de l'école lombarde. »</p>
	<p>(AMARGIER et al. 1988 : 184-185) « [...] les chartreux de Villeneuve lez Avignon passèrent commande à Cesaro Gennaro de trois grandes compositions, une <i>Annonciation</i>, une <i>Nativité</i> et une <i>Adoration des Mages</i>, somptueuses toiles colorées, sensibles, narratives. »</p>
	<p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Les réserves du musée [municipal de Villeneuve] renferment de nombreuses œuvres de qualité. Parmi celles-ci, citons les trois toiles de Cesaro Gennaro. »</p>
	<p>(SOUMILLE 1744a : 25) « Il y a dans le chœur [...]. Les trois du côté de l'évangile, qui sont de l'école lombarde, représentant [...] l'<i>Adoration des Mages</i> [...] ».</p>

<p style="text-align: center;">Peinture Cesare Gennari <i>L'Adoration des Mages</i></p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] au dessus de laditte boiserie, [...] du côté de l'évangile sont de l'école lombarde, [...] l'autre <i>l'Adoration des mages</i> par Caesar Génard [...] ».</p> <p>(DE BROSSES 1858 : 18) « dans le chœur des pères, deux grands tableaux de l'école de Lombardie, représentant deux <i>Adorations</i>, [...] l'autre <i>des pasteurs</i> »</p> <p>(Anonyme 1896 : 30) « [à la collégiale] Dans la chapelle St Pons, l'<i>Adoration des Mages</i> (école lombarde). »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 27) « A gauche de l'autel : [...] <i>Les rois Mages</i>. [...] Tous trois de l'école lombarde. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 184-185) « [...] les chartreux de Villeneuve lez Avignon passèrent commande à Cesaro Gennaro de trois grandes compositions, une <i>Annonciation</i>, une <i>Nativité</i> et une <i>Adoration des Mages</i>, somptueuses toiles colorées, sensibles, narratives. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Les réserves du musée [municipal de Villeneuve] renferment de nombreuses œuvres de qualité. Parmi celles-ci, citons les trois toiles de Cesaro Gennaro ».</p>
<p style="text-align: center;">Peinture Anonyme <i>La Présentation au temple</i></p> 	<p>(SOUMILLE 1744a : 25) « Il y a dans le chœur [...]. Les trois du côté de l'évangile, qui sont de l'école lombarde, représentant [...] et <i>la Présentation de J. C. au temple</i> [...]. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] au dessus de laditte boiserie, [...] du côté de l'évangile sont de l'école lombarde, [...] et le troisième <i>la Présentation de Jésus Christ au temple</i>. »</p> <p>(Anonyme 1896 : 15) « <i>La Présentation de Jésus au Temple</i>, tableau de l'école lombarde. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 27) « A gauche de l'autel : [...] <i>La Présentation de Jésus au Temple</i>. Tous trois de l'école lombarde. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Deux tableaux du musée sont restés dans la chapelle de l'hospice, [...] et <i>la Présentation au Temple</i> d'un peintre bolonais. »</p>
<p style="text-align: center;">Peinture Joseph Gabriel Imbert (dit frère Imbert) <i>Compassion de la sainte Vierge</i></p> <p style="text-align: center;">PERDU</p>	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « Du cotté oposé il y a [...] et les deux autres représentant [...] et <i>la Compassion de la Sainte Vierge</i>, peint[s] par un frère chartreux de ladite maison nommé Imbert de Marseille, ces trois tableaux sont forts haut[s] et remplissent depuis le haut des stales presque jusqu'à la voûte. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 27) « A droite de l'autel : <i>la Compassion de la Vierge</i>, du frère Imbert. »</p>

<p style="text-align: center;">Peinture Jacques Blanchard <i>Baptême du Christ</i></p> <p style="text-align: center;">PERDU</p>	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] et entre les trois grands tableaux du côté de l'épître, il y en a deux petits, l'un représentant le <i>Baptême [...] de Jésus Christ</i>, peint par un peintre de Lion nommé Blanchard. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 27) « Entre ces tableaux [à droite de l'autel] : <i>Baptême</i> de Blanchard de Lyon. »</p>
<p style="text-align: center;">Peinture Joseph Gabriel Imbert (dit frère Imbert) <i>La Fuite en Egypte</i></p> 	<p>(SOUMILLE 1744a : 25) « Ceux du côté opposé son [...] et les deux autres représentent la <i>Fuite en Egypte [...]</i>. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « Du cotté oposé il y a [...] et les deux autres représentant la <i>Fuite en Egipte [...]</i> peint[s] par un frère chartreux de ladite maison nommé Imbert de Marseille, ces trois tableaux sont forts haut[s] et remplissent depuis le haut des stales presque jusqu'à la voûte. »</p> <p>(Anonyme 1792) « Dans la troisième chapelle [Annonciation ?] nous y avons trouvé : deux autres petits fort dégradés, avec cadre peint en noir [...], l'autre représentant la <i>fuite en Egypte</i>. »</p> <p>(Anonyme 1896 : 15) « <i>La Fuite en Egypte</i>, tableau peint par le Fr. Imbert, chartreux de Villeneuve. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 27) « A droite de l'autel : <i>la Fuite en Egypte</i>, du frère Imbert. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 188) « Le frère Imbert ne fut pas seulement un talentueux copiste. Il était capable d'élaborer de puissantes compositions, telle <i>La fuite en Egypte [...]</i>. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Deux tableaux du musée sont restés dans la chapelle de l'hospice, la <i>Fuite en Egypte</i> du frère Imbert [...] ». »</p>
<p style="text-align: center;">Peinture Jacques Blanchard <i>Tentation du Christ</i></p> <p style="text-align: center;">PERDU</p>	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] et entre les trois grands tableaux du côté de l'épître, il y en a deux petits, [...] et l'autre la <i>Tentation de Jésus Christ</i>, peint par un peintre de Lion nommé Blanchard. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 27) « Entre ces tableaux [à droite de l'autel] : <i>Tentation</i> de Blanchard de Lyon. »</p>
	<p>(SOUMILLE 1744a : 25) « Ceux du côté opposé son sa <i>Dispute avec les docteurs dans le temple</i> de Nicolas Mignard [...]. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « Du cotté oposé il y a [...] l'un représentant <i>Jésus Christ au milieu des docteurs au temple</i>, peint par Nicolas Mignard [...] peint[s] par un frère chartreux de ladite maison nommé Imbert de Marseille, ces trois tableaux sont forts haut[s] et remplissent depuis le haut des stales presque jusqu'à la voûte. »</p>

Peinture
Nicolas Mignard
Jésus au Temple



(GUIRAUD et al. 1791)

« Du côté opposé il y a [...] l'un représentant *Jésus Christ au milieu des docteurs au temple*, peint par Nicolas Mignard [...] peint[s] par un frère chartreux de ladite maison nommé Imbert de Marseille, ces trois tableaux sont forts haut[s] et remplissent depuis le haut des stales presque jusqu'à la voûte. »

(FORMIGE 1909 : 27)

« A droite de l'autel : *Jésus au milieu des docteurs* de Mignard. »

TOUR DE LA CLOCHE

	<p>(FORMIGE 1909 : 8) « 1511 – Fonte de la cloche de l'église. »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 9) « 1551 – Construction de l'horloge du beffroi de l'église. »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 28) « En haut du pignon de l'église se trouvait une horloge qui sonnait au-dedans de la nef mais dont le cadran était à l'extérieur sur la façade. »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 29) « Cette tour est couronnée par un beffroi dont la partie haute est détruite : les cloches en furent dirigées sur Beaucaire et probablement fondues. La partie basse a conservé sa cloche qui porte une inscription et la date de 1511. Dans la tour se trouve une horloge à poids de 1551 (datée sur l'un des montants) et qui marche parfaitement encore. »</p>
	<p>(SONNIER 1963 : 167) « A l'angle nord-ouest fut édifée une tour carré surmontée d'un beffroi où subsistent une cloche de 1511 et une horloge de 1551. »</p>
	<p>(NAGEL, URBAN 2005 : 40-41) « Neben der Kirche wurde ein Glockenturm errichtet. Glockentürme sind für Kartäuserklöster sehr ungewöhnlich. In der Regel besitzen sie höchstens Dachreiter als Glockenstuhl, da die Kartäuser als Reformorden die mönchische Askese in vollem Umfang auf ihre Ordensarchitektur übertragen. Mühlberg beschreibt als besondere Merkmale der Kartäuserkirchen: „querschifflose Einschiffigkeit, polygonaler Chorschluss, Scheidung von Konvent- und Konversenchor durch Kreuzgangelletner und Chorbogen (...), Fremdenempore und Turmlosigkeit“. Die Grundform der Kartäuserkirche wird als „Gebetsscheune“ bezeichnet. Normalerweise befand sich ein Kartäuserkloster nicht in der Nähe einer Ansiedlung, so dass die Glocke nur innerhalb des Klosters gehört werden musste. „Ähnlich wie die Zisterzienserkirchen kannten auch die Kartäuser bei ihren Kirchen keine gemauerten Glockentürme. Sie begnügten sich mit ganz einfachen Dachreitern und mit kleinen Glocken, die für die Ordensfamilie genügten.“ Der Turm stand wohl zunächst neben der Kirche und bildete die südwestliche Ecke des kleinen Kreuzgangs. Innerhalb des Turms befindet sich eine Wendeltreppe, die auf das Dach der Kirche führt. Die ursprüngliche Kirche scheint vom angrenzenden Kardinalspalast vollständig abgesetzt gewesen zu sein, da die Verbindung wohl erst durch die spätesten Anbauten zustande kam.“</p>
	<p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 345) « Il y avait deux clochers : [...] ; l'autre, accolé à l'angle nord-ouest de sa première travée, donnant accès aux terrasses par un escalier en vis, et plus tard englobé dans l'extension de l'église ». « [...] du XVI^e siècle, l'installation, sur le clocher de l'église, d'une horloge pour laquelle on aménage une cage contenant la descente des contrepoids. Son mécanisme existe encore et porte, gravée sur l'un des montants métalliques, la date 1551. [...] La machine actionnait un marteau frappant l'heure sur une cloche datée 1511. »</p>

SANCTUAIRE	
	(PONS 1868 : 24) « Celle [voûte] du sanctuaire surtout est une splendide croisée d'ogives, à six branches. »
Dallage	(PONS 1868 : 24-25) « Tout ce sanctuaire [...] est pavé en marbre bleu et blanc dont les carreaux disposés en échiquier et alternant pour la couleur ont chacun un pied carré. »
<p>Maître-autel</p> 	(SOUMILLE 1744a : 22-23) « Le maître autel peut être mis au nombre de ceux qu'on nomme à la Romaine ; on en fait le tour pour les encensemens, & il est sans aucun tableau. On y voit qu'un grand tabernacle, orné de petites colonnes, et placé sous un arc doubleau, chargé d'une corniche corinthienne avec son attique, soutenu de colonnes du même ordre, espacées tout autour du sanctuaire. »
	(GUIRAUD et al. 1791) « Que le maître-autel est à la romaine, tout en marbre et sans aucun tableau. »
	(TAYLOR, NODIER, CAILLEUX 1837 : 61-62) « Elle [chartreuse] renfermoit un très-beau tombeau de style ogival, celui de son fondateur qui, après l'avoir élevée de ses deniers particuliers, avoit bien le droit d'y reposer. [...] Enfin, il avoit été pape, et ses dépouilles mortelles devoient subir le sort de celles des héros et des rois ; elles furent retirées de son tombeau et dispersées. A l'époque où les bâtiments de la chartreuse furent vendus, quelques débris de ce monastère échurent à un pauvre paysan de Villeneuve, et avec ces débris le tombeau d'Innocent VI. Le paysan s'est fait un bahut du tombeau qu'il a enfoncé ; la statue du pontife a été horriblement mutilée ; les petites statuettes d'albâtre qui ornoient le mausolée, ont été vendues ; le monument tout entier lui-même semble avoir échappé par miracle à une destruction complète. Le tombeau d'Innocent VI est de ce gothique élégant dont le Nord offre de si beaux modèles ; et si l'ignorance ne l'eût réduit à un triste état de ruine et de dégradation, il rivaliseroit avec les tombeaux de l'église de Brou, de Vérone et les admirables mausolées de l'Allemagne au moyen âge. A l'époque où nous l'avons dessiné, il devoit être transporté dans l'église de l'Hôpital. Nous désirons bien vivement qu'il n'ait pas souffert de ce changement, et que la restauration à laquelle il a dû être soumis ait été faite avec cette délicatesse et ce goût qu'exige la rare élégance du style du XIV ^e siècle. »
	(DE BROSSES 1858 : 18) « L'église [...]. L'autel, [...] sont tout de marbre. »
	(PONS 1868: 24) « Quant à l'autel, que peut-on en dire qui ne soit au-dessous de sa valeur, soit pour la matière, soit pour le travail ? Quoi de plus heureux comme inspiration que son beau tabernacle se détachant, en blanche coquille, et sous un arc-doubleau de jaspe, du calvaire qui couronne le monument de sa croix élancée ? Le Christ sculpté dans son tombeau vous saisit à la première vue ; et quelle profusion ensuite de vert antique, de jaspes et d'autres marbres précieux ! »
	(Anonyme 1896 : 29) « Un maître-autel très riche, provenant de la Chartreuse, [...] »

(FORMIGE 1909 : 26-27)

« L'autel était à la romaine, tout en marbre avec des bronzes dorés et sans tableau : on l'a transporté maintenant à Saint-Pons (ainsi que six autres qui proviennent aussi de l'église de la Chartreuse). Il est figuré sur le plan de 1722. La coloration des marbres en est fort riche. Le tabernacle est enchâssé dans une sorte de coquille en rocaille surmontée de rochers qui supportent la croix au pied de laquelle sont des enfants. A droite et à gauche du gradin supérieur de l'autel, se trouvent deux anges agenouillés. Le gradin inférieur de l'autel était décoré de quatre grands chandeliers de bronze qui furent avec la croix qui dominait l'autel envoyés à la Monnaie de Montpellier pendant la Révolution. Mais ce qui est remarquable, c'est le grand Christ au tombeau qui orne le devant de la table d'autel. Il est d'un réalisme saisissant, tant par l'attitude générale que par la science anatomique. On raconte dans le pays qu'un membre de l'Institut en aurait dit : « c'est la manière de Michel Ange ». Quoi qu'il en soit, cet autel, privé de la croix qui le couronnait, de ses chandeliers de bronze, de la porte du tabernacle, et transporté là hors de son cadre garde encore une allure de premier ordre. L'abbé Soumille ajoute que « le tabernacle de l'autel est orné de petites colonnettes et placé sous un arc doubleau chargé d'une corniche corinthienne, avec son attique soutenu de colonnes du même ordre espacées tout autour du sanctuaire ». Il doit s'agir d'une sorte de dais de marbre dans le genre de celui de Saint-Pierre de Rome. Et les deux colonnes de marbre rouge qui sont derrière l'autel à Saint-Pons en proviennent peut-être. »

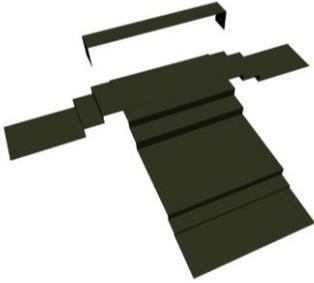
(VALLA 1991 : 199)

« Au fond de son abside, [...] au-dessous de la fenêtre, le maître-autel : celui-là même que l'on peut voir aujourd'hui à l'église paroissiale. »

(VALLA 1991 : 254-256)

« Cet autel, qui remplaça, à la Révolution, l'autel de 1746 vendu en l'an XII, au prix de cinq cents francs, est vraiment la merveille du chœur. Ne parlons pas de ses marbres incomparables, répandus à profusion et où dominant le vert antique, le jaspé de Sicile, le jaune de Sienne, etc. ; ne parlons pas du calvaire qui le surmonte, des anges adorateurs posés sur les gradins supérieurs, des figurines en forme de consoles qui ornent et soutiennent sa table d'autel ; ne parlons pas de son tabernacle : vaste coquille aux volutes gracieuses, dont un vandale de curé a si malencontreusement transformé la porte ; ne parlons même pas du style de l'ensemble : un style qui semble avoir été fait pour les grandes pompes du culte et qui permet aux ornements dont on charge alors l'autel de rendre ce dernier plus monumental, impressionnant même, vu de quelques pas, au lieu de l'écraser. Non, n'en parlons pas ; quelque valeur qu'aient tous ces divers avantages, ils s'effacent bien vite devant le Christ au tombeau qui décore la table d'autel. Quelle vérité dans la pose ! Quelle vigueur de relief et d'expression ! Quelle science d'anatomie ? Je remarque à ce sujet, que le côté droit du corps est légèrement plus fort que le côté gauche ; c'est l'effet – parfaitement rendu – de la position qui amène là le sang et les humeurs. [...] (note de bas de page : On sait encore que généralement le côté droit est un peu plus développé que le côté gauche. [...]). [...] On raconte [...] fixer la provenance du monument, s'écria : « C'est la facture de Michel-Ange ! ». Cet autel qui n'est autre que l'ancien maître-autel de la

	<p>Chartreuse (note de bas de page : « M. Guiraud, père, fit poser à ses frais, dans l'église paroissiale, « le maître-autel de l'ancienne Chartreuse ») (note de bas de page : sept sur onze nous viennent d'elle) aurait été, d'après une tradition, sculpté et acheté en Italie. [...] Avant la Révolution, il était, me dit-on, surmonté d'une fort belle croix « de bronze et or moulu » et orné de quatre magnifiques chandeliers en bronze : le tout fut envoyé, par ordre du gouvernement, à la Monnaie de Montpellier, et converti en numéraire, et pour que l'autel ne restât point nu, un chartreux, le P. Ange Fornier, qui s'était fait une réputation dans les travaux en carton-pierre, confectionna quatre chandeliers de cette manière, qui prirent la place des chandeliers de bronze. Ce sont ces quatre chandeliers, auxquels on en adjoint deux autres en bois, vers 1820, qui ornent aujourd'hui l'autel. D'ailleurs, bien que dépouillé de sa riche parure, cet autel fait toujours l'admiration des artistes. Pourquoi faut-il que l'on ait eu la malencontreuse idée de placer en arrière les deux colonnes en marbre rouge qui le dominent et qui, pour être fort belles (elles valent, dit-on, cinq mille francs l'une), n'en produisent pas moins un effet disgracieux, avec leurs deux petits bonhommes assis au sommet. « Il y avait un trou à boucher ! » ? Soit ; mais puisqu'il est entendu que l'autel représente un calvaire, pourquoi n'avoir pas placé, à côté de la croix, préalablement surélevée d'un mètre, et sur des piédestaux, les statues de la Vierge et de saint Jean : les personnages classiques de tout Calvaire ? Ainsi le tableau aurait été complet et le fameux trou bouché. »</p>
	<p>(GIRARD 1924 : 79) « Salle du Moyen-Age. 150 K. Duparc (Antoine), Marseille 1675, décès Coutances 1755. Christ mort, bas-relief, terre cuite, maquette de l'autel de l'église de Villeneuve (C.II, 46). »</p>
	<p>(AMARGIER et al. 1988 : 190) « Antoine Duparc sculpta en 1745 un nouveau maître-autel, actuellement à la collégiale Notre-Dame de Villeneuve lez Avignon. Le christ gisant, d'un réalisme saisissant, perpétuait la tradition funéraire de ce sanctuaire. »</p>
	<p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Sont déposées dans la collégiale Notre-Dame, église paroissiale, des œuvres en provenance de la chartreuse : le maître-autel d'Antoine Duparc de 1745, [...]. »</p>
	<p>(NAGEL, URBAN 2005 : 71) "1745 ein neuer Altar von Antoine Duparc."</p>
	<p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 316) « Antoine Duparc, [...] dessine et sculpte en 1745 l'autel en tombeau de la chapelle majeure avec, en bas relief, le Christ mort en marbre de Carrare se détachant sur le contrefond de marbre noir de la face du tombeau. [...] L'un des morceaux les plus remarquables de cet autel est le Golgotha de marbre de Carrare surmontant le tabernacle. Deux angelots éplorés accostent la croix sommitale. [...]. »</p>
	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « l'autel est surmonté d'une croix de bronze en or moulu et de quatre candélabres en bronze. »</p>

<p style="text-align: center;">Candélabres</p> 	<p>(VALLA 1991 : 255-256) « Avant la Révolution, il était, me dit-on, [...] et orné de quatre magnifiques chandeliers en bronze : le tout fut envoyé, par ordre du gouvernement, à la Monnaie de Montpellier, et converti en numéraire, et pour que l'autel ne restât point nu, un chartreux, le P. Ange Fornier, qui s'était fait une réputation dans les travaux en carton-pierre, confectionna quatre chandeliers de cette manière, qui prirent la place des chandeliers de bronze. Ce sont ces quatre chandeliers, auxquels on en adjoint deux autres en bois, vers 1820, qui ornent aujourd'hui l'autel. »</p>
<p style="text-align: center;">Tapis d'autel</p> 	<p>(Anonyme, 1787 env.) « Le grand tapis vert fait à Arbuissou (sic) pour couvrir le pavé du sanctuaire et les degrés de l'autel a été acheté le 30 juin 1787 et a servi pour la première fois le 15 août de ladite année, sa largeur est de 16 aunes un quart ce qui fait 16 # l'aune 260#. » « Les petits [tapis] du grand autel [...] sont de la même fabrique [Arbuissou] et ont été achetés ladite année 1787, 15 août, en tout 13 aunes à 16# montant 280#. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « Huit tapis de différentes grandeurs pour les marches-pieds d'autel. »</p>
<p style="text-align: center;">Plaquages de marbre</p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « les murailles du sanctuaire incrustées en marbre. »</p> <p>(ROUX 1961 : 33) « [...] fut descellé ainsi que les plaques de marbre incrustées dans les murs et le tout disparut dans laisser de traces. »</p>
<p style="text-align: center;">Machine</p>	<p>(SOURNIA, VAYSETTES 2006 : 301) « La Valfenière fournit à lui seul à l'église, entre 1627 et 1636, au moins trois retables ou « machines » enchâssant de grands tableaux. [...] » « Le sanctuaire était entièrement habillé, sur les cinq faces de son polygone, d'une machine dessinée par « noble Francoys de Royers, sieur de La Valfenière, directeur dudit ouvrage », réalisée entre 1628 et 1631. »</p>
	<p>Restitution d'après des modèles contemporains.</p> <p>(SOUMILLE 1744a : 24-25) « Celle [lampe] qui est dans le sanctuaire. On peut dire que c'est une des plus belles pièces qu'il y ait en ce genre. Elle a cinq pieds et demi de circonférence et environ deux pieds de hauteur, pesant cent vingt marcs. Le travail en est autant & plus estimé que la matière. Outre six têtes de chérubins, adossées autour du cul de lampe, et six génies au-dessus des festons, de la dernière beauté, il y a trois grands termes parfaitement bien exécutés ; où sont attachées les trois</p>

<p style="text-align: center;">Lampe</p> 	<p>chaînes de trente-deux pouces de long, entremêlées de globes et de festons de grande délicatesse. Elle est de la façon du fameux Vinay, ancien orfèvre d'Avignon, que ses ouvrages ont immortalisé. Cette lampe, autant pour la beauté du travail que pour la matière est estimée plus de dix mille livres. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 27) « Des lampes d'argent dont une de Vinay orfèvre célèbre d'Avignon. »</p> <p>(VALLA 1991 : 202) « Plusieurs lampes en argent, dont la plus belle était de Vinay, célèbre orfèvre d'Avignon, d'une valeur de dix mille francs. »</p>
<p style="text-align: center;">Cathèdre</p> 	<p>Restitution d'après la cathèdre de la chapelle conventuelle de la chartreuse de Valbonne (photo fournie par Alain Girard).</p> 
<p style="text-align: center;">Rideaux des baies</p> 	<p>(Anonyme, 1787 env.) « Le 9 avril 1784 on a mis aux grandes fenêtres du sanctuaire les rideaux vert florence, ils ont 10 pieds de large la fenêtre du milieu a 13 pieds 5 pouces de haut sur 10 pieds 2 pouce de large, les deux autres de côté ont 15 pieds et 2 pouces et demi de haut sur 4 pieds et 5 pouces de large. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] que les rideaux d'étoffe de soye verte qui se trouvent soit aux fenêtres de ladite église, [...] pour veiller à la conervation de tout et les représenter ce qu'ils ont promis de faire [...]. »</p>
<p style="text-align: center;">Rideaux des tableaux</p>	<p>(Anonyme, 1787 env.) « Les rideaux vert florence comme ceux du sanctuaire [...]. de même que ceux de <i>la Visitation</i> et de <i>l'Annonciation</i>, qui sont <i>la Visitation</i> de Champagne l'oncle et le second du Guerchin, [...]. Les rideaux sont de la même étoffe et mis le même jour. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 185) « [...] Le jour de l'Annonciation, les deux tableaux de l'abside étaient découverts pour marquer la festivité. »</p>

	
<p>Barrière de communion = table de communion</p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « Le balustre qui sépare le sanctuaire d'avec la nef est en fer. »</p> <p>Restitution d'après la barrière de communion de la chapelle de l'Hôpital de Pont-Saint-Esprit (photo fournie par Alain Girard).</p> 
<p>Table de communion = barrière de communion = balustrade</p> 	<p>Restitution d'après la table de communion de l'église Saint-Christophe de Lasbordes fabriquée en 1718 par Maignan.</p>  <p>(DE BROSSES 1858 : 18) « [...] et la balustrade sont tout de marbre. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 27) « La table de communion était en marbre rouge veiné : on suppose que c'est celle qu'on voit à Pujaut. Elle figure sur le plan de 1722. »</p> <p>(VALLA 1991 : 202) « une magnifique table de communion en marbre rouge veiné, qui se trouve, dit-on, actuellement à Pujaut. »</p>
<p>Piscine</p>	<p>(PONS 1868 : 13) « [...] Mais on connut bientôt son [Innocent VI] intention de reposer dans le chœur de la Chartreuse, sous la piscine, et assez près du maître-autel, à l'épître, [...]. »</p>
<p>Abside</p>	<p>(SOUMILLE 1744a : 22) « La voûte du sanctuaire est en pied d'araignée, ou plutôt c'est une croisée d'ogives à six branches. »</p> <p>(VALLA 1991 : 199) « Au fond de son abside, aujourd'hui disparue, il y avait une splendide fenêtre ogivale à six branches : ce qui a peut-être hâté sa ruine. »</p>

	<p>(VALLA 1991 : 202) « [...] dont le sanctuaire était entièrement incrusté de marbre : murs et pavé. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 26) « Il [chœur des Pères] était éclairé du côté de l'abside par quatre fenêtres dont l'une peut être aveuglée par le clocher. »</p> <p>(SONNIER 1963 : 167) « Elle [église] ne comprit d'abord [...] et une abside à cinq pans détruite en grande partie à la Révolution. »</p>
<p style="text-align: center;">Peinture Cesare Gennari L'Annonciation</p> 	<p>(SOUMILLE 1744a : 23) « [...] et l'autre une <i>Annonciation</i> du Guerchin, disciple des Carrache. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] & l'autre une <i>Annonciation</i>, ce dernier venu d'Italie et de l'école lombarde, il nous a été observé que M. Vernet, fameux peintre, avoit dit que ce tableau étoit du Guérin, disiple du Garache. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 27) « Dans le sanctuaire : <i>l'Annonciation</i> de Gennaro neveu de Guerchin. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 184-185) « [...] les chartreux de Villeneuve lez Avignon passèrent commande à Cesaro Gennaro de trois grandes compositions, une <i>Annonciation</i>, une <i>Nativité</i> et une <i>Adoration des Mages</i>, somptueuses toiles colorées, sensibles, narratives. » « [...] Le jour de l'Annonciation, les deux tableaux de l'abside étaient découverts pour marquer la festivité. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Les réserves du musée [municipal de Villeneuve] renferment de nombreuses œuvres de qualité. Parmi celles-ci, citons les trois toiles de Cesaro Gennaro. »</p>
<p style="text-align: center;">Peinture Philippe de Champagne Visitation</p> 	<p>(SOUMILLE 1744a : 23) « [...] l'un est une <i>Visitation</i> de Champagne. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] l'un représente la <i>Visitation</i> peint par Champagne. »</p> <p>(DE BROSSES 1858 : 18) « A gauche de l'autel est une <i>Visitation</i> de Champagne. »</p> <p>(Anonyme 1896 : 30) « [à la collégiale] Dans la chapelle de la Ste Vierge, la <i>Visitation</i> de Philippe de Champagne. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 27) « Dans le sanctuaire : la <i>Visitation</i> de Champagne. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 184-185) « <i>La Visitation</i>, et [...] qui lui [Philippe de Champagne] est attribué, proviennent du Val-de-Bénédiction ; ils sont conservés au musée municipal de Villeneuve lez Avignon. » « [...] dans la <i>Visitation</i>, Philippe de Champagne se soumit à un goût du Beau idéal affirmé au dépens du réalisme, ou qu'il y représentât sa fille et la vieille religieuse qui l'avait soignée. [...] » « [...] Le jour de l'Annonciation, les deux tableaux de l'abside étaient découverts pour marquer la festivité. »</p>

Peinture Enguerrand Quarton <i>La Piéta</i>	<p>(MERIMÉE 1835 : 162-163)</p> <p>« J'ai vu dans cette église [de Villeneuve] une fort belle <i>descente de croix</i> d'un maître italien ; je serais tenté de l'attribuer au Bellin : la couleur est magnifique, et le dessin, pour être un peu raide, ne manque ni de grandeur ni de vérité ; malheureusement on l'a placé dans une chapelle si obscure, qu'on a toutes les peines du monde à l'examiner. »</p>
	<p>(TAYLOR, NODIER, CAILLEUX 1837 : 62)</p> <p>« Toutefois, il faut s'y arrêter [église de Villeneuve] pour admirer une <i>Descente de croix</i> qu'on y a placée dans une chapelle, et qui probablement est due au pinceau d'un maître italien. Cette peinture, d'un très-beau caractère de dessin, a cette naïveté, cette élégance et cette noblesse qui rehaussent si éminemment les maîtres de l'école native de la merveilleuse Italie, et il faut bien le dire, de l'Allemagne, de la Flandre et de l'Espagne. Nous ne croyons pas que ce tableau soit peint à l'huile ; il est probable que le vernis qui le couvre y a été appliqué dans le XVIII^e siècle. »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 27)</p> <p>« Dans le sanctuaire : la <i>Piéta</i> (maintenant au Louvre) qui fut admirée de Véronèse. On l'attribuait à Jean Bellin, mais maintenant on croit plutôt qu'elle est due à l'école de Nicolas Froment sinon à lui-même. En tout cas, c'est un admirable chef-d'œuvre. »</p>

CLOCHER

(FORMIGE 1909 : 29)

« Il est actuellement rasé et on n'en voit les restes de fondations assez vagues. La gravure aux armes de Benoît XIV et celle conservée à la Bibliothèque Nationale figurent toutes deux ce clocher avec des crochets : il était donc de l'époque gothique. La tour et la flèche étaient carrées. Dans les archives des Chartreux, à la mairie de Villeneuve, nous avons trouvé deux croquis de clocher, dont la flèche gothique à crochets est carrée et dont le bas est rhabillé dans le goût du XVIII^e siècle. Il est probable qu'il s'agit là du clocher dont nous parlons. Enfin, il est aussi probable que ce clocher placé sur l'axe de la nef principale ne joignait pas l'abside, car nous savons que cette dernière était éclairée par des fenêtres dont on voit le commencement en arrachement. »

(SONNIER 1963 : 167)

« [...] détruit en grande partie à la Révolution ainsi que le clocher qui l'accompagnait, clocher carré couronné d'une flèche comme semblent l'indiquer des documents du XVIII^e siècle. »

(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 212)

« Il y avait deux clochers : l'un au-dessus de la sacristie, que nous ne connaissons que par les vues anciennes de la chartreuse ; [...]. »

CHAPELLE DE LA TRINITE

(HENSCHENIUS et al. 1685 : 90)

Texte en latin.

(MARTENE, DURAND 1717 : 282)

« Celuy [le tombeau] d'Innocent VI est aux chartreux de Villeneuve, qui le reconnoissent pour leur fondateur. Il voulut y être enterré sous la piscine, ce qui n'a pas empêché qu'on ne lui ait érigé un fort beau monument dans la chapelle prochaine, aussi bien qu'au cardinal son neveu. »

(SOUMILLE 1744a : 26-27)

« Au côté droit de l'église, en dehors, sont quatre chapelles attenantes, pour la commodité des religieux, dont la première auprès du sanctuaire, renferme le tombeau du fondateur. Cet ouvrage est sans contredit, ce qu'il y a de plus beau dans la chartreuse. Il est d'un goût gothique, tout construit d'une belle pierre blanche, qui approche le marbre. La figure d'Innocent VI y est couchée sur une espèce de lit, élevée de cinq pieds. Six piliers soutiennent, à six pieds de hauteur, une espèce de voûte qui sert de couvert, et au-dessus de la voûte sont quantité de pyramides, chargées de feuillages, entremêlées de petites figures humaines sous des arceaux ; et au-dessus de celles-ci il y en a d'autres plus petites avec d'autres figures. Tout le travail est d'une extrême beauté. L'ouvrage entier peut avoir vingt-sept pieds de hauteur. »

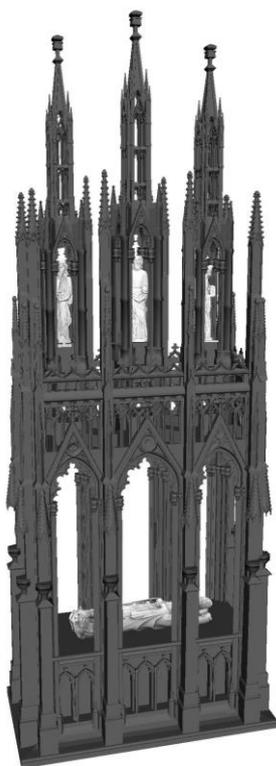
(GUIRAUD et al. 1791)

« De ladite église nous sommes entrés dans la première chapelle à côté du sanctuaire, nous y avons vû le tombeau du pape Innocent VI fondateur de ladite chartreuse en 1356. Ce tombeau est d'un goût gothique construit d'une belle pierre blanche qu'on croit être de la carrière de Perne dans le Comtat, la figure de ce pape est en marbre blanc, et couché[e] sur une espèce de lit élevé de cinq pieds, ce tombeau est couvert par une voûte soutenue par six piliers de la hauteur de six pieds, au dessus de cette voûte sont quantité de pyramides chargés de feuillages entre mellées, de petites figures humaines sous des arceaux et au dessus de celles cy il y en a d'autres plus petites avec d'autres figures. Ce tombeau en entier peut avoir vingt sept pieds de hauteur. »

(MERIMEE 1835 : 161-162)

« Je suis allé aujourd'hui à Villeneuve visiter le tombeau gothique d'Innocent VI. La chartreuse où il était renfermé a été vendue par parties, à l'époque de la révolution, et le tombeau, compris dans un des lots, se voit aujourd'hui dans une mesure appartenant à un pauvre vigneron. Des tonneaux, des troncs d'olivier, des échelles énormes sont entassés dans le petit réduit où se trouve le mausolée. Je ne comprends pas comment, en déplaçant toutes ces choses, on n'a pas mis en pièces ces clochetons si fragiles, ces colonnettes et ces feuillages si légers et si élégans. Rien de plus svelte, de plus gracieux, de plus riche que ce dais de pierre. Autrefois un grand nombre de statues d'albâtre ornaient le soubassement ; elles ont été vendues une à une ; de plus, le propriétaire de la mesure a défoncé ce soubassement pour s'en faire une armoire. La statue du pape, en marbre, a été fort mutilée ; enfin, il n'est sorte d'outrages qu'on n'ait fait subir à ce magnifique monument. Dégradé comme il est, il offre encore un des plus beaux exemples de l'ornementation gothique au XIV^e siècle.

Tombeau d'Innocent VI



	<p>Après quarante années d'oubli profond, les habitans de Villeneuve se sont avisés tout d'un coup qu'ils possédaient une espèce de trésor ; mais il a fallu, pour le leur révéler, que leurs voisins d'Avignon aient essayé de le leur enlever. [...] Au reste, l'important, c'est qu'il soit conservé, et des mesures viennent d'être prises pour qu'il soit transféré dans l'église de l'Hôpital. »</p>
	<p>(PONS 1868 : 59-60)</p> <p>« Note II. Le 12 septembre 1362, le pape Innocent VI mourut, accablé de vieillesse et d'infirmités, au moment où il se disposait à organiser une nouvelle croisade pour délivrer la Terre Sainte. Ses obsèques eurent lieu à Notre-Dame des Doms où il fut déposé pendant quelque jours, puis transporté à la Chartreuse de Villeneuve dans le magnifique mausolée que l'on connaît et sur lequel on lit cette inscription :</p> <p><i>Hic jacet Innocentius papae VI, primus findator hujus domus, qui obiit anno domini millesimo trecentesimo sexagesimo secundo : mens. Sept die duodecimâ, cujus anima requiescat in pace !</i></p> <p>Lors des guerres dites de religion, au seizième siècle, on retira son corps du mausolée et on le mit dans l'épaisseur du mur, pour le soustraire aux outrages des huguenots qui exerçaient leurs fureurs contre les reliques de toute espèce. Deux particularités. Les auteurs ne s'accordent pas sur l'époque de la translation du corps d'Innocent VI à Villeneuve.</p> <p>L'<i>Histoire du Languedoc</i>, tome IV, page 520 et note 22, page 572, fixe cette translation au 22 novembre 1362 ; Valadier, <i>oratio</i>, 7a le place au 12 septembre de la même année ; et enfin Mery, <i>Histoire de Provence</i>, tome III, dit : « à tous ces malheurs était venue s'associer une année d'une rigueur extrême, les mois de janvier, février et mars (1363) furent signalés par des calamités. Le Rhône s'arrêta les voitures purent le passer sur un pont de glace. Tous les arbres périrent. Ce long hiver retarda la translation des restes d'Innocent VI à la Chartreuse de Villeneuve, cette cérémonie funèbre ne put avoir lieu qu'à la fin du mois de mars. Elle se célébra avec la pompe la plus solennelle. Le roi Jean et Pierre de Lusignan y marchèrent en tête du sacré collège. »</p>
	<p>(COULONDRES 1876 : 133)</p> <p>« Deux mausolées : celui d'Innocent VI, fondateur de cette maison [...], placés dans les chapelles attenantes à l'église, en étaient les plus beaux ornements. »</p>
	<p>(Anonyme 1896 : 15)</p> <p>« Tombeau du pape Innocent VI, en pierre de Pernes, avec la statue du pontife en marbre blanc et diverses figures et statuettes en marbre ou en albâtre. Ce monument, souvent cité comme un chef-d'œuvre de l'art gothique au XIV^e siècle, a été transporté de l'église de la Chartreuse à l'hospice en 1835 par les soins de M. de Guiraud, maire. »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 7)</p> <p>« Fin 1362 ou commencement 1363 – Les restes d'Innocent VI sont transportés en grande pompe à la Chartreuse, en présence du roi de France Jean-le-Bon et du roi de Chypre Pierre de Lusignan à la tête du Sacré Collège. »</p> <p>« 1371 – Erection du mausolée d'Innocent VI dans la chapelle de la Sainte Trinité. »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 28)</p> <p>« C'est là [chapelle de la Trinité] qu'on éleva en 1371 le mausolée</p>

	<p>d'Innocent VI, qui y était enseveli depuis la fin de 1362 ou le début de 1363. Ce monument, actuellement à l'hospice où il fut transporté en 1385 avec les ossements du pape, est en pierre de Pernes. Bien que comparable à celui de Jean XXII à Notre-Dame des Doms d'Avignon, il lui est très supérieur comme conception et comme exécution. C'est en somme un dais de trois travées supportées par huit piliers et sous lequel repose la statue du Pape, couchée sur un socle. Les piliers étaient jadis ornés des statues des 12 apôtres, 4 de chaque côté, 2 à chaque bout, et l'ensemble se couronne par une série de pinacles : d'abord un sur chaque pilier, puis un dans l'axe de chaque travée, enfin une multitude d'autres plus petits. Le tout a environ 9 mètres de haut. [...] Ce mausolée figure sur le plan de 1722. ».</p> <p>(BONNEL 1960 : 210-222) Article entier.</p> <p>(SALET 1961 : 267-269) Article du <i>Bulletin monumental</i>, tome CXIX.</p> <p>(ROUX 1961 : 31-32) « L'ancienne Chapelle de Trinité de l'église de la Chartreuse fut partagée entre la parcelle N° 168 appartenant à Antoine Bouisse, pour la partie où était le mausolée d'Innocent VI [...]. »</p> <p>(ROUX 1961 : 33) « [...] Le tombeau d'Innocent VI eut son gisant fort abîmé et perdit les statuette de son sarcophage, avec les arcatures de son dais monumental. Seule l'utilisation de l'espace entre les quatre montants de ce dais, comme écurie à lapins par un « patriote » préposé à la surveillance des bâtiments non encore vendus nationalement, le sauva d'une destruction complète. »</p> <p>(ANTHERIEU 1961 : 59-60) Article entier.</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 169) « [...] A la fin de 1361, on mit en place un grand tombeau en pierre de Pernes, œuvre de Bertrand Nogayrol pour l'architecture, de Thomas de Tournon pour une partie de la sculpture et de Barthélémy Cavalier pour le gisant. Il fut élevé selon le modèle de celui de Jean XXII à la cathédrale d'Avignon. Le gisant en albâtre, restauré au siècle dernier, repose sur un coffre surmonté d'un monumental baldaquin gothique. Des statuette ornaient autrefois les pilastres, les pinacles et les parois du coffre. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Propriété communale inscrite à l'inventaire du musée, le tombeau d'Innocent VI a été déposé en 1959 dans la chapelle de la Sainte-Trinité, à son emplacement d'origine (avec quelques erreurs de montage). »</p>
<p>Grille de protection</p> 	<p>Restitution d'après la grille du tombeau de François II à la cathédrale de Nantes.</p> 

	<p>(SOUMILLE 1744a : 27) « Le bas [du tombeau] est entouré d'un grillage de fer à hauteur d'homme. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « Il [le tombeau] est deffendu par une grille en fer brut et sans ornemens. »</p> <p>(Anonyme 1896 : 15) « Deux grandes clefs provenant de la grille qui entourait, à la Chartreuse, le tombeau d'Innocent VI. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 28) « Lorsque ce monument [tombeau d'Innocent VI] occupait sa place primitive, une grille en fer forgé l'entourait à hauteur d'homme, mais on n'en a conservé que les clefs. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 285) « La grille de fermeture de la chapelle de la Sainte-Trinité, où se trouve le tombeau d'Innocent VI, est une mauvaise interprétation des textes mentionnant la protection qui entourait la sépulture. »</p>
<p>2^e tombeau d'Innocent VI</p>	<p>(HENSCHENIUS et al. 1685 : 90) Texte en latin.</p> <div data-bbox="603 840 981 1048" data-label="Image"> </div> <p>(BONNEL 1960 : 222) « Le deuxième tombeau, de la fin du XVI^e (?), se composait d'une simple dalle bordée d'un boudin et portant un gisant posé sur un socle sculpté en trompe-l'œil. Le gisant était la copie, en bas-relief, de la statue de 1361. La dalle était scellée contre le mur, telle qu'elle est représentée dans le dessin des <i>Propyleum</i> et au-devant de la cavité contenant les ossements. Il n'est guère possible, l'église ayant été restaurée, de déterminer avec exactitude son emplacement. On peut seulement dire que les restes du pape furent mis, à la fin du XVI^e siècle, dans une cavité ménagée dans le mur qui sépare la chapelle de la Trinité de l'abside, la dalle a dû être placée sur le mur de la dernière travée de la nef ; ce mur est troué par une large fenêtre encadrée par deux niches ouvertes à cette époque et qui permettait de voir le tombeau de l'autel. Le deuxième tombeau était peut-être situé entre les deux piliers de la travée, au-dessous de cette fenêtre et du côté de la chapelle de la Trinité, où subsiste encore un arrachement de dalle. Nous avons retrouvé, dans le petit Musée lapidaire de la Chartreuse, la partie inférieure de ce deuxième gisant que nous avons pu identifier grâce au dessin exact des <i>Propyleum</i>. »</p>
<p>Autel</p> <div data-bbox="210 1758 555 2042" data-label="Image"> </div>	<p>(Anonyme 1787 env.) « Les petits [tapis] de la Ste Trinité [...] sont de la même fabrique [Arbuisson] et ont été achetés ladite année 1787, 15 août, en tout 13 aunes à 16# montant 280#. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] l'autel est fort simple. »</p>

Peinture
Enguerrand Quarton
Le Couronnement de la
Vierge



(SOUMILLE 1744a : 27)

« Le tableau de cette chapelle est de la main de René d'Anjou, Roi de Naples et de Sicile ; il représente *la Trinité couronnant Marie*, et le purgatoire au bas. »

(GUIRAUD et al. 1791)

« Le tableau de cette chapelle représente *la Sainte Trinité couronnant la Sainte Vierge*, il est peint sur le bois, on nous a dit que c'étoit de la main du roi René d'Anjou, roy de Naples. »

(MERIMEE 1835 : 163)

« L'Hôpital de la même ville possède un autre tableau très remarquable du XV^e siècle ; il représente le *jugement dernier*. [...] » (Suit une longue description du Couronnement de la Vierge).

(TAYLOR, NODIER, CAILLEUX 1837 : 62)

« Nous avons aussi remarqué à l'Hôpital un tableau attribué par l'opinion du peuple au bon roi René. Ce tableau représente le *couronnement de la vierge Marie*, en présence de l'enfer, du purgatoire et du paradis, devant le ciel de la Trinité. [...] » (Suit la description du tableau).

(Anonyme 1896 : 17)

« 36. Tableau, dit du roi René, représentant *la Sainte Trinité couronnant Marie, et les trois Eglises, triomphante, militante et souffrante*, toile collée sur bois. Ce tableau a été peint en 1453 et 1454 par Enguerrand Charonton, peintre originaire de Laon, qui habita Avignon pendant quelques années. Il servait de rétable à l'autel de la chapelle de la Cité de Dieu dans l'église de la Chartreuse. M. l'abbé Requin a trouvé dans l'étude de Me Giraudy, notaire à Avignon, le contrat passé le 14 avril 1453, entre le peintre et le donateur du tableau, Jean de Montagnac, prêtre. Le prix fut fixé à 120 florins de 24 sous. »

(FORMIGE 1909 : 8)

« 14 avril 1453 – Jean de Montagnac commande à Enguerrand de Charonton le tableau du *couronnement de la Vierge*, pour l'église de la Chartreuse. »

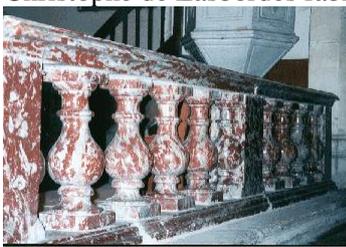
(FORMIGE 1909 : 28)

« Dans cette chapelle de la Trinité se trouvait aussi le célèbre tableau dit du roi René actuellement à l'hospice. C'est un *couronnement de la Vierge* commandé par Jean de Montagnac à Enguerrand de Charonton, le 14 avril 1453 et terminé par l'artiste dans le courant de l'année suivante. Il donne une vue de la chartreuse mais de pure fantaisie. Ce tableau est aussi étonnant par la diversité des sujets qu'il représente que par sa facture qui est de premier ordre. »

(AMARGIER et al. 1988 : 178)

« [...] le rétable du *Couronnement de la Vierge* d'Enguerrand Quarton, placé dans la chapelle de la Sainte-Trinité du Val de Bénédiction. [...] Quarton reçut commande, le 23 avril 1453, d'un rétable pour le Val de Bénédiction. Il signa ce jour-là un prix-fait, par-devant notaire, avec Jean de Montagnac, un chanoine de l'église Saint-Agricol d'Avignon. Au terme de ce contrat, le tableau devait être placé dans la chapelle funéraire d'Innocent VI le 29 septembre 1454. Il y resta jusqu'à la Révolution. Un prêtre, Jean-Baptiste Lhermite, le sauva et l'entreposa dans l'hospice. Il entre en 1868 dans les collections du musée municipal ; il en est aujourd'hui le chef-d'œuvre. »

(AMARGIER et al. 1988 : 286-287)

	<p>« [...] Parmi celles-ci [les collections], nous avons déjà mentionné le <i>Couronnement de la Vierge</i> d'Enguerrand Quarton de 1453-1454. » (GIRARD 2005) Ouvrage complet sur le tableau.</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 237) « En 1453, c'est la commande à Enguerrand Quarton, pour la chapelle de la Sainte-Trinité, du <i>Couronnement de la Vierge</i>, commande passée par l'intermédiaire du chanoine avignonnais Jean de Montagny [...] Le tableau trouvait place exactement sur le pan médian du polygone du sanctuaire : le panneau, de 2,20 mètres de large, s'ajustait au plus serré dans l'espace de 2,27 mètres de ce pan. [...]. »</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 304) « Dans la chapelle de la Sainte-Trinité, chapelle sépulcrale d'Innocent VI, il n'y avait qu'une œuvre peinte : le <i>Couronnement de la Vierge</i> d'Enguerrand Quarton. Elle figurait sous la fenêtre axiale, sur l'autel de la Sainte-Trinité comme l'avait spécifié le fameux prix-fait de 1453. L'image des trois Personnes se conformait au tout premier article du contrat : le peintre, « premièrement, doit figurer le paradis et dans ce paradis on doit voir la Sainte Trinité ». C'est le seul tableau <i>gothique</i> que l'on épargna au cours de la grande refonte baroque du mobilier de l'église. »</p>
<p style="text-align: center;">Balustrade</p> 	<p>Restitution d'après la table de communion de l'église Saint-Christophe de Lasbordes fabriquée en 1718 par Maignan.</p> 
<p style="text-align: center;">Porte vers chapelle Saint-Bruno</p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] la balustrade en marbre rouge et massive. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 28) « Il reste, dans la porte qui réunissait cette chapelle [de la Trinité] à la suivante [Saint Bruno], un fragment de la menuiserie Louis XIII, qui est charmant. Le haut est à jour, avec de petits balustres, derrière lesquels pouvait se rabattre un volet, le bas est plein et sculpté. »</p> <p>(VALLA 1991 : 198) « Un lambeau de l'ancienne porte est à remarquer. »</p>

CHAPELLE SAINT-BRUNO

Autel



(Anonyme 1787 env.)
« Les petits [tapis] de St Bruno [...] sont de la même fabrique [Arbuisson] et ont été achetés ladite année 1787, 15 août, en tout 13 aunes à 16# montant 280#. »

(GUIRAUD et al. 1791)
« Dans la seconde chapelle [...], cet autel est de marbre de plusieurs couleurs, il est en outre décoré de quatre chandelliers et une croix le tout en carton moulé et doré, ouvrage de dom Ange Fornier, religieux de ladite chartreuse. »

Peinture Nicolas Colombel *Saint Bruno*



(SOUMILLE 1744a : 27)
« Dans la seconde chapelle est un *S. Bruno*, peint par le « petit Poussin. »

(GUIRAUD et al. 1791)
« Dans la seconde chapelle le tableau représente *saint Bruno*, peint par Colombet. »

(Anonyme 1896 : 19)
« 83. *Saint Bruno*, par Colombet, dit le Petit Poussin. »

(FORMIGE 1909 : 28)
« *Saint Bruno* de Colombet. »

(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 301)
« Les marbriers de la communauté villeneuvoise sont alors Gaspard Desmion, dit la Liberté, et Antoine Rebufar, qui donnent deux retables à la chartreuse, [...], l'autre pour celui [autel] de saint Bruno, destiné à encadrer le tableau de Nicolas Colombel peint la même année. »

(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 304)
« [...] on trouvait dans la première [chapelle Saint-Bruno] un *Saint Bruno* du « Petit Poussin », comme l'écrit Soumille, c'est-à-dire de Nicolas Colombel (1644-1717), enchâssé dans un retable de marbre. Ce dernier était venu remplacer un retable dessiné par La Valfenièrre en 1627, ainsi que l'ancienne peinture figurant saint Bruno. »

(SOUMILLE 1743 : 2559)
« Sa mort [cardinal de Pampelune] arriva le 30 mai 1385. Son corps repose sous un mausolée, érigé dans la chapelle S. Bruno. »

(SOUMILLE 1744a : 27)
« C'est dans cette chapelle qu'est le tombeau du second fondateur, il est assez remarquable, mais fort inférieur au précédent pour le travail. »

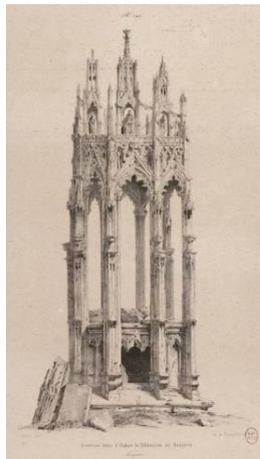
(GUIRAUD et al. 1791)
« Dans la même chapelle [Saint-Bruno] on y voit le tombeau du cardinal neveu du pape Innocent VI, second fondateur de ladite chartreuse sur une espèce de lit élevé de trois à quatre pieds, ce tombeau est de pierre. »

(TAYLOR, NODIER, CAILLEUX 1837 : pl. 243)
La légende du dessin localise ce tombeau dans l'église de

**Mausolée de Pierre de
Monteruc**



Villeneuve : il est semblable au tombeau d'Innocent VI. Peut-être s'agit-il du mausolée de Pierre de Monteruc situé à la chartreuse ou de celui du cardinal Arnaud de Via situé à la Collégiale ?



(COULONDRES 1876 : 133)

« Deux mausolées : celui [...] et celui du cardinal de Pampelune, surnommé *le second fondateur*, placés dans les chapelles attenantes à l'église, en étaient les plus beaux ornements »

« et des fragments de celui [tombeau] du cardinal de Pampelune, que l'on conserve dans la chapelle de l'hospice et au Musée. »

(PONS 1868 : 61)

« Note III. Un tableau attaché au mur de l'église des Chartreux renfermait son épitaphe, écrite sur un parchemin et ainsi conçue :

Hic jacet reverendus in christo pater, dominus petrus cardinalis Pampilonensis, secundus fundator hujus dominus vallis Benedictionis nepos papae Innocentii VI, qui fuit amator ac defensor pauperum, orphanarum, ac viduarum, nec non religiosorum ordinum, praecipue carthusianorum, obiit anno domini MCCCLXXXV, ultima maii. Cujus anima requiescat in pace. (Histoire des Card. Franc, par Fr. Duchesne, p.557). »

(Anonyme 1896 : 23)

« Deux grandes pierres à sculptures gothiques provenant du tombeau du cardinal de Montirac, données par M. Antoine Pouzol. »

(FORMIGE 1909 : 8)

« 31 mai 1385 – Mort du cardinal-prêtre Pierre Selva de Montirac, cardinal de Pampelune. [...] Il est enseveli dans la chapelle Saint-Bruno de l'église. »

(VALLA 1991 : 186)

« Ce cardinal [Pierre Selva de Montirac], que la Chartreuse de Villeneuve a toujours regardé comme son second fondateur, fut inhumé dans la chapelle de Saint-Bruno, sous un mausolée remarquable, dont on voit encore quelques débris au musée et qui portait cette épitaphe : « Hic jacet reverendus in Christo pater, dominus Petrus cardinalis Pampilonensis, secundus fundator hujus domûs Vallis Benedictionis, nepos papae Innocentii sexti, qui fuit amator et defensor pauperum, orphanorum et viduarum, necnon religiosorum ordinum, praecipue Carthusianorum et obiit anno Domini M.CCC.LXXXV, die ultimâ maii. Cujus anima requiescat in pace. – Ci-gît notre Révérend Père dans le Christ, seigneur Pierre, cardinal de Pampelune, second fondateur de cette maison du Val de Bénédiction, neveu du pape Innocent VI. Il fut l'ami dévoué et le

	<p>défenseur des pauvres, des orphelins et des veuves. Il le fut aussi des Ordres religieux, principalement des Chartreux. Décédé l'an du Seigneur 1385, le dernier jour de mai. Que son âme repose en paix. »</p> <p>(VALLA 1991 : 198) « A gauche, c'est l'ancienne chapelle Saint-Bruno qui renfermait le tombeau du cardinal Pierre Selva de Montirac, le second fondateur de la Chartreuse ? »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 28) « Elle [chapelle Saint-Bruno] renfermait le mausolée du cardinal-prêtre Pierre Selva de Montirac cardinal de Pampelune, neveu d'Innocent VI, surnommé le second fondateur de la Chartreuse, est mort le 31 mai 1385. On voit encore à l'hospice quelques débris de ce mausolée, qui est figuré sur le plan de 1722. »</p> <p>(BENOIT 1930 : 91) « Tombeau de Pierre de Monteruc (cardinal de Pampelune) : socle à arcatures découvert lors de fouilles. Dépourvu de dais (analogue au tombeau d'Arnaud de Via). Statuettes indépendantes sur socle et dais remplacent les bas-reliefs traditionnels italiens. »</p> <p>(SONNIER 1963 : 168) « Puis une chapelle de deux travées où étaient le mausolée disparu du second fondateur de la Chartreuse, Pierre Selva de Montirac, cardinal de Pampelune. »</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 227) « Les fragments (vestiges d'un sarcophage, dais, pinacles) de la salle capitulaire sont ceux du tombeau de Pierre de Monteruc dont les armes, sculptées sur le flanc d'un culot, sont parmi les fragments. Soumille décrit un sépulcre similaire à celui d'Innocent VI mais plus petit et moins développé. »</p>
<p>Grille de protection</p> 	<p>Restitution d'après la photo du tombeau de François II à la cathédrale de Nantes.</p>  <p>(GUIRAUD et al. 1791) « Ce tombeau [...] est entouré d'une grille en fer sans ornemens. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 28) « [Le mausolée] était aussi entouré d'une grille de fer. »</p>
<p>Autel</p> 	<p>(Anonyme 1787 env.) « Les petits [tapis] de St Bruno [...] sont de la même fabrique [Arbuisson] et ont été achetés ladite année 1787, 15 août, en tout 13 aunes à 16# montant 280#. »</p>

<p style="text-align: center;">Peinture Simon de Châlons <i>Mise au tombeau avec Innocent VI et Pierre de Monteruc</i></p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « Enfin dans cette même chapelle il y a [...], le tableau qui le surmonte représente le <i>Saint Sépulchre</i>, il est peint sur le bois par Simon de Chalon. »</p>
	<p>(Anonyme 1896 : 17) « 34. <i>Mise au tombeau</i>, toile collée sur bois, signée de Simon de Châlons. On y remarque les portraits d’Innocent VI et de son neveu, le cardinal Pierre de Montirac, évêque de Pampelune, les deux fondateurs de la Chartreuse de Villeneuve. »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 28) « <i>Saint-Sépulchre</i>, de Simon de Châlons. »</p>
	<p>(AMARGIER et al. 1988 : 181) « En 1552, la chapelle Saint-Bruno reçut une <i>Mise au Tombeau</i> du peintre Simon de Châlons – documenté à Avignon de 1535 à 1563 – où étaient représentés Innocent VI et son neveu, Pierre de Monteruc. L’aspect funéraire voulu par les fondateurs introduit la nouveauté. Sept personnages entourent le corps du Christ qui va être déposé dans le tombeau. [...]. »</p>
	<p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « [...] Parmi celles-ci [les collections], nous avons déjà mentionné [...] <i>la Mise au tombeau</i> de Simon de Châlons. »</p>
	<p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 304) « Dans cette même chapelle [Saint-Bruno] trouvait également place la <i>Mise au tombeau avec Innocent VI et Pierre de Monteruc</i> par Simon de Mailly, dit de Châlons, œuvre de 1552. Le panneau conservé n’est que le reliquat d’une composition plus conséquente, en forme de retable, avec pilastres, couronnement et même volets. »</p>
<p style="text-align: center;">Peinture Guido Reni <i>Vierge à l’Annonciation</i></p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « Toujours sur la porte de cette même chapelle il y a un tableau du fameux Guide mais ce tableau est entièrement dégradé. »</p>
	<p>(Anonyme 1792) « Dans la seconde chapelle [Saint-Bruno Saint-Michel], nous y avons trouvé : le tableau représentant <i>l’Annonciation</i> par le fameux Guide (il est compris dans l’inventaire). »</p>
	<p>(COULONDRES 1876 : 133, note) « Les chartreux possédaient <i>l’Annonciation</i>, qui était considéré comme le chef-d’œuvre du Guide. Ce tableau, que l’on voyait encore à la paroisse il y a une vingtaine d’années, a disparu. Il était fort endommagé, mais les têtes de l’ange et de la Vierge étaient intactes. On peut en voir une copie par le F. Imbert dans la chapelle Saint-Roch, à la paroisse, et une autre copie par N. Mignard, au Musée. »</p>
	<p>(Anonyme 1896 : 18) « L’original, qui se trouvait dans l’église, est perdu. »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 28) « Un tableau du Guide au-dessus de la porte. »</p>
	<p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 305) « [...] <i>l’Annonciation avec saint Charles Borromée</i> du Guide, perle de la collection des tableaux modernes de la chartreuse. La peinture a disparu au XIX^e siècle de la collégiale, où elle avait été déposée en même temps que toutes les autres œuvres confisquées du couvent, des suites apparemment d’une exposition trop prolongée à l’humidité. Signe manifeste de leur vénération pour cette image, les chartreux en avaient dans leur église deux copies, l’une par Nicolas</p>

	<p>Mignard, actuellement au musée municipal, l'autre par le frère Imbert, aujourd'hui dans la collégiale de Villeneuve. La première figure en 1791 à la place de l'original, que l'on avait dû retirer en raison de son état de dégradation. [...] La seconde fut placée au XVIII^e siècle dans le chœur des religieux, mais on ne sait précisément où. L'original, signalé entre autres par Charles de Brosses comme « le plus beau morceau qu'il y ait dans la maison », était déjà « fort gâté » à la date de sa visite en 1739, « entièrement dégradé » en 1791. »</p>
--	--

CHAPELLE SAINT-MICHEL

<p style="text-align: center;">Autel</p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « Dans la troisième chapelle [Saint-Michel] il y a [...], l'autel est fort simple. »</p>
<p style="text-align: center;">Peinture Nicolas Mignard <i>Saint Michel terrassant les anges rebelles</i></p> 	<p>(SOUVILLE 1744a : 27) « On voit dans la troisième chapelle un grand tableau de <i>S. Michel</i>, ou la <i>Chute des Anges rebelles</i> peint par Mignard. »</p>
	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « Dans la troisième chapelle il y a un grand tableau de <i>saint Michel foudroyant les anges rebelles</i>, peint par Nicolas Mignard. »</p>
	<p>(FORMIGE 1909 : 28) « Comme tableau on y voyait un <i>Saint Michel</i> de Mignard. »</p>
	<p>(AMARGIER et al. 1988 : 183) « Pour leur part, les chartreux de Villeneuve lez Avignon firent habiller les angelots nus de la toile de Nicolas Mignard <i>Saint Michel terrassant le démon</i>, peint pour la chapelle funéraire de Pierre de Monteruc. »</p>
	<p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Le Palais des papes a acquis en 1971 une grande toile de Nicolas Mignard, <i>Saint Michel écrasant les anges rebelles</i>. Elle provient de la chapelle Saint-Michel de l'église. »</p>
	<p>(LE BLEVEC, GIRARD 1989 : 20) « Après 1653, ce tableau [<i>La chute des anges rebelles</i>] a été installé par les chartreux dans leur grange Saint-Bruno de Pujaut. Ce transfert explique la commande des chartreux pour la chapelle funéraire du cardinal Pierre de Monteruc du tableau à Nicolas Mignard, destiné à remplacer le retable de Raymond Boterie. »</p>
<p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 305) « Dans la seconde chapelle, dont le vocable originel de Saint-Pierre s'était avec le temps mué en Saint-Michel, était en effet un <i>Saint Michel terrassant les anges rebelles</i> de Nicolas Mignard. Cette peinture, égarée à la suite des confiscations révolutionnaires, pourrait s'identifier au tableau de même sujet acquis en 1971 par le palais des Papes d'Avignon. L'œuvre était venue remplacer <i>La Chute des anges</i> de Raymond Boterie, commandée par les chartreux en 1509 (que le prix-fait destinait expressément à la « chapelle Saint-Pierre »). C'est pour servir la peinture de Mignard que fut commandé en 1651 un grand retable dessiné par un sieur Nimeraix. »</p>	
	<p>(GIRARD 1989) Ouvrage complet.</p>
	<p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 305) « Dans la seconde chapelle, dont le vocable originel de Saint-Pierre s'était avec le temps mué en Saint-Michel, était en effet un <i>Saint</i></p>

<p style="text-align: center;">Peinture Raymond Boterie <i>La chute des anges rebelles</i></p> 	<p><i>Michel terrassant les anges rebelles</i> de Nicolas Mignard. [...] L'œuvre était venue remplacer <i>La Chute des anges</i> de Raymond Boterie, commandée par les chartreux en 1509 (que le prix-fait destinait expressément à la « chapelle Saint-Pierre »). »</p> <p>(LE BLEVEC, GIRARD 1989 : 335)</p> <p>« <i>Le Mystère de la chute des anges</i> de Raymond Boterie, peint en 1510 pour la chapelle Saint-Pierre de Villeneuve, [...] (note : tableau situé au musée Paul-Raymond à Pont-Saint-Esprit) : un tableau peint pour la chapelle Saint-Pierre de la chartreuse de Villeneuve. » (référence biblio : A. Girard, « Le Mystère de la chute des anges » de Raymond Boterie », in <i>La Revue du Louvre et des musées de France</i>, 1983/5-6, p.340).</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 238)</p> <p>« Dans la seconde chapelle, dont le vocable originel de Saint-Pierre s'était avec le temps mué en Saint-Michel, était en effet un <i>Saint Michel terrassant les anges rebelles</i> de Nicolas Mignard. [...] L'œuvre était venue remplacer <i>La Chute des anges</i> de Raymond Boterie, commandée par les chartreux en 1509 (que le prix-fait destinait expressément à la « chapelle Saint-Pierre »). »</p> <p>« Une autre grande image créée pour la chartreuse fut <i>La Chute des anges rebelles</i>, panneau d'autel commandé en 1509 à Raymond Boterie pour la chapelle Saint-Pierre, la chapelle funéraire de Pierre de Monteruc. »</p>
<p style="text-align: center;">Porte vers chapelle Annonciation</p> 	<p>(FORMIGE 1909 : 7)</p> <p>« Vers 1365 (?) – [...] le cardinal Estienne Aubert évêque de Carcassonne et petit-neveu de ce pape [...] »</p> <p>« 9 septembre 1369 – [...] Il fut enseveli dans la chapelle Saint-Michel de l'église des Chartreux. »</p>
<p style="text-align: center;">Tombeau d'Etienne II Aubert</p>	<p>(FORMIGE 1909 : 28)</p> <p>« [La chapelle Saint-Michel] renfermait le tombeau du cardinal-prêtre Estienne Aubert, évêque de Carcassonne et petit-neveu d'Innocent VI, mort en Italie, le 29 septembre 1369. »</p>
<p style="text-align: center;">Peinture Guillaume Ernest Grève <i>Saint Marc</i></p> 	<p>(Anonyme 1792)</p> <p>« Dans la seconde chapelle [Saint-Bruno Saint-Michel], nous y avons trouvé : Quatre tableaux avec cadre octogone représentant les quatre évangélistes. »</p>

<p>Peinture Guillaume Ernest Grève <i>Saint Matthieu</i></p> 	<p>(Anonyme 1792) « Dans la seconde chapelle [Saint-Bruno Saint-Michel], nous y avons trouvé : Quatre tableaux avec cadre octogone représentant les quatre évangélistes. »</p>
<p>Peinture Guillaume Ernest Grève <i>Saint Jean</i></p> 	<p>(Anonyme 1792) « Dans la seconde chapelle [Saint-Bruno Saint-Michel], nous y avons trouvé : Quatre tableaux avec cadre octogone représentant les quatre évangélistes. »</p>
<p>Peinture Guillaume Ernest Grève <i>Saint Luc</i></p> 	<p>(Anonyme 1792) « Dans la seconde chapelle [Saint-Bruno Saint-Michel], nous y avons trouvé : Quatre tableaux avec cadre octogone représentant les quatre évangélistes. »</p>

CHOEUR DES FRERES

<p>Autel</p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « Nous trouvant dans le chœur des Pères, nous y avons vu deux autels de marbre fort simples ».</p> <p>(NAGEL, URBAN 2005 : 48) "Unter den seitlichen Gewölbebaldachinen waren zwei Seitenaltäre angebracht, bei denen die Messen für die Laienbrüder gelesen wurden. Das Aufstellen der Seitenaltäre hat das Generalkapitel des Ordens erst im Jahre 1276 genehmigt."</p>
<p>Peinture Nicolas Mignard <i>Sainte Anne, la Vierge et un chartreux</i></p> 	<p>(DE BROSSES 1858 : 18) « Dans le chœur des frères, deux tableaux de Mignard. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 185) « [...] celui du tableau peint en 1639 par Nicolas Mignard, <i>Sainte Anne, la Vierge et un chartreux</i>. Dans cette œuvre, Marie apparaît comme la fille d'une femme âgée, jusqu'alors stérile. [...] »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « Nous trouvant dans le chœur des frères nous avons [...] et sur chacun d'eux [autel] un tableau peint par Mignard, [...] et l'autre <i>sainte Anne</i>. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 28) « Au-dessus des deux autels : <i>Sainte Anne</i> de Mignard. »</p>
<p>Autel</p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « Nous trouvant dans le chœur des Pères, nous y avons vu deux autels de marbre fort simples. »</p> <p>(NAGEL, URBAN 2005 : 48) "Unter den seitlichen Gewölbebaldachinen waren zwei Seitenaltäre angebracht, bei denen die Messen für die Laienbrüder gelesen wurden. Das Aufstellen der Seitenaltäre hat das Generalkapitel des Ordens erst im Jahre 1276 genehmigt."</p>
<p>Peinture Nicolas Mignard <i>Sainte Vierge</i></p> <p>PERDU</p>	<p>(DE BROSSES 1858 : 18) « Dans le chœur des frères, deux tableaux de Mignard. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « Nous trouvant dans le chœur des frères nous avons [...] et sur chacun d'eux [autel] un tableau peint par Mignard, l'un représentant la <i>Sainte Vierge</i> [...]. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 28) « Au-dessus des deux autels : <i>Sainte Vierge</i> de Mignard. »</p>

<p style="text-align: center;">Bénitier</p> 	<p>(FORMIGE 1909 : 35) « Nous n'avons pu définir exactement la destination de ce charment édicule, soit qu'il ait été un lavabo, soit plutôt qu'il ait contenu un bénitier. On prétend en faveur de cette dernière hypothèse, que le bénitier circulaire, en marbre rouge, actuellement à Saint-Pons en occupait le centre : c'est une sorte de vasque placée sur un balustre unique. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « Nous trouvant dans le chœur des Pères, nous y avons vu [...] le bénitier qui est dans le chœur est une grosse masse de marbre. »</p> <p>(VALLA 1991 : 208) « [...] à travers un petit dôme superbe et admirablement conservé où se trouvait un lavabo, disent les uns, un bénitier disent les autres – plus probablement – celui-là même que l'on voit à l'église paroissiale (hauteur : un mètre vingt-cinq ; diamètre : quatre-vingt-quinze centimètres). »</p> <p>(SOURNIA, VAYSETTES 2006 : 315) « [...] une petite salle en ronde [...] pour abriter un bénitier de marbre rouge. »</p>
<p style="text-align: center;">Dallage</p> 	<p>(SOUMILLE 1744a : 23) « On prépare actuellement sous ses ordres [d. Martial Maichelon], une grande quantité de carreaux, d'une sorte de pierre bleue et blanche, extrêmement dure, et qui coûte presque autant que le marbre, pour paver le chœur des frères, le devant de l'église, sa sacristie et le chapitre. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 11) « Dallage du chœur des Frères. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 28) « En 1744 il [chœur des frères] fut dallé de pierres bleues et blanches. »</p> <p>(ROUX 1961 : 33) « Le pavé de marbre recouvrant le sol des deux vaisseaux contigus de l'église et celui des chapelles fut descellé [...] et le tout disparut dans laisser de traces. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 190) « Le chœur des pères fut enrichi de dalles en marbre de Carrare vers 1743 ; puis ce fut au tour du chœur des frères. »</p>
<p style="text-align: center;">Porte d'entrée ouest</p>	<p>(SOUMILLE 1744a : 22) « Les chambranles de la porte sont en forme de pilastre, et entrecoupés alternativement de marbre, et d'une belle pierre blanche. »</p> <p>(VALLA 1991 : 203) « Les chambranles des portes étaient en très belles pierres blanches, alternant avec des plaques de marbre rouge. On peut se faire une idée de leur richesse par ce qui reste encore et surtout par la porte en bois sculpté qui se trouve actuellement au musée. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 29) « [...] porte de l'église, dont l'encadrement est encore décoré de bossages alternés de pierre et marbre rouge. La menuiserie de cette porte est conservée à l'hospice ; elle s'ouvrait soit en entier, sauf l'imposte bien entendu, soit seulement pour le vantail central. C'est un travail charmant de proportion et d'exécution. Le vantail est à caissons et l'imposte décorée de deux anges soutenant un écusson aux armes de la Chartreuse. »</p>

	<p>(ROUX 1961 : 33) « Ce vandalisme s'attaqua également aux ouvertures de l'église. Les vantaux des portes et du porche avec leurs serrures et leurs gonds furent arrachés. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « [au musée municipal de Villeneuve] Proviennent également de la chartreuse [...] la porte originale de l'église du XVII^e siècle. »</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 297) « La porte axiale de l'église est encadrée d'un chambranle de bossages alternés pierre blanche et marbre rose. La boiserie de la porte, conservée au musée municipal, est également un objet d'un très beau dessin, peut-être plus récent que le portique, et à rattacher semble-t-il à l'activité de La Valfenière. »</p>
<p>Porte vers chapelle Annonciation</p> 	<p>(FORMIGE 1909 : 29) « Un mur bas la [chapelle de l'Annonciation] sépare du chœur des frères. »</p>
<p>Porte vers chapelle des frères</p> 	<p>Restitution par déduction.</p>
<p>Tombeau de Jean de Neufchâtel</p>	<p>(PONS 1868 : 62) « Note VI. Epitaphe du cardinal de Neufchatel, qui se lit sur son tombeau, dans le chœur des PP. chartreux de Villeneuve : <i>Hic jacet, reverendissimus in christo pater bonae memoriae, dominus Joannes, miseratione divina, episcopus ostiensis, sanctae romanae ecclesia cardinalis, de novo castro nuncupatus, qui obiit Avenione, anno domini MCCXCVIII, die quarta octobris.</i> »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 8) « 4 octobre 1398 – Mort du cardinal-prêtre Jean de Neufchâtel, cousin de Clément VII, bienfaiteur de la chartreuse. Il est enseveli dans le chœur des frères, à gauche. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 28) « [Le chœur des frères] contenait le tombeau du cardinal Jean de Neufchâtel cousin de Clément VII, mort le 4 octobre 1398 et enseveli dans l'angle gauche. »</p>
	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « [...] et vis-à-vis une copie du tableau de l'Annonciation sur celle</p>

<p style="text-align: center;">Peinture Joseph Gabriel Imbert (dit frère Imbert) <i>L'Annonciation avec saint Charles Borromée</i></p> 	<p>du Guide, il nous a été dit que cette copie étoit de Parrocel, il nous a été aussi dit qu'elle étoit du père chartreux nommé Imbert. »</p> <p>(Anonyme 1896 : 30) « [à la collégiale] Dans la chapelle de la Ste Vierge, l'<i>Annonciation</i>, copie du Guide par le Frère Imbert (signé) ; l'original de ce tableau, qui était un des chefs-d'œuvre du Guide, a été longtemps conservé dans l'église. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 28) « En face de [porte] : <i>Annonciation</i> par Parrocel ou frère Imbert, d'après le Guide. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 186) « Le frère Imbert exécuta aussi des toiles plus petites, des œuvres de chevalet d'expression plus intime, et copia des peintures du siècle précédent, comme l'<i>Annonciation</i> [...] de Nicolas Mignard. »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Sont déposées dans la collégiale Notre-Dame, église paroissiale, des œuvres en provenance de la chartreuse : [...], des peintures [...] du frère Imbert (une copie de l'<i>Annonciation</i> de Mignard). »</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 305) « Dans la dernière chapelle, dite de l'Annonciation, se trouvait l'<i>Annonciation avec saint Charles Borromée</i> du Guide, [...] Signe manifeste de leur vénération pour cette image, les chartreux en avaient dans leur église deux copies, [...], l'autre par le frère Imbert, aujourd'hui dans la collégiale de Villeneuve. [...] La seconde fut placée au XVIII^e siècle dans le chœur des religieux, mais on ne sait précisément où. »</p>
<p style="text-align: center;">Peinture Anonyme <i>Communion de saint Jérôme</i></p> <p style="text-align: center;">PERDU</p>	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « Dans le chœur des frères du même côté, est un tableau représentant la <i>communion de saint Hiérome</i>, c'est une copie qui nous a paru être faite par une habile main et d'après le Carache [...]. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 28) « Du côté gauche : <i>Communion de Saint-Jérôme</i>, d'après le Carrache. »</p>
<p style="text-align: center;">Peinture Anonyme <i>Tobie rendant la vue à son père</i></p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « Au dessus de la porte de la cloche par où les religieux entrent au chœur, il y a un petit tableau représentant <i>Tobie</i> par Simon de Salon. »</p> <p>(Anonyme 1896 : 19) « 99. <i>Tobie</i>, donné par M. le sénateur Dide. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 28) « Au-dessus de la porte : <i>Tobie</i> par Simon de Châlons ? (ou Simon Vouet). »</p> <p>(AMARGIER et al. 1988 : 287) « Sont déposées dans la collégiale Notre-Dame, église paroissiale, des œuvres en provenance de la chartreuse : [...] ou de peintres anonymes (la toile <i>Tobie</i> fut longtemps attribuée à Simon Vouet). »</p> <p>(SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 310) « Enfin, notons une étonnante réplique d'un <i>Tobie rendant la vue à son père</i> de Jacques Blanchard. »</p>

CHAPELLE DE L'ANNONCIATION

<p>Autel</p> 	<p>(Anonyme 1787 env.) « Les petits [tapis] et des deux autels des Frères sont de la même fabrique [Arbusson] et ont été achetés ladite année 1787, 15 août, en tout 13 aunes à 16# montant 280#. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « et finalement dans une petite chapelle attenante à cette troisième, [...] l'autel de cette petite chapelle est aussi fort simple. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 29) « [...] comme tableau d'autel. »</p>
<p>Peinture Guido Reni <i>Vierge à l'Annonciation</i></p> 	<p>(SOUMILLE 1744a : 27) « La quatrième chapelle [chapelle de l'Annonciation] est la plus petite : [...] et le tableau de l'autel est une <i>Annonciation</i>, chef-d'œuvre du Guide. »</p> <p>(DE BROSSES 1858 : 18) « Dans le chœur des frères [...]; et dans celle à droite une <i>Annonciation</i> du Guide, qui est le plus beau morceau qu'il y ait dans la maison ; mais il est fort gâté. Le frère [Imbert] nous en montra une excellente copie qu'il venait de faire. »</p>
<p>Peinture Nicolas Mignard <i>L'Annonciation avec saint Charles Borromée</i></p> 	<p>(GUIRAUD et al. 1791) « Et finalement dans une petite chapelle [chapelle de l'Annonciation] attenante à cette troisième, il y a un tableau de <i>l'Annonciation</i> copié par Nicolas Mignard sur le tableau du Guide. »</p> <p>(Anonyme 1896 : 18) « 65. <i>L'Annonciation</i>, copie du Guide, par Nicolas Mignard (signé). L'original, qui se trouvait dans l'église, est perdu. »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 28-29) « On y trouvait <i>l'Annonciation</i> d'après le Guide par Mignard, comme tableau d'autel. »</p> <p>(SOURNIA, VAYSETTES 2006 : 305) « Dans la dernière chapelle, dite de l'Annonciation, se trouvait <i>l'Annonciation avec saint Charles Borromée</i> du Guide, perle de la collection des tableaux modernes de la chartreuse. La peinture a disparu au XIX^e siècle de la collégiale, où elle avait été déposée en même temps que toutes les autres œuvres confisquées du couvent, des suites apparemment d'une exposition trop prolongée à l'humidité. Signe manifeste de leur vénération pour cette image, les chartreux en avaient dans leur église deux copies, l'une par Nicolas Mignard, actuellement au musée municipal, l'autre par le frère Imbert, aujourd'hui dans la collégiale de Villeneuve. La première figure en 1791 à la place de l'original, que l'on avait dû retirer en raison de son état de dégradation. [...] La seconde fut placée au XVIII^e siècle dans le chœur des religieux, mais on ne sait précisément où. L'original, signalé entre autres par Charles de Brosses comme « le plus beau morceau qu'il y ait dans la maison », était déjà « fort gâté » à la date de sa visite en 1739, « entièrement dégradé » en 1791. »</p>

Fresques Paysage	(SOUMILLE 1744a : 27) « La quatrième chapelle [Annonciation] est la plus petite : un Paysage est proprement peint sur toutes les murailles. »
	(FORMIGE 1909 : 28) « Les murs étaient revêtus d'un paysage. »

CHAPELLE DES FRERES	
Autel	(Anonyme 1787 env.) « Les petits [tapis] et des deux autels des Frères sont de la même fabrique [Arbuisson] et ont été achetés ladite année 1787, 15 août, en tout 13 aunes à 16# montant 280#. »
	(GUIRAUD et al. 1791) « Nous trouvant dans le chœur des frères, nous avons vu deux autels de marbre, fort simple et sur chacun d'eux [...]. »
	(SOUMILLE 1744a : 28) « De l'autre côté de l'église, et joignant le chœur des frères, il y a deux petites chapelles. Le tableau d'un des autel représente <i>J. C. en Croix, la Sainte Vierge, et S. Jean debout sur pied</i> , par Le Vieux, [...]. »
	(GUIRAUD et al. 1791) « Attenant à ce chœur il y a encore deux chapelles [...], le tableaux de la première représente <i>Jésus Christ en croix</i> peint par Le Vieux. »
	(Anonyme 1896 : 19) « 100. <i>Christ en croix</i> , par Raynaud Levieux. »
Peinture Raynaud Levieux <i>Christ en croix avec la Vierge, saint Jean et sainte Madeleine</i>	(FORMIGE 1909 : 29) « Dans l'une [chapelle] on voyait un <i>Christ</i> par Levieux. »
	(Anonyme 1787 env.) « Les petits [tapis] et des deux autels des Frères sont de la même fabrique [Arbuisson] et ont été achetés ladite année 1787, 15 août, en tout 13 aunes à 16# montant 280#. »
	(GUIRAUD et al. 1791) « Nous trouvant dans le chœur des frères, nous avons vu deux autels de marbre, fort simple et sur chacun d'eux [...]. »
	(Anonyme 1787 env.) « Les petits [tapis] et des deux autels des Frères sont de la même fabrique [Arbuisson] et ont été achetés ladite année 1787, 15 août, en tout 13 aunes à 16# montant 280#. »
Autel	(GUIRAUD et al. 1791) « Nous trouvant dans le chœur des frères, nous avons vu deux autels de marbre, fort simple et sur chacun d'eux [...]. »
	(Anonyme 1787 env.) « Les petits [tapis] et des deux autels des Frères sont de la même fabrique [Arbuisson] et ont été achetés ladite année 1787, 15 août, en tout 13 aunes à 16# montant 280#. »
	(GUIRAUD et al. 1791) « Nous trouvant dans le chœur des frères, nous avons vu deux autels de marbre, fort simple et sur chacun d'eux [...]. »

<p style="text-align: center;">Peinture Nicolas Mignard <i>Le Mariage mystique de sainte Catherine</i></p> 	<p>(SOUMILLE 1744a : 28) « De l'autre côté de l'église, et joignant le chœur des frères, il y a deux petites chapelles. [...] et l'autre <i>la Sainte Famille et Sainte Catherine</i>, recevant de l'Enfant Jésus une bague et une couronne de fleurs. C'est un des meilleurs tableaux de Mignard. On lit son nom au bas, et l'année 1651. »</p> <p>(GUIRAUD et al. 1791) « Attenant à ce chœur il y a encore deux chapelles [...] et le tableau de la seconde chapelle représente <i>sainte Catherine</i> par Mignard. »</p> <p>(DE BROSSES 1858 : 18) « Dans le chœur des frères [...]; un troisième [tableau] du même [Mignard] dans la chapelle à gauche. »</p> <p>(Anonyme 1896 : 31) « [à la collégiale] Dans la chapelle de Ste Casarie, les <i>Noces mystiques de Ste Catherine</i> de Pierre Mignard (signé). »</p> <p>(FORMIGE 1909 : 29) « Dans l'autre [chapelle] on voyait une <i>Sainte-Catherine</i> par Mignard, de 1651. »</p>
<p style="text-align: center;">Porte vers cloître</p> 	<p style="text-align: center;">-</p>

PORCHE

(SOUMILLE 1744a : 22)

« La façade de cette église, tournée vers le couchant, est d'une belle architecture, d'ordre composite. Quatre pilastres y soutiennent trois arceaux. On voit sur celui du milieu un Christ couché, de ronde bosse, avec la Sainte Vierge, saint Jean, et la Magdeleine, à genoux, le tout parfaitement bien exécuté. Sur les arceaux des côtés sont deux médaillons en bas-reliefs, dont l'un représente l'Annonciation de la Vierge, et l'autre la Nativité de N. S. Les ornements de cette façade sont d'une parfaite beauté, au jugement des connaisseurs. »

(DE BROSSES 1858 : 18)

« Le portail de l'église est orné de trois bas-reliefs d'assez mauvais goût. »

(FORMIGE 1909 : 10)

« 1641 – Voûtes du portique en bordure de la cour de l'église. »

(FORMIGE 1909 : 29)

« Il comprenait trois travées dont une seule subsiste. Celle du milieu, plus haute que les autres, donnait accès à la porte de l'église, dont l'encadrement est encore décoré de bossages alternés de pierre et marbre rouge. La menuiserie de cette porte est conservée à l'hospice ; elle s'ouvrait soit en entier, sauf l'imposte bien entendu, soit seulement pour le vantail central. C'est un travail charmant de proportion et d'exécution. Le vantail est à caissons et l'imposte décorée de deux anges soutenant un écusson aux armes de la Chartreuse. Les travées latérales en voûte d'arête présentaient une niche dans leur axe. Celle de gauche (celle qui subsiste) donnait accès à un couloir se dirigeant vers le réfectoire des frères : ceux-ci venaient réciter la prière du soir dans les chapelles et c'était tout naturellement leur chemin.

En façade, ce porche comprenait trois arcades encadrées de pilastres d'ordre composite.

Au-dessus de l'arcade centrale, en ronde bosse, était un Christ couché sur un linceul après la descente de croix, entouré de la Vierge, de Saint Jean et de Madeleine. Sur les côtés se voyaient deux médaillons, à droite l'Annonciation, à gauche la Nativité. Le tout avait des amortissements en forme de vases.

D'après le caractère de ce porche et ses détails, il paraît contemporain de la porte de 1649, peut-être de la même main. »

(VALLA 1991 : 202-203)

« Avant la Révolution, cette façade était précédée d'un magnifique portique d'ordre composite. Quatre piliers soutenaient trois arceaux formant porche. Dans l'arceau du milieu, on voyait un Christ en ronde bosse, couché sur un linceul, après la descente de croix ; la Sainte Vierge, saint Jean et la Madeleine l'entouraient, chacun dans l'attitude classique. Dans ceux des côtés, deux médaillons représentaient : celui de droite, une Annonciation ; celui de gauche, une Nativité. »

(PONS 1868 : 23-24)

« La façade tournée vers le couchant est d'une belle architecture de l'ordre composite. Quatre piliers y soutiennent trois arceaux, formant porche. Dans l'arceau du milieu, on voit en ronde bosse, un Christ couché, après la descente de croix ; la Ste-Vierge, St-Jean et la Madeleine l'entourent à genoux. Groupe d'un goût exquis. Dans ceux des côtés, deux médaillons en bas-relief représentent, celui de



	<p>droite, une Annonciation, et celui de gauche une Nativité. Les moulures des trois arceaux sont dignes sous tous les rapports, des sujets qu'elles encadrent. Les chambranles de la porte ressemblent par leur forte saillie à de véritables pilastres. Ils sont d'une très-belle pierre blanche entremêlés de marbre rouge. »</p>
	<p>(SONNIER 1963 : 169) « Au XVII^e siècle, un porche avec trois arcades avait été construit devant la façade. Il subsiste encore la travée du nord où débouchait le couloir des Frères donnant accès au réfectoire. »</p>
	<p>(LACOMBE 1990 : plan) « Porche. Vraisemblablement contemporain du Portail d'entrée monumental (1649). Constitué par trois arcades. Au-dessus de l'arcade centrale, en ronde-bosse : « Christ couché sur un linceul après la descente de croix ; près de lui, la Vierge, Saint Jean et Madeleine » ; Au-dessus de l'arcade de droite, en médaillon, « L'Annonciation » ; lui faisant pendant, au-dessus de celle de gauche « La Nativité ». »</p>
	<p>(NAGEL, URBAN 2005 : 83) Paragraphe VI.10 Eingangsportal.</p>
	<p>(SOURNIA, VAYSETTES 2006 : 297) « [...] sans que l'on puisse préciser la date, un portique de trois arches est crée en avant de l'entrée de l'église. Ce petit ouvrage, très savant et de belle stéréotomie, fort ruiné aujourd'hui, n'a gardé qu'une travée sur trois. Il était déjà construit en 1628, [...]. Ordonnance à pilastres corinthiens galbés, avec haut attique ayant porté des tableaux sculptés, un par travée : <i>L'Annonciation, la Nativité</i> et, au centre, une <i>Piéta avec saint Jean et sainte Madeleine</i>, que le président de Brosses juge « d'assez mauvais goût » contrairement à Soumille qui trouve « le tout parfaitement bien exécuté. »</p>

Annexe 8 – Abbaye Saint-Michel de Cuxa : projet « Abad Oliba »

L'intégration tardive du projet « Abad Oliba » dans la thèse n'a pas permis de pratiquer une étude aussi approfondie que pour la chartreuse. Les difficultés de restitution de l'église de la Trinité ont été présentées dans la partie 1 ainsi que la restitution de la fontaine supposée du grand cloître. Le secteur de l'abbaye sur lequel nous nous sommes concentrés est le cloître dont l'enjeu était de le restituer dans ses trois états des X^e, XI^e et XII^e siècles.

I. Historique du monument

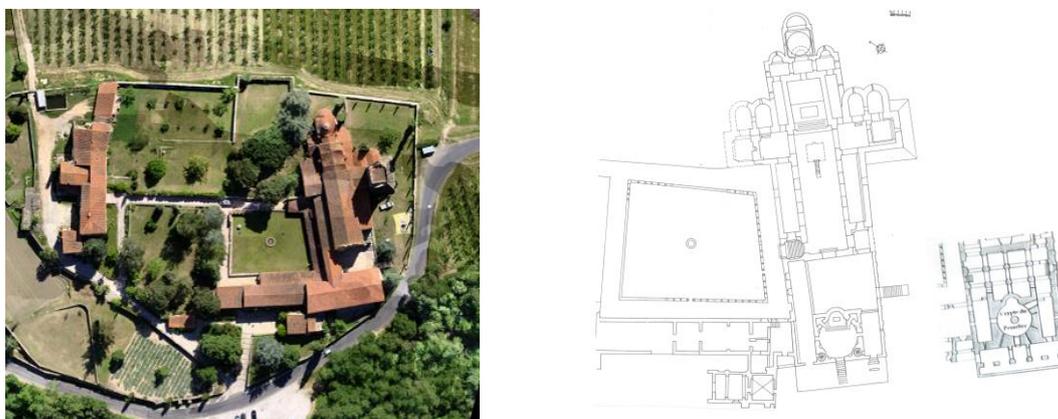
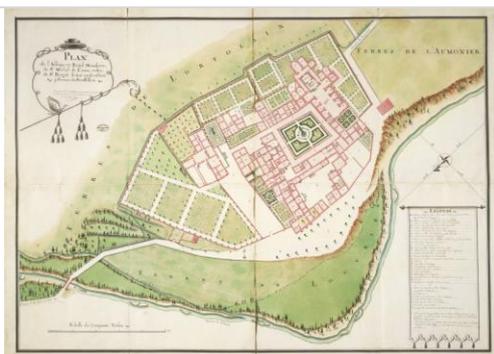


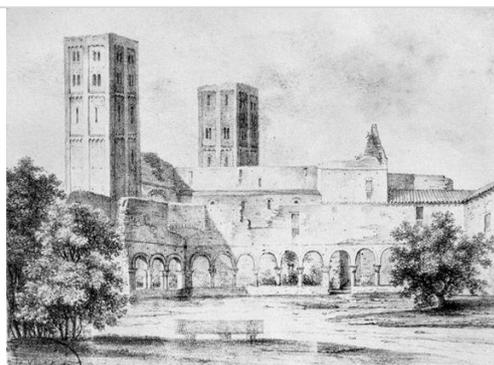
Figure 120 : Orthophotographie aérienne (©laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2012) et plan de l'abbaye actuelle (d'après (BERNARD 1993 : 118)).

L'abbaye Saint-Michel de Cuxa est située à Codalet dans les Pyrénées-Orientales. Le monastère a succédé à l'abbaye de Saint-André d'Eixalada détruite au cours d'une crue, contraignant les moines à s'installer à Cuxa à l'emplacement d'une église dédiée à Saint-Germain. Le contexte politique local a permis au monastère de se développer. Ainsi, au X^e siècle, l'abbé Garin a consacré une nouvelle église dédiée à Saint-Michel. L'abbaye a connu sa plus grande expansion sous l'abbé Oliba au XI^e siècle au cours duquel l'église s'est dotée d'espaces de circulation supplémentaires et de deux clochers tours. Côté occidental, Oliba fit construire un sanctuaire constitué d'une crypte vouée à la Crèche (Pessebre) et de l'église de la Trinité édifiée au niveau supérieur. Le XII^e siècle, sous l'abbatiat de Grégoire (entre 1120 et 1146), est construit un cloître à 63 colonnes situé au nord de l'église à l'emplacement d'un proto-cloître présumé (MALLET 2000) et, dans l'église, une tribune semblable à celle de l'abbaye de Serrabone mais de plus grandes dimensions (THIRION 2012). Les siècles

suivants verront l'abbaye prospérer, à travers plusieurs chantiers de transformation dont les résultats sont visibles sur le plan de l'ingénieur géographe du roi Castelnau dressé le 10 mars 1779 (fig.121, a) : de nouvelles maisons destinées aux moines ont été construites, l'église de la Trinité détruite a cédé sa place au logis du Sacristain Majeur (ALESSANDRI et al. 1999), (ALESSANDRI, HUSER, MOLINIER 2012), la tribune a été démolie et ses éléments dispersés, et les bas-côtés de l'église ont été transformés en chapelles. Puis, la Révolution française fait son œuvre : en 1791, les moines sont contraints de quitter l'abbaye qui est alors vendue et laissée à l'abandon faute d'acquéreurs. Les arcs diaphragme de l'église et la toiture s'effondrent les premiers à partir de 1825, puis le clocher nord, démoli au cours d'une tempête en 1839, détruit une partie du cloître dans sa chute. Les colonnes sont démontées et dispersées : les fragments ornent l'établissement des bains de Prades, la fontaine de Codalet et les jardins de collectionneurs privés (fig.121, b à f).



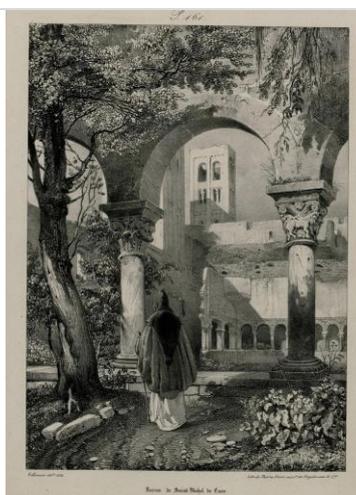
a. Castelnaud, 10 mars 1779 (Archives Nationales de France, G9/75)



b. Basterot, 1824-1825



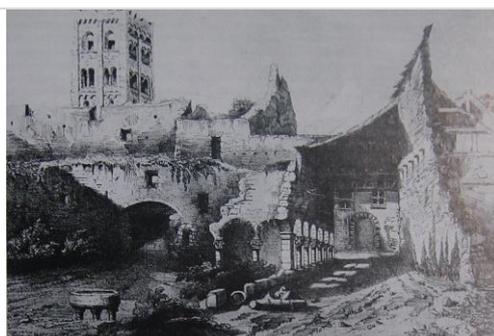
c. Basterot, 1830



d. Villeneuve, 1834



e. Anonyme, 1840



f. A.S., 1845

Figure 121 : Les dessins réalisés au cours du XIX^e siècle illustrent la dégradation progressive de l'abbaye.

Puis, le début du XX^e siècle marque un tournant dans l'histoire du site avec l'achat du cloître par l'artiste américain George Grey Barnard. En dépit de la protection des Monuments Historiques actée en 1862, le collectionneur est parvenu à acquérir la moitié du cloître qu'il a fait transporter aux Etats-Unis où les éléments sont aujourd'hui exposés au Cloisters Museum

de New-York⁶². Dans le même temps, une communauté de moines cisterciens s'installe en 1919 et, sur le plan scientifique, les archéologues commencent à s'intéresser au site, motivés par l'originalité des arcs outrepassés de l'église. La multiplication des investigations, initiées par Josep Puig i Cadafalch, a progressivement conduit à la restauration de l'abbaye : de 1949 à 1965, le cloître est partiellement reconstruit (fig.122) par l'architecte Sylvain Stym-Popper à partir des éléments rachetés aux propriétaires et découverts lors de fouilles⁶³. Le 15 avril 1958, l'abbaye est classée au titre des Monuments Historiques. Depuis 1965, une petite communauté de bénédictins a réintégré les lieux, vivant au côté du public accueilli lors de visites du monastère ou d'évènements culturels organisés régulièrement (concerts, journées romanes).



Figure 122 : Photographies du chantier de restauration prises par Sylvain Stym-Popper : galerie sud du cloître en mars 1950 (sap04_44106216_p) et en mai 1950 (sap04_44106202_p), nef de l'église en janvier 1953 (sap04_44106292_p), angle sud-est du cloître en mars 1956 (sap04_44106139_p) (base Mémoire, Ministère de la Culture et de la Communication).

⁶² Page consacrée aux chapiteaux de l'abbaye exposés au Cloisters Museum de New-York : <http://www.metmuseum.org/Collections/search-the-collections/70010742> (page consultée le 23 octobre 2012).

⁶³ Outre les éléments de New-York, certains fûts ou chapiteaux ornent encore des jardins ou sont conservés dans la salle capitulaire de l'abbaye.

Les études historiques et archéologiques, nombreuses dans la première moitié du XX^e siècle comme l'attestent les publications, sont à associer aux actes de rachat des éléments dispersés et aux travaux de restauration. Mais dès lors que le cloître a été restauré et sans doute en lien avec la réinstallation d'une communauté religieuse, les recherches sur le terrain ont été ralenties. Les travaux significatifs réalisés depuis les années 1970 ont porté sur l'église de la Trinité (UDHE-STAHN 1977), (SAPIN 2003), (CODINA I GIOL 2008), le cloître du XII^e siècle (DURLIAT 1980), (MALLET 2001), (MALLET 2002), la tribune, érigée dans la nef de l'église Saint-Michel au milieu du XII^e siècle et vraisemblablement démantelée au cours du XVI^e siècle (PONSICH 1985), (PONSICH 1986), (THIRION 2012), et, enfin, très récemment, le logis du Sacristain Majeur qui a fait l'objet d'une importante campagne de fouilles archéologiques révélant de nouvelles connaissances au sujet de l'église de la Trinité et des chapelles souterraines (ALESSANDRI et al. 1999), (ALESSANDRI, HUSER, MOLINIER 2012).

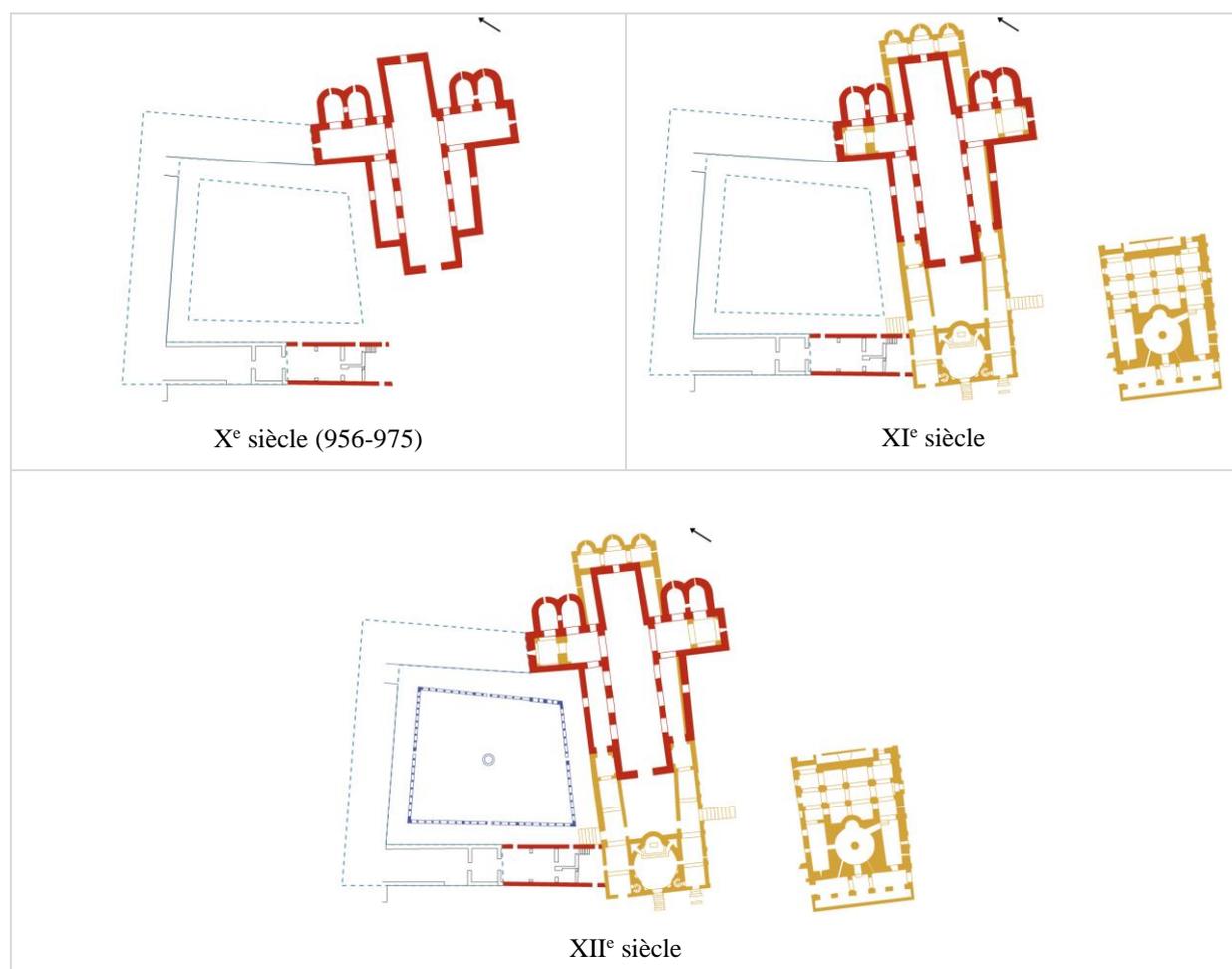


Figure 123 : Plans successifs de l'abbaye Saint-Michel de Cuxa entre le X^e et le XII^e siècle.

II. Projet « Abad Oliba » : restitution hypothétique des trois premiers siècles d'existence de l'abbaye

Le projet transfrontalier « Abad Oliba », réalisé entre 2008 et 2011, visait à constituer un itinéraire culturel entre la France et l'Espagne en valorisant les sites catalans dans lesquels l'abbé Oliba a laissé sa signature au XI^e siècle⁶⁴. Il a réuni des archéologues, des historiens, des architectes, des historiens de l'art et des spécialistes de la modélisation 3D. Les enjeux étaient de mener une campagne de numérisation du logis du Sacristain Majeur en vue de sa réhabilitation puis de réaliser un modèle 3D numérique du site. Ce dernier objectif a été confié au laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC) en charge de la numérisation des bâtiments et de la production de maquettes 3D de l'état actuel de l'abbaye ainsi que de trois états antérieurs. En conséquence, à partir de relevés lasergrammétriques, d'acquisitions photographiques terrestres et aériennes, complétés par l'étude des sources documentaires et de discussions avec les spécialistes, les trois premiers états de l'abbaye ont été restitués : l'abbaye du X^e siècle sous l'abbé Garin, les extensions du XI^e siècle sous Oliba, et la construction du cloître commandé par l'abbé Grégoire au XII^e siècle. Le travail ayant été réparti entre trois personnes, je me suis essentiellement concentrée sur le cloître.

II.1. Reconstruction géométrique de l'état actuel de l'abbaye

Deux missions de relevés ont été nécessaires pour enregistrer la quasi-intégralité des volumes actuels des édifices (THIRION, TRABELSI 2010), (FAVRE-BRUN, KURDY, VINCITORE 2011). Différentes techniques d'acquisition ont été mises en œuvre dépendant de la complexité et de l'accessibilité des objets. Les relevés lasergrammétriques utilisant des scanners laser 3D ont fourni plus de 41 millions de points acquis par 79 stations disséminées sur l'ensemble du site. Ils ont servi de supports pour la modélisation tridimensionnelle de l'église texturée (fig.124), l'église de la Trinité et le cloître, répartie entre trois personnes. Une campagne de relevés photographiques a également permis de photographier en vues parallèles la quasi-totalité des murs en vue du texturage du modèle 3D.

⁶⁴ Projet « Abad Oliba » : <http://www.cuxa.org/oliba.html> (page consultée le 15 juillet 2012).



Figure 124 : Modèle 3D texturé de l'église, vue intérieure et extérieure (Chawee Bussayarat © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2010).

Le projet a également été l'occasion d'expérimenter une technique d'acquisition photographique alors nouvelle, consistant à réaliser des prises de vues convergentes dont la corrélation des points permet de générer un nuage de points très dense. Les chapiteaux du cloître ont servi d'objets d'expérimentation. La planche suivante regroupe les modèles 3D des 35 chapiteaux actuellement visibles à Cuxa, reconstruits par maillage automatique (fig.125). La dernière mission réalisée sur le terrain en 2011 a permis de prendre des prises de vues aériennes du site. Les objectifs étaient de photographier les toitures, non visibles depuis le sol, et de créer un modèle numérique de terrain (fig.120, haut).

S01 	S02 	S03 	S04 
S05 	S06 	S07 	S08 
S09 	S10 	S11 	S12 
S13 	O14 	O15 	O16 
O17 	O18 	O19 	O20 

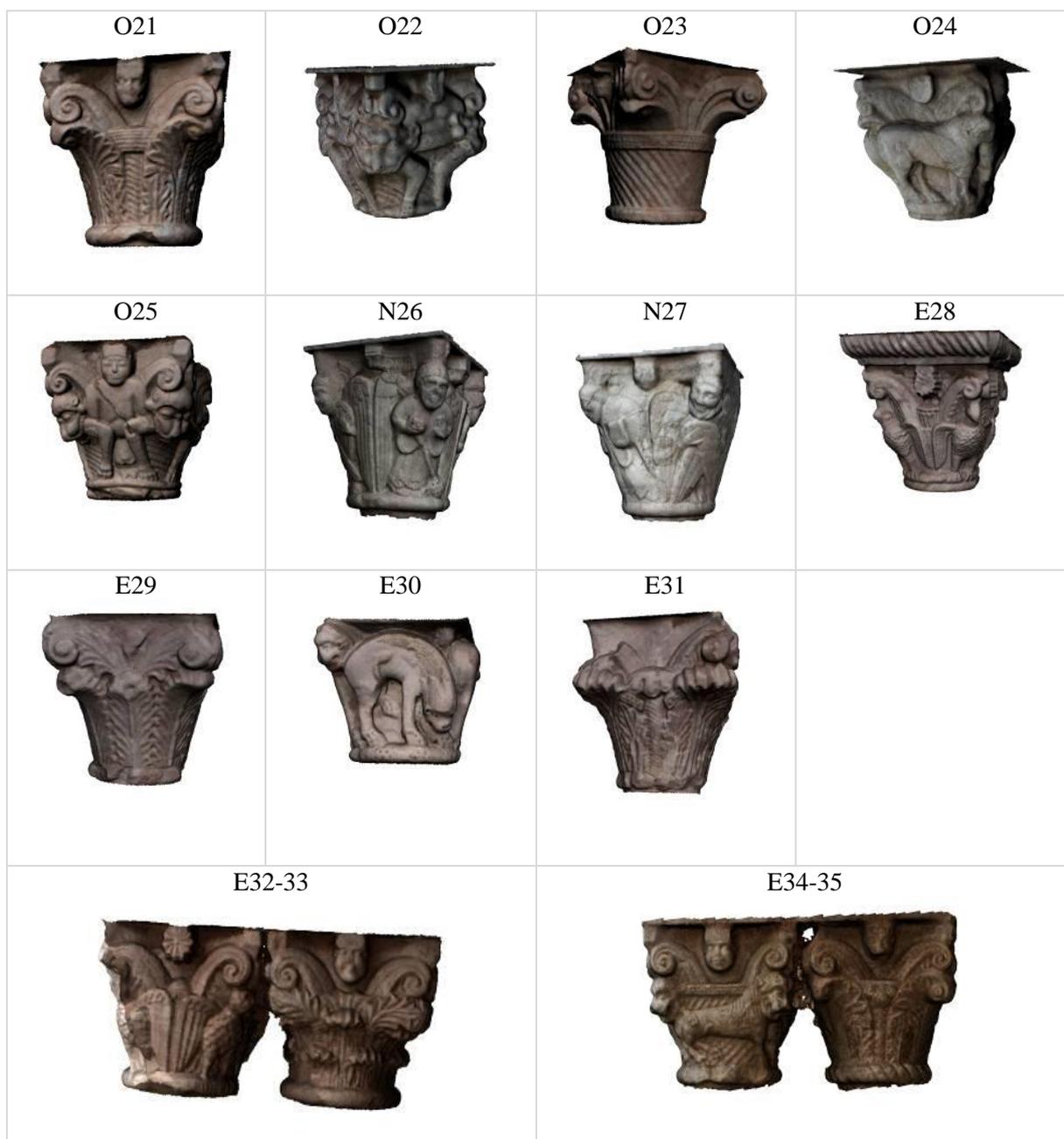


Figure 125 : Modèles 3D des 35 chapiteaux actuels du cloître de Cuxa issus du protocole de génération automatique de nuage de points à partir de photographies (Mauro Vincitore, 2010) suivi d'une reconstruction par maillage automatique (Aurélié Favre-Brun, 2012).

II.2. Restitution des états antérieurs. Cas d'étude : le cloître

Les objectifs du projet « Abad Oliba » consistaient à représenter l'abbaye aux X^e, XI^e et XII^e siècles, et plus particulièrement, dans notre cas, le cloître. Dans l'ordre inverse à la logique de construction, nous avons commencé par construire en 3D le cloître dans son état actuel, que nous avons ensuite modifié pour proposer une restitution des cloîtres antérieurs.

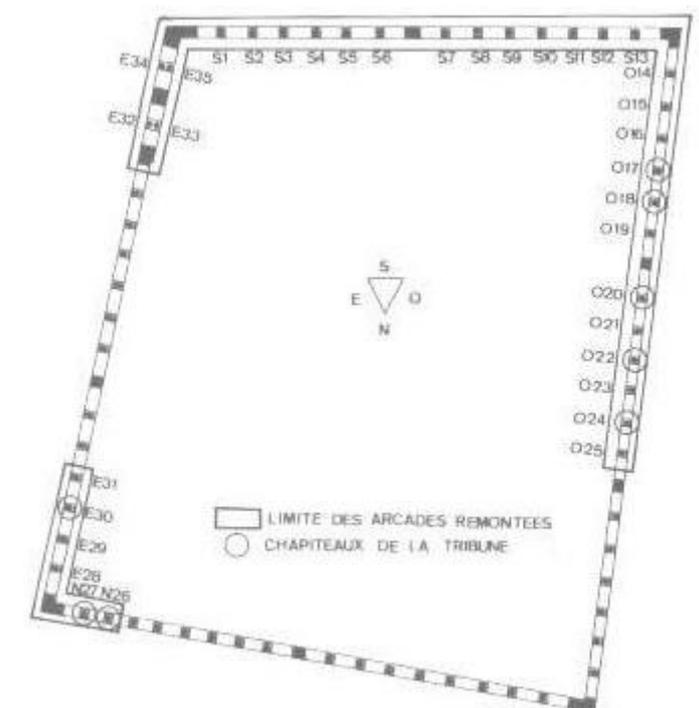


Figure 126 : Plan du cloître de l'abbaye (MALLET 2000 : 56, plan VI). Les colonnes entourées d'un cercle proviennent de la tribune.

L'anastylose virtuelle du cloître du XII^e siècle est fondée, d'une part, sur les relevés de l'état existant – résultant de la campagne de restauration des années 1950 – et, d'autre part, sur le plan de 1779 de Castelnau (fig.121, a), de plusieurs dessins des XVIII^e et XIX^e siècles (fig.121, b à f), de quelques photographies prises *in situ* avant le démontage du cloître (fig.129, haut) ou après l'achat par des collectionneurs privés (fig.127) et, enfin, de diverses publications scientifiques.

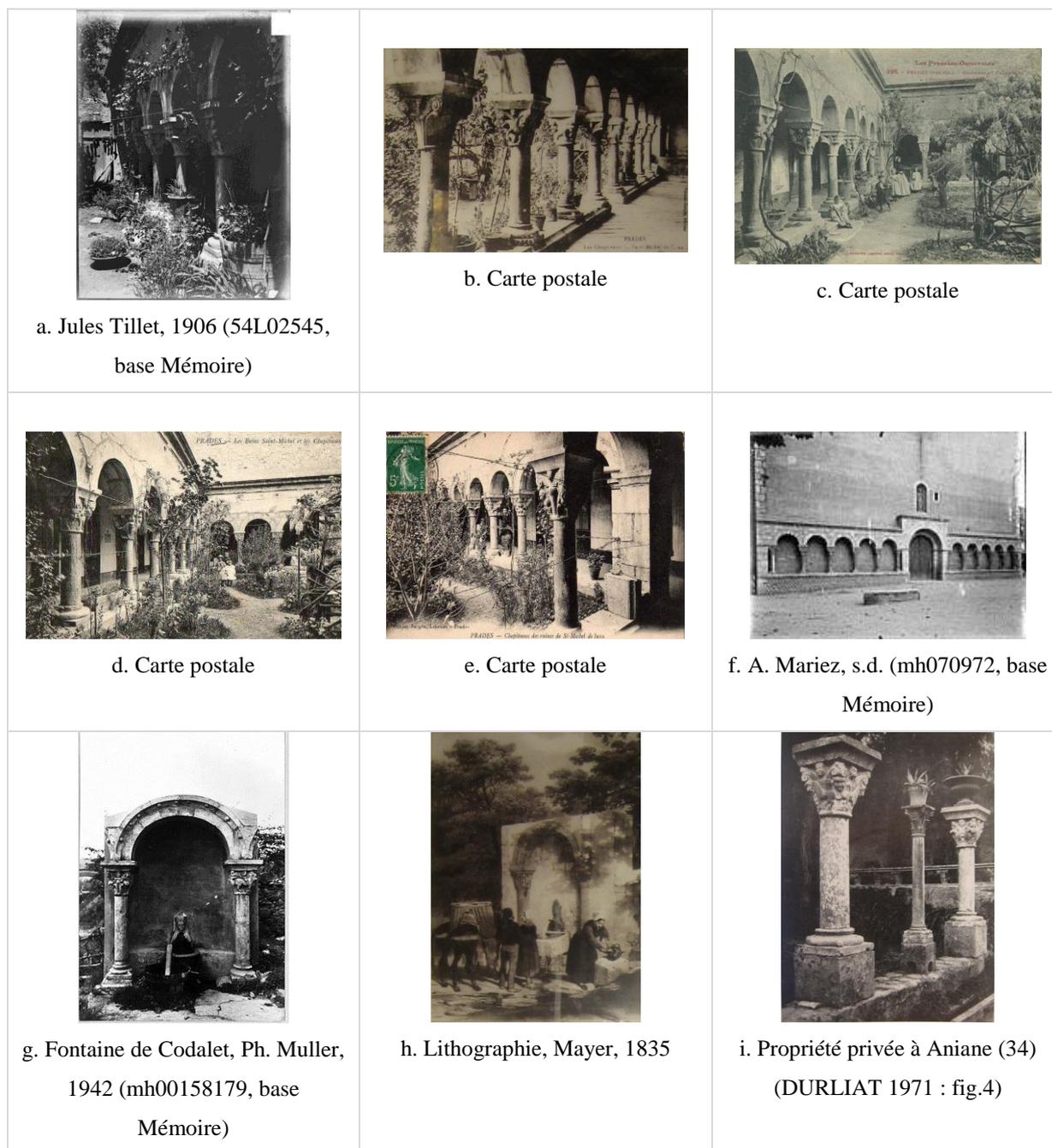


Figure 127 : Photographies des chapiteaux de Cuxa installés dans l'établissement des bains (a à e) et sur la façade occidentale de l'église de Prades (f), sur la fontaine de Codalet (g, h) ou dans une propriété privée d'Aniane (34) (i) (Crédit photos base Mémoire : Ministère de la Culture et de la Communication, Médiathèque de l'architecture et du patrimoine, diffusion RMN-GP).

Le premier point problématique concerne le nombre de colonnes initialement installées autour du cloître. Le plan de Castelnau en figure 64 (fig.121, a) et celui de Géraldine Mallet seulement 63 (fig.126), la différence se situant dans la claire-voie ouest de la galerie sud (8 colonnes pour Castelnau, 7 pour Mallet) (MALLET 2000 : 56, plan VI). Le problème a été résolu par la mesure de l'entraxe (2 m) effectuée sur la colonnade alors qu'elle était installée

sur la façade de l'église de Prades (MALLET 2000 : 45) (fig.127, f). Le cloître ne pouvait compter plus de 63 colonnes.

Concernant l'anastylose virtuelle du cloître, la conclusion unanime est qu'il est impossible de le restituer avec exactitude en raison des problèmes d'attribution de certains chapiteaux et de l'absence de données sur leur emplacement et leur orientation : seulement 35 chapiteaux sur les 63 d'origine ont retrouvé une place autour du cloître, quatre étant entreposés sur des étagères dans la salle capitulaire (MALLET 2002 : 155). L'architecte en chef des monuments historiques alors en charge de la restauration en 1950, Sylvain Stym-Popper, conscient de l'impossibilité de restituer le cloître à l'identique (MALLET 2000 : 224), (MALLET 2002 : 153), a réalisé une « présentation avantageuse de quelques éléments authentiques » rachetés aux différents propriétaires ou découverts lors de fouilles programmées au moment des travaux de restauration (fig.128). Parmi eux, huit chapiteaux n'appartenaient pas au cloître mais à la tribune (MALLET 2000 : 56, plan VI).

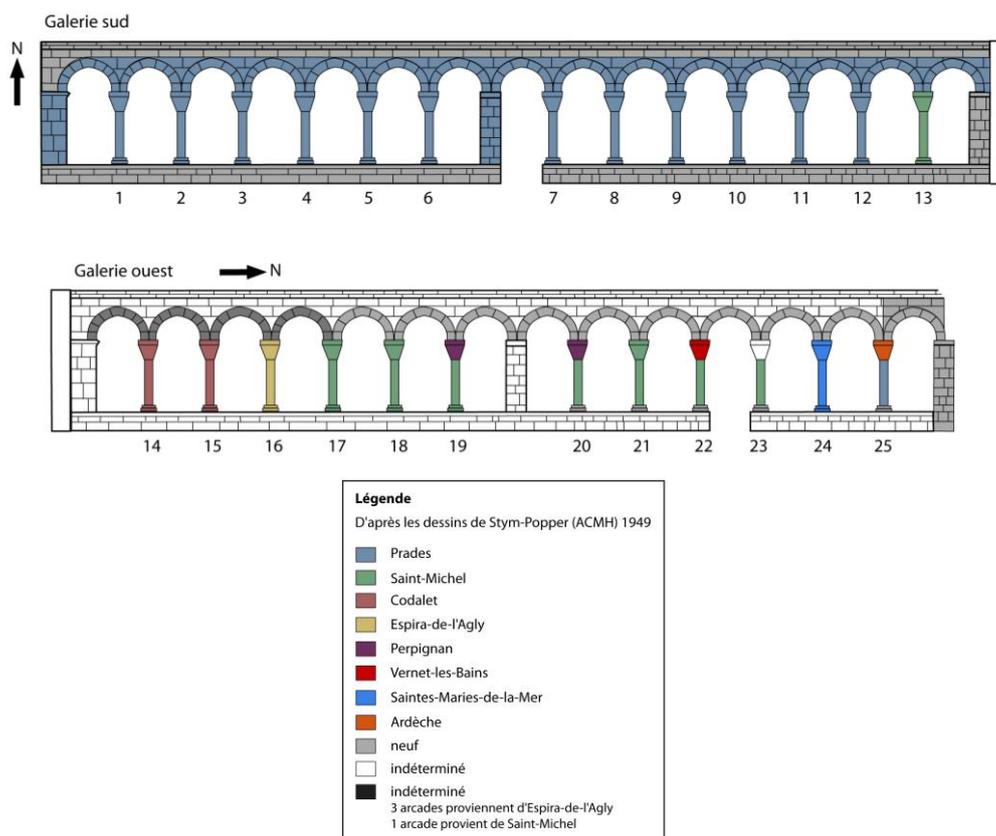


Figure 128 : Dessin vectoriel des galeries sud et ouest d'après les dessins de Sylvain Stym-Popper (MALLET 2002 : 152-153, fig.3-4) (vectorisation : Aurélie Favre-Brun). Les couleurs signalent les lieux où étaient conservés les éléments du cloître avant leur réimplantation par Stym-Popper.

Les études de Marcel Durliat et de Géraldine Mallet, historiens de l'abbaye de Cuxa, ont permis de retrouver, avec une grande certitude⁶⁵, l'emplacement d'origine de 6 chapiteaux, dont 2 sont problématiques (DURLIAT 1971 : 15), (MALLET 2000 : 46-48), (MALLET 2002) (tableau 9). Les deux historiens se sont appuyés sur deux photographies prises par Trutat vers 1862 (fig. 129, haut) (DURLIAT 1980 : 194) et plusieurs dessins réalisés au XVIII^e siècle ou quelques années précédant le démontage du cloître (DURLIAT 1980). Tandis que les anciennes lithographies montrent l'angle sud-est du cloître avant l'effondrement du clocher nord en 1839 (fig.121, b, c, d), sans que l'on discerne la forme des chapiteaux, les éléments du cloître documentés et identifiables sont les colonnes de l'angle sud-ouest. La comparaison faite entre les photographies et le cloître actuel confirme que les chapiteaux actuellement visibles ne sont pas les originaux, exposés au Cloisters Museum (fig. 129). De plus, il a été démontré que les chapiteaux installés dans l'établissement des bains de Prades ne provenaient pas de la galerie sud mais des galeries nord, est et peut-être ouest (MALLET 2002 : 155). Au final, 14 chapiteaux sur les 63 pourraient retrouver leur place autour du cloître (MALLET 2000 : 53). Mais malgré cette quasi-certitude, il n'est pas possible de les orienter correctement en raison de la similitude des quatre faces.

⁶⁵ Certaines iconographies (gravures, photographies) sont suffisamment détaillées pour situer les chapiteaux dans l'espace et les orienter correctement.

Localisation d'origine	Localisation actuelle, n°inventaire
Ouest 14 (photo Trutat)	<i>Cloisters Museum</i> 25.120.626 (Mallet) <i>Cloisters Museum</i> 25.120.636 (Durliat)
Ouest 15 (photo Trutat)	<i>Cloisters Museum</i> 25.120.630 (?) (Mallet)
Ouest 16 (photo Trutat)	<i>Cloisters Museum</i> 25.120.615 (?) (Mallet) <i>Cloisters Museum</i> 25.120.621 (Durliat)
Ouest 17 (photo Trutat)	<i>Cloisters Museum</i> 25.120.578
Ouest 18 (photo Trutat)	<i>Cloisters Museum</i> 25.120.621 (Mallet)
Ouest 19 (photo Trutat)	<i>Cloisters Museum</i> 25.120.861
Sud 12 (photo Trutat)	<i>Cloisters Museum</i> 25.120.617
Sud 13 (photo Trutat)	<i>Cloisters Museum</i> 25.120.633
Galerie nord (dessin Villeneuve 1834)	?
Galerie nord (dessin Villeneuve 1834)	?
?	Musée du Louvre RF1539 (Mallet)
?	Vernet-les-Bains (château) (Mallet)
?	Vinça (privé) (Mallet)

Tableau 9 : Le croisement des informations a permis de retrouver la position d'origine de quelques éléments déplacés sur le site ou aux Etats-Unis (DURLIAT 1971 : 15), (MALLET 2000 : 46, note 89 ; 48, note 92).



Figure 129 : Comparaison entre deux photographies anciennes (DURLIAT 1971 : fig.8-9) prises par Trutat vers 1862 (DURLIAT 1980 : 194) et le cloître actuel (Aurélien Favre-Brun © laboratoire MAP (UMR 3495 CNRS/MCC), 2010).

Un second groupe de colonnes, représenté dans la lithographie de Louis Villeneuve, exécutée en 1834 et publiée dans les *Voyages pittoresques et romantiques dans l'ancienne France* (TAYLOR et al. 1835 : pl. 161), a également été restitué avec une certitude élevée. Le problème de la localisation spatiale, que regrettait Géraldine Mallet en 2000 (MALLET 2000 : 46), a été résolu grâce à la spatialisation du dessin⁶⁶. La mise en correspondance de points communs entre l'image 2D et la maquette 3D a permis de retrouver le lieu de la « prise de vue ». Mais, l'identification des chapiteaux semble néanmoins impossible à résoudre en raison de la similarité entre les exemplaires (fig.130).

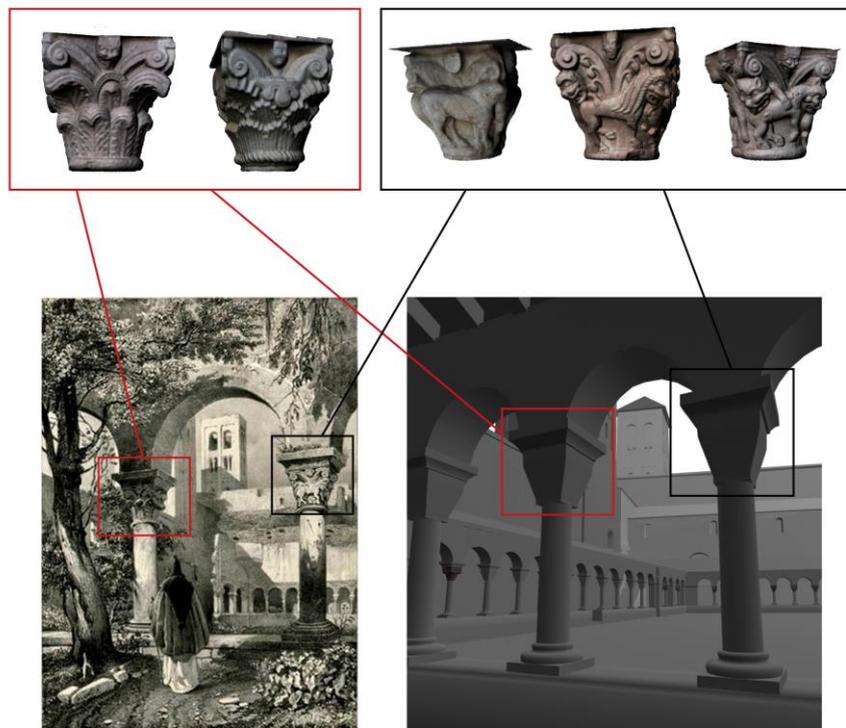


Figure 130 : La spatialisation du dessin permet de retrouver l'emplacement de deux chapiteaux.

Pour les éléments disparus ou exposés aux Etats-Unis, le recours aux sources historiques et aux technologies numériques n'a pas été suffisant pour proposer une réimplantation virtuelle. Même si nous avons pu traiter les relevés numériques effectués au *Cloisters Museum*, il n'aurait pas été possible de proposer une restitution exacte du cloître en raison de l'impossibilité de connaître leur emplacement d'origine et leur orientation. Pour ceux-là, nous avons choisi de les représenter dans le modèle 3D sous la forme générique d'un chapiteau.

⁶⁶ Programme NUBES Forma pour Autodesk Maya, développé par le laboratoire LABORATOIRE MAP (UMR 3495 CNRS/MCC).

Au-delà de la question des chapiteaux, le cloître devait être entouré de constructions. Les représentations iconographiques des XVIII^e et XIX^e siècles montrent des bâtiments possédant un étage sur les côtés est, ouest et sud (MALLET 2000 : 27). Mais qu'en est-il pour les trois périodes qui nous préoccupent ?

Le long de la galerie ouest, les études archéologiques réalisées récemment sur le logis du Sacristain Majeur (ALESSANDRI et al. 1999), (ALESSANDRI, HUSER, MOLINIER 2012) ont démontré qu'un bâtiment dit « initial » précédait l'église de la Trinité et la salle capitulaire : ses dimensions conservées donnent une longueur de 24 m, une largeur de 7,50 m et une hauteur de 6,10 m. Du côté occidental, il ne subsiste que la fondation du mur. De l'autre côté, le mur oriental est percé de trois portes couvertes d'un arc outrepassé, dont la plus au nord dessert aujourd'hui la salle capitulaire. Elles devaient donner accès à un espace partagé en commun avec l'église Saint-Michel (un cloître ?). Les sondages ont mis au jour trois niveaux de sol établis en paliers suivant le dénivelé naturel du terrain d'est en ouest : le plus haut, à l'est, se situe au niveau des seuils des portes, le plus bas (de 2 m), à l'ouest, caractérise une aire de circulation extérieure au bâtiment. Le XI^e siècle est marqué par la construction de l'église de la Trinité, de la crypte du Pessebre et des chapelles souterraines, amputant le bâtiment « initial » de sa partie méridionale⁶⁷. Les bas-côtés de l'église Saint-Michel ont été prolongés vers l'ouest, formant deux galeries encadrant un espace à ciel ouvert (atrium) : seule la galerie nord est conservée. Les études archéologiques de l'élévation ont permis de restituer, à l'intérieur, trois travées établies en paliers d'est en ouest en réponse au dénivelé du sol et à la construction des chapelles souterraines. De plus, une porte de communication avec le cloître présumé a été ménagée dans le mur nord. Un escalier, dont il ne subsiste aucune trace, devait être ancré dans le mur est du bâtiment initial, bouchant la porte la plus méridionale. La création au XI^e siècle d'un nouveau circuit de circulations, d'ouest en est et du nord au sud, pouvant accueillir d'importantes processions (SAPIN 2003 : 51-63), peut expliquer le percement de cette porte d'accès et le choix d'implanter le cloître à cet endroit au XII^e siècle.

Pour l'aile orientale du cloître, nous savons, grâce au plan de Castelnau (fig.121, a) et au dessin de 1834 de Villeneuve (fig.121, d), qu'il existait, au XVIII^e siècle, un bâtiment à deux étages. Les deux dessins antérieurs de Basterot, exécutés avant l'effondrement du clocher nord (fig.121, b, c), ainsi que les dessins montrant l'abbaye après la tempête de 1839 (fig.121,

⁶⁷ Une porte d'accès a été créée, desservant directement la crypte depuis le bâtiment « initial », impliquant un décaissement du sol d'1,35 m.

e, f) n'offrent pas un point de vue suffisamment large pour se faire une idée de l'apparence du bâtiment (emprise spatiale : hauteur, longueur, liaison avec le cloître et le clocher nord ; présence, nombre, forme des baies).

Du côté nord, nous ne savons rien. A l'exception du plan de Castelnaud, aucune représentation ni traces archéologiques visibles ne permet d'affirmer qu'il existait un bâtiment le long de la galerie du cloître avant 1779.

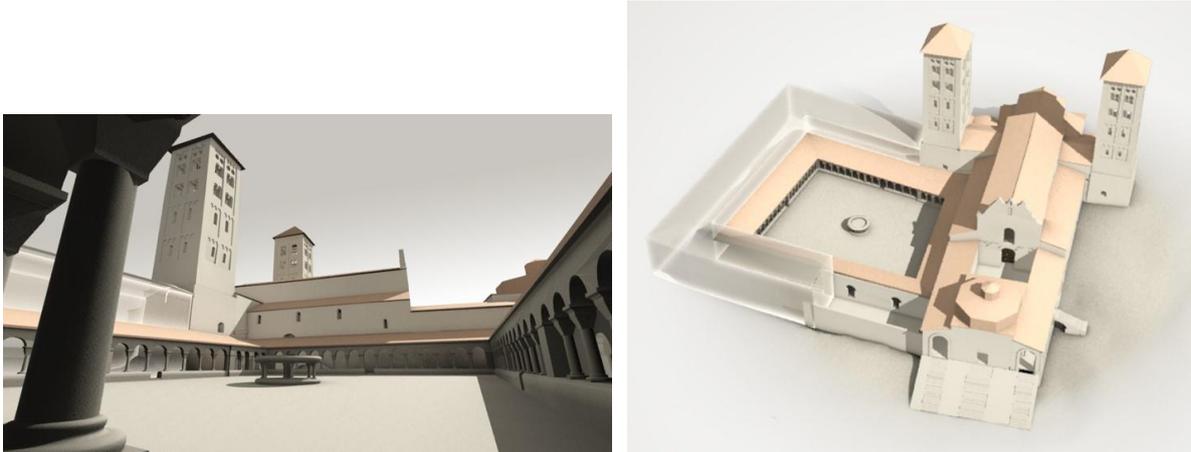


Figure 131 : Modèles 3D de l'abbaye au XII^e siècle, sous l'abbatit de Grégoire. Les découvertes archéologiques récentes n'ont pas pu être intégrées à la représentation 3D : le bâtiment initial, figuré, à gauche, comme un espace à ciel ouvert, était en fait couvert.

Les conclusions de l'étude archéologique sur le logis du Sacristain Majeur ne confirme pas la présence d'un cloître préroman avant le XII^e siècle. Aucune trace ne permet d'affirmer qu'il existait une construction à l'emplacement du cloître actuel. Peut-être faut-il imaginer un cloître primitif construit en bois ? La seule mention de l'existence d'un cloître au début du XI^e siècle provient de l'ouvrage relatant la vie de saint Pierre Orseolo, doge de Venise, écrit par un moine anonyme vers 1075⁶⁸ : « on déposa les restes du doge dans le cloître, à côté de la porte de l'église » (MALLET 2000 : 25, note 23). Géraldine Mallet imagine un cloître primitif couvert d'un appentis et charpenté, justifié par la présence de corbeaux et de solins conservés dans le mur nord de l'église et le mur est de la salle capitulaire (MALLET 2000 : 46).

⁶⁸ Anonyme, *Acta Sanctorum ordinis Sancti Benedicta*, Paris, 1685, tome V, p.887.

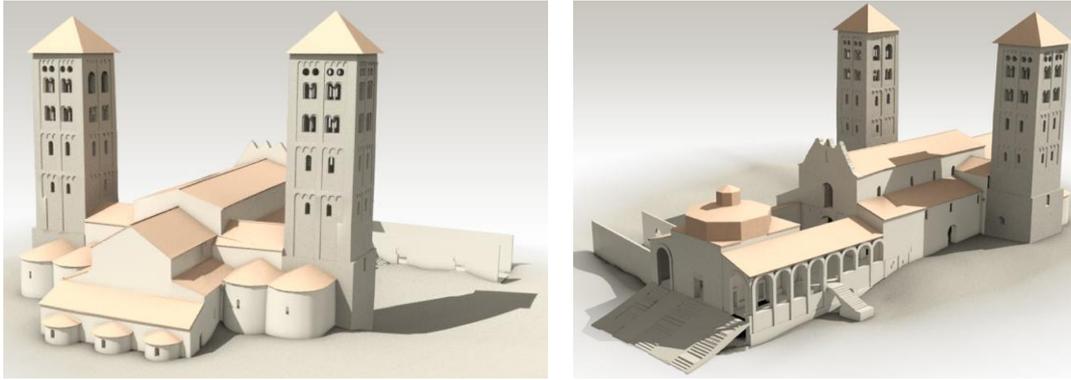


Figure 132 : Modèles 3D de l'abbaye au XI^e siècle, sous l'abbatiat d'Oliba.

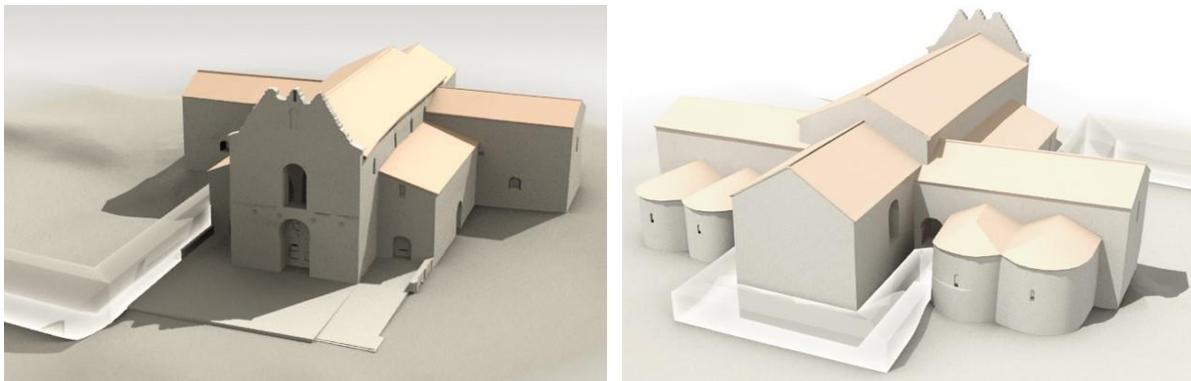
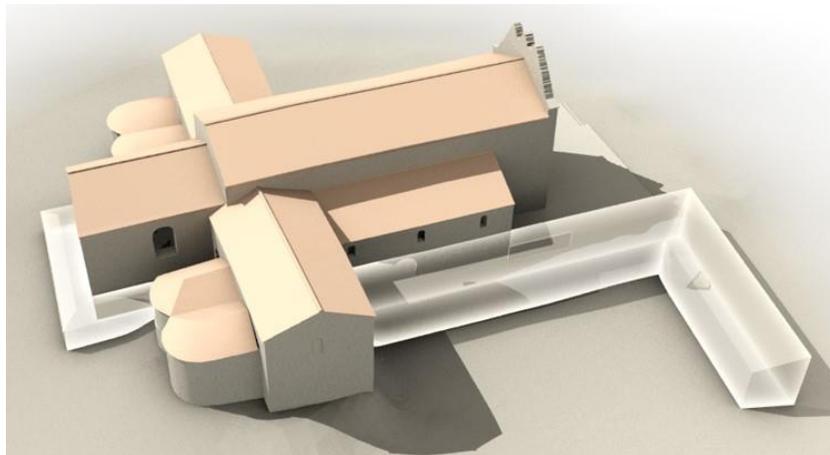


Figure 133 : Modèles 3D de l'abbaye au X^e siècle, sous l'abbatiat de Garin. Le bâtiment initial découvert lors de l'étude archéologique du logis du Sacristain Majeur, publiée après la construction du modèle 3D, n'apparaît pas dans la maquette 3D.

En conclusion, l'intégration tardive du projet à la thèse n'a pas permis de faire des recherches plus approfondies. En conséquence, plusieurs points n'ont pas été abordés.

Des analyses comparatives pourraient permettre de proposer une restitution des bâtiments entourant le cloître fondée sur les connaissances de l'organisation et de la fonction des espaces dans un monastère bénédictin. Une anastylose virtuelle complète du cloître pourrait

également être réalisée, utilisant les fichiers numériques existants et les connaissances accumulées par les spécialistes. Enfin, la théorie relative à la présence d'une galerie installée en étage dans l'église de la Trinité pourrait être simulée en 3D.

L'utilisation, au cours des réunions de travail, des modèles 3D comme supports de réflexion a permis d'exclure plusieurs théories concernant la hauteur du déambulatoire du chœur de l'église Saint-Michel (obstruant les deux baies) et la couverture de l'église de la Trinité. De plus, la restitution virtuelle des structures disparues (clocher nord, église de la Trinité, atrium, cloître) permet de mieux saisir ce que devait être l'abbaye au moment de sa plus grande expansion.

Toutefois, les techniques numériques et la 3D ont montré des limites : malgré la précision des représentations iconographiques de quelques chapiteaux, il n'est pas possible de retrouver leur orientation en raison de la similarité entre les décors ornant les quatre faces. Le problème nous est apparu pour le cloître mais il est le même avec l'anastylose virtuelle de la tribune.

Annexe 9 – Application des compétences au programme 2013 du plan de numérisation

Dans le cadre du plan de numérisation 2013 du Ministère de la Culture et de la Communication, j'occupe le poste de responsable de la numérisation 3D à la chartreuse de Villeneuve lez Avignon, depuis avril 2013 et jusqu'en avril 2014. L'objectif tend vers deux directions : la première consiste à construire les modèles 3D des huit états temporels significatifs de l'évolution du monument ; la seconde vise à valoriser et communiquer les archives qui retracent l'histoire de la chartreuse racontée à travers les études scientifiques (campagnes de restaurations architecturales, recherches archéologiques, ethnologiques et sur les jardins) ainsi que les activités artistiques accueillies depuis la fondation du CIRCA en 1973.

Dans la mesure où la longue histoire de la chartreuse est à l'origine d'une très grande quantité d'archives, le projet 2013 a été restreint au secteur du cloître Saint-Jean comprenant les douze cellules entourant le cloître, le tinel et la cave du pape. Le cloître visible aujourd'hui date de la seconde fondation de la chartreuse (1372) (fig.134, d). Il occupe l'emplacement présumé du premier palais du cardinal Etienne Aubert (fig.134, a) seulement documenté par un dessin de restitution (SOURNIA, VAYSETTES 2006 : 202-203) (fig.135) et quelques vestiges archéologiques repérés dans l'actuel cloître (HARTMANN-VIRNICH et al. 2004), la cellule U (MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2002), les appartements du pape (cellules J1, J2, J3) (HARTMANN-VIRNICH, MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2005) et la cave du pape (HARTMANN-VIRNICH, MARKIEWICZ, PRIBETICH-AZNAR 2010). A la suite de l'élection pontificale du cardinal en 1352, le palais est doté, à l'est, d'une salle consistoriale (fig.134, b) richement ornée de fresques par Matteo Giovanetti, largement conservées dans la chapelle Saint-Jean-Baptiste mais seulement visibles à quelques endroits dans l'actuelle salle de spectacle (tinel) aménagée vers 1980. Le décès d'Innocent VI (1362) et l'incendie de son palais (1365) marquent un tournant dans l'histoire du monument : Pierre de Monteruc érige, à partir de 1372, douze nouvelles cellules pour les pères chartreux (fig.134, d) et la salle du consistoire abrite le réfectoire des moines. Aucune transformation majeure ne touche le secteur, à l'exception de la construction au XVI^e siècle par François Royers de la Valfenière d'une fontaine qui distribue l'eau dans chaque cellule⁶⁹, couverte au XVIII^e siècle par une

⁶⁹ La fontaine est décrite par Noël Lacombe : « Grande vasque à margelle octogonale. Au centre, un piédestal octogonal s'arrondissant en dôme à la partie supérieure, supportant une statue représentant le Christ portant sa

coupole construite par l'architecte Jean-Baptiste Franque. La Révolution française et les occupations privées ont profondément remanié certains bâtiments : le réfectoire perd sa toiture, des voies de circulation sont créées causant le percement des murs et les cellules sont modernisées (fig.136). Les campagnes de restauration du XX^e siècle et l'installation du CIRCA en 1973 ont permis de réhabiliter les lieux : les cellules ont été aménagées pour accueillir des résidents et une salle de spectacle (tinel) a été créée dans le réfectoire (fig.137).

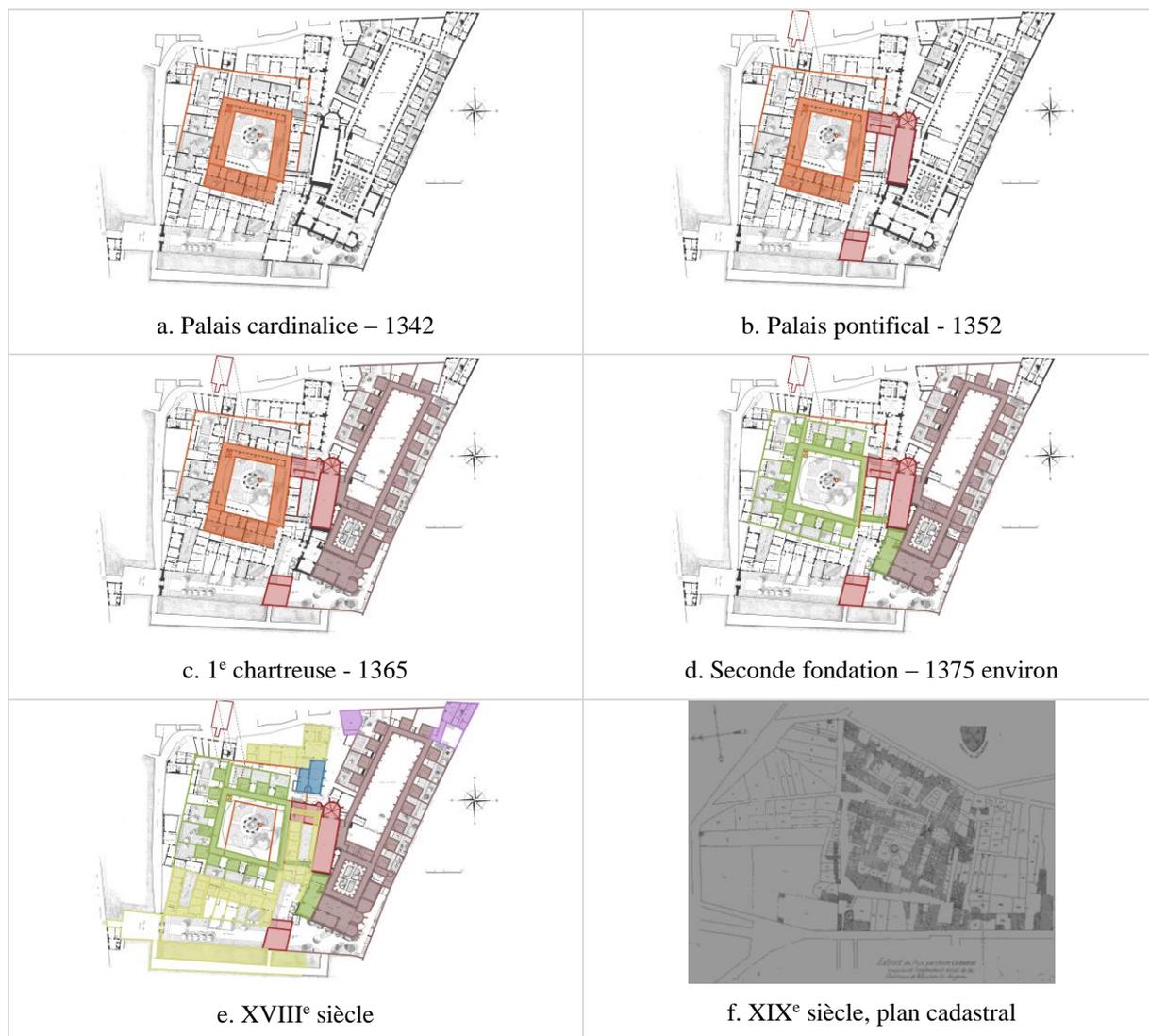


Figure 134 : Plans de la chartreuse à différentes périodes : a, b, c, d, e : d'après (SOURNIA, VAYSETTES 2006 : 202, 209, 213, 293) ; f (COULONDRES 1876).

croix. L'eau s'écoulait dans un bassin par quatre mascarons ornant quatre des faces du piédestal. » (LACOMBE 1990 : 208)

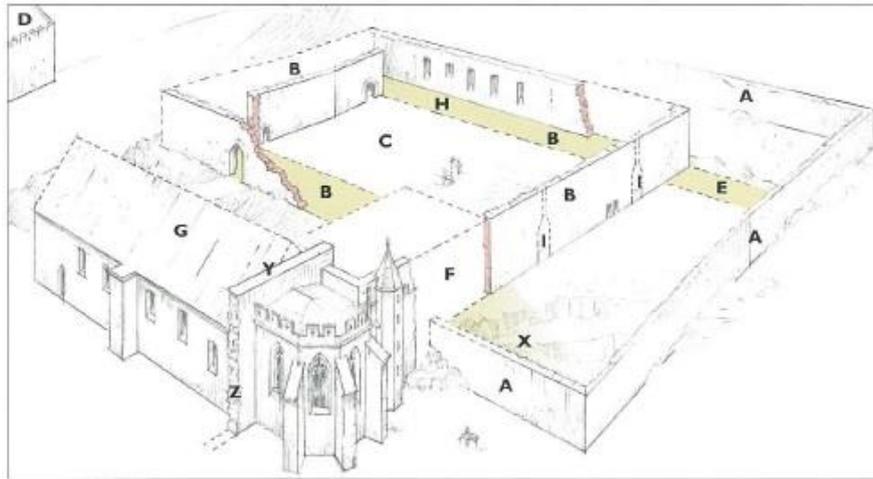


Figure 135 : Dessin de restitution du palais pontifical en 1352 (SOURNIA, VAYSSETTES 2006 : 203).

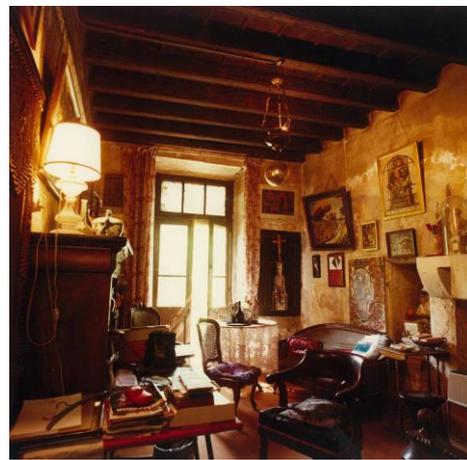


Figure 136 : Cellule d'Hélène Cingria située dans l'angle nord-ouest du cloître Saint-Jean (actuelles cellules R et S) (photos : Roland Laboye, 1983).

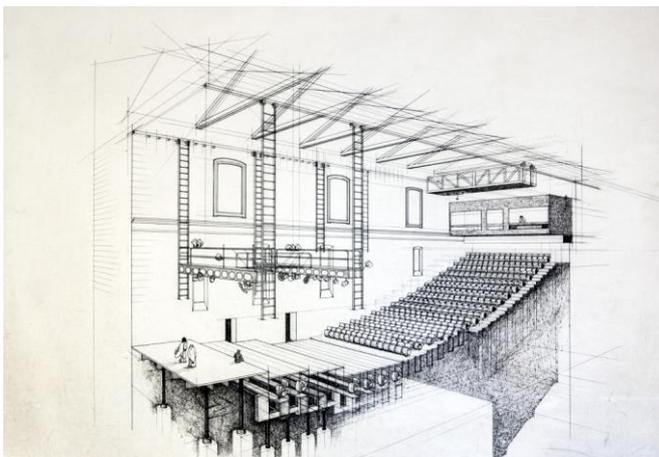


Figure 137 : Plan de coupe du tinel dessiné par l'architecte François Seigneur (cabinet EPSA) (photo : Alex Nollet © CIRCA, 2012) et travaux d'aménagement (photo : Bernard Tournois, 1979).

L'enjeu du programme 2013 du plan de numérisation est de révéler l'histoire de la chartreuse à travers ses archives, comme le montrent ces quelques photographies sorties des cartons d'archives.

Mes missions consistent en deux points :

- Valoriser les documents qui relatent les transformations de la chartreuse : il s'agit de **fouiller** dans les archives (fig.138) pour retrouver les documents intéressants concernant le cloître Saint-Jean, secteur concerné ; de **numériser** en interne ou de faire numériser ces documents par des prestataires ; de mettre en place un **dispositif de médiation** (table tactile multi-utilisateurs) installé à la chartreuse et destiné aux visiteurs, aux spécialistes du monument (historiens, archéologues, architectes) et aux résidents. Parmi les archives, j'ai dénombré un très grand nombre de documents audiovisuels (plus de 500) réalisés entre 1977 et 1985 par la Maison de l'Image et des Sons puis les Productions de la Chartreuse⁷⁰.



Figure 138 : A gauche, la salle d'archives située dans le grenier des anciens appartements du pape (aile orientale du cloître Saint-Jean) (photos : Marjorie Vandecasteele 2011) ; à droite, le local où sont stockées les archives audiovisuelles (photo : Aurélie Favre-Brun 2013).

- Construire les modèles 3D représentant les 7 principaux états de la chartreuse :
Etat 1 - 1342 : palais cardinalice,

⁷⁰ La Maison de l'Image et des Sons était une structure de formation aux métiers de l'audiovisuel. Les stagiaires proposaient des sujets de leur choix et réalisaient les reportages avec le soutien technique de cette maison. « Les Productions de la Chartreuse » était une entreprise de production de films installée dans les locaux du CIRCA.

- Etat 2 - 1352 : palais pontifical : ajout de la salle du consistoire,
- Etat 3 – 1358 : 1^e chartreuse : église, petit et grand cloîtres,
- Etat 4 - 1372 : seconde fondation : cloître Saint-Jean,
- Etat 5 – XVIII^e siècle : état précédant la Révolution,
- Etat 6 – XIX^e-XX^e siècles : occupation par des habitations privées,
- Etat 7 – état actuel.

J'ai utilisé la maquette physique installée dans le hall d'accueil de la chartreuse comme base de travail : son découpage en périodes temporelles permet de saisir les principales transformations (fig.139). La technique de la photomodélisation a été choisie pour reconstruire en 3D la volumétrie générale de chaque bâtiment composant la chartreuse. Les modèles 3D créés avec le logiciel Autodesk ImageModeler ont ensuite été retravaillés puis associés dans le logiciel de modélisation 3D Blender (*open source*) (fig.140).

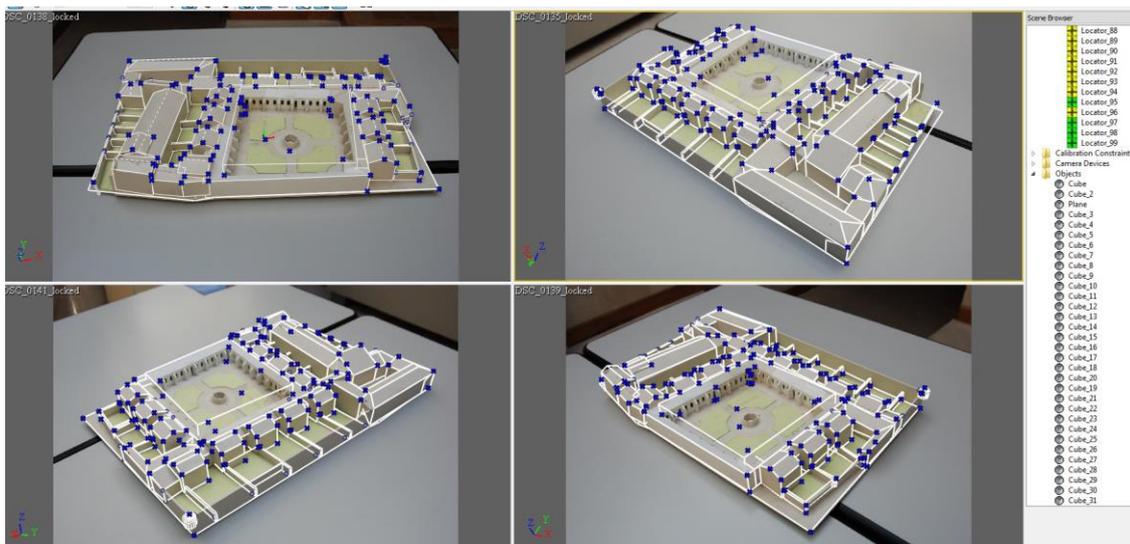


Figure 139 : Photographies de la maquette physique et photomodélisation du cloître Saint-Jean (Aurélié Favre-Brun).

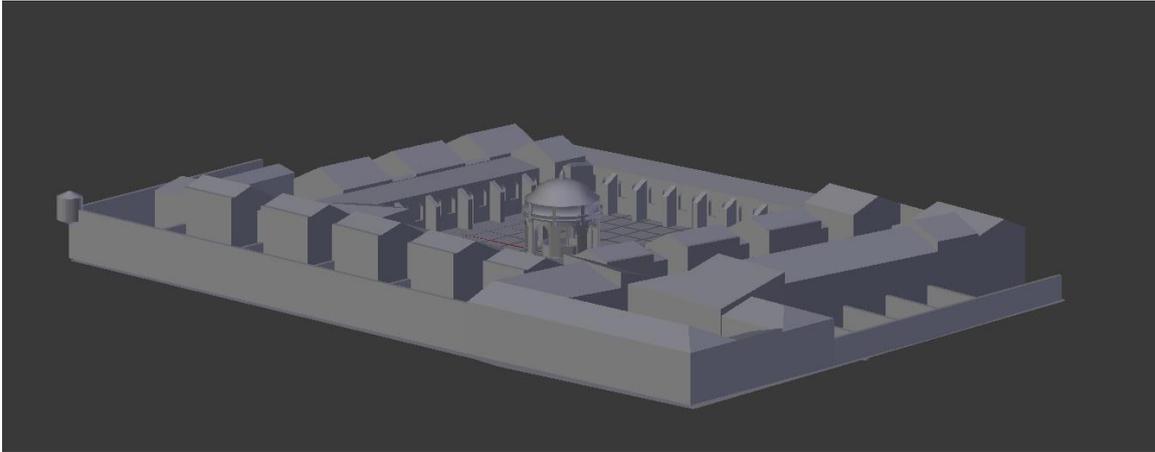


Figure 140 : Modèle 3D des cellules du cloître Saint-Jean (3D : Aurélie Favre-Brun, 2013).

En décembre 2013, une préfiguration de l'application sera disponible sur le site internet de la chartreuse. La création sur une image pré calculée de la maquette 3D de plusieurs zones interactives, permettra, par un clic, d'accéder à une sélection de photographies montrant les travaux de restauration, des portraits de résidents, des évènements artistiques ou encore la visite de François Mitterand en juillet 1981, accompagnées des programmes des Rencontres d'Eté, d'affiches d'expositions et de quelques exemplaires des premiers numéros du *Bulletin et Lettre de la chartreuse*.

L'objectif pour avril 2014 est de présenter aux visiteurs du monument une première version de l'application tactile comprenant trois modèles 3D présentant le palais cardinalice, la chartreuse au XVIII^e siècle et l'état actuel, auxquels seront liés un certain nombre de documents d'archives (photographies, films, modèles 3D d'objets) relatifs aux bâtiments entourant le cloître Saint-Jean.

La poursuite de cet ambitieux et passionnant programme de recherche et de valorisation des archives dépend essentiellement de l'allocation de subventions par les institutions culturelles...