

UNIVERSITE DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

UFR Lettres, Langues et Sciences Humaines

Recherche sur les différentes étapes techniques de l'étude des blocs d'architecture : du relevé à l'impression 3D

Annexes



Sous la direction de François Quantin et de Frédéric Léonardi

Septembre 2015

Présenté le par Pauline Salanave Péhé

Département d'Histoire

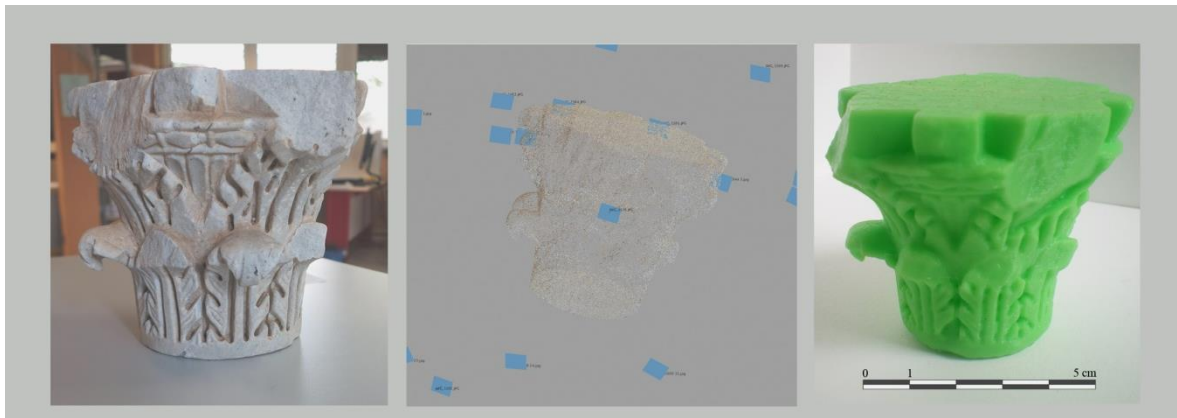
Parcours archéologie

Master 1 Histoire, Archéologie et Anthropologie

Année 2014/2015

Recherche sur les différentes étapes techniques de l'étude des blocs d'architecture : du relevé à l'impression 3D

Annexes



Sous la direction de François Quantin et de Frédéric Léonardi

Septembre 2015

Présenté par Pauline Salanave Péhé

Département d'Histoire

Parcours archéologie

Master 1 Histoire, Archéologie et Anthropologie

Année 2014/2015

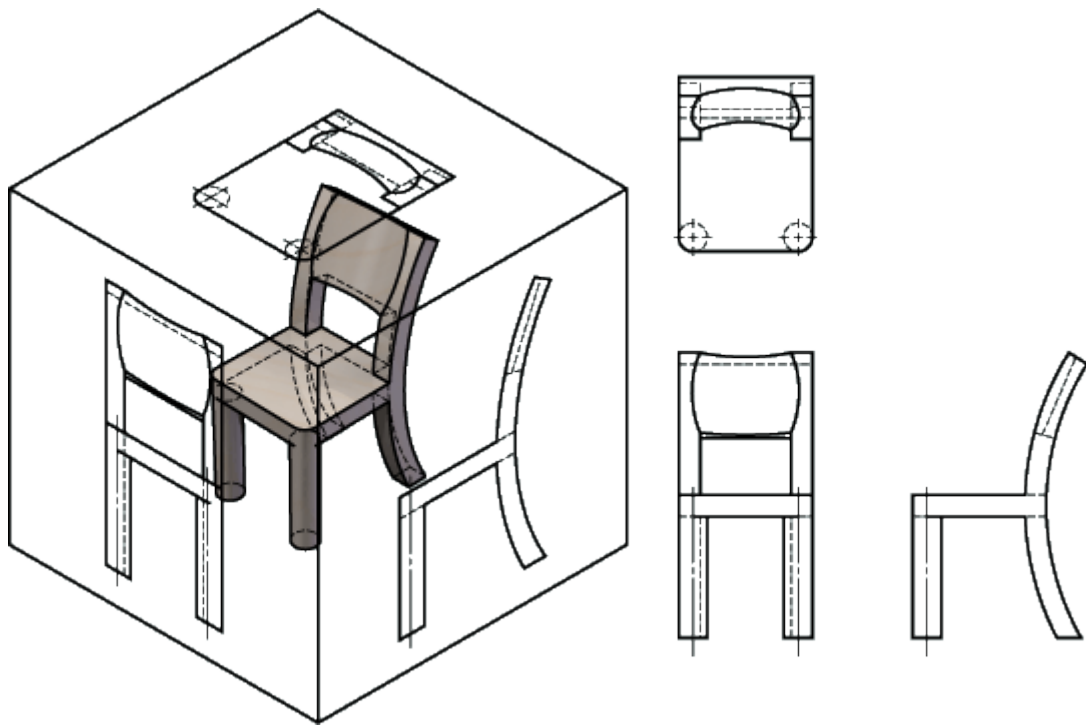
Sommaire

ANNEXE 1 : PREMIER DIETRE, LE GEOMETRAL PAR PROJECTION AMERICAINE.....	6
ANNEXE 2 : NICEPHORE NIEPCE, POINT DE VUE PRIS D'UNE FENETRE, 1826.....	7
ANNEXE 3 : LOUIS DAGUERRE, LE BOULEVARD DU TEMPLE, 1839	8
ANNEXE 4 : LA CHRONOPHOTOGRAPHIE DE MUYBRIDGE	9
ANNEXE 5 : MARCEL DUCHAMPS, LE NU DESCENDANT DE L'ESCALIER, 1912	10
ANNEXE 6 : PHOTOGRAPHIE DE LA PORTE DE KHORSABAD PRISE PAR GABRIEL TRANCHAND	11
ANNEXE 7: VISITE VIRTUELLE DE LA VILLA GALLO-ROMAINE DE LOUPIAN	12
ANNEXE 8 : RELEVÉ GRAPHIQUE ET RELEVÉ PAR PHOTOGRAMMETRIE DU BLOC B.10.3 ..	13
ANNEXE 9 : PLAN ET ELEVATION DU PULPITUM DU THEATRE DE BELO.....	15
ANNEXE 10 : NUMERISATION DES PLANS POUR UNE MODELISATION	16
ANNEXE 11 : RECONSTITUTION DU PULPITUM.....	17
ANNEXE 12 : PHOTO, GEOMETRAL ET RECONSTITUTION DU BLOC 4406 DU PULPITUM	18
ANNEXE 13 : MODELISATION DE LA GRANDE ABBATIALE A CLUNY	19
ANNEXE 14 : INSERTION DES CHAPITEAUX NUMERISES DANS LA MODELISATION INTERIEURE DE LA GRANDE ABBATIALE DE CLUNY	20
ANNEXE 15 : PRINCIPE DU STEREOGRAMMETRIE.....	21
ANNEXE 16 : LE NUAGE DE POINT	22
ANNEXE 17 : L'ETAPE DU MAILLAGE	23
ANNEXE 18 : L'ETAPE DU TEXTURE.....	24
ANNEXE 19 : NUMERISATION DE VESTIGES ARCHEOLOGIQUES PAR LA TECHNIQUE DE LA LASERGRAMMETRIE.....	25
ANNEXE 20 : NUMERISATION PAR LASERGRAMMETRIE LE NUAGE DE POINT ET LE MAILLAGE.....	26
ANNEXE 21 : NUMERISATION PAR LASERGRAMMETRIE LA TEXTURE	27
ANNEXE 22 : LE BALLON CINEORAMA.....	28
ANNEXE 23 : LE SIMULATEUR LINK.....	30
ANNEXE 24 : LE SENSORAMA.....	31
ANNEXE 25 : LE PREMIER CASQUE DE LA REALITE AUGMENTEE	32
ANNEXE 26 : PERSONNE EQUIPEE D'UN VISIOPASQUE	33
ANNEXE 27 : TAXONOMIE MILGRAM	34
ANNEXE 28 : REALITE VIRTUELLE DU COLISEE	35
ANNEXE 29 : FEEL REAL REALITE VIRTUELLE	36

ANNEXE 30 : IMAGE A BONNE ECHELLE AFIN DE POUVOIR LA TRAVAILLER.....	37
ANNEXE 31 : IMAGE MNS ET IMAGE MNT	38
ANNEXE 32 : DECOUVERTE CONSTRUCTIONS MAYAS AVEC UN DRONE.....	39
ANNEXE 33 : THERMOGRAPHIE.....	40
ANNEXE 34 : FICHE TECHNIQUE DE L'IMPRIMANTE 3D TOUCH.....	42
ANNEXE 34 : FICHE TECHNIQUE DE L'IMPRIMANTE ULTIMAKER 2.....	43
ANNEXE 35 : TABLEAU DE COMPARAISON ENTRE LES IMPRIMANTES 3D TOUCH ET L'IMPRIMANTE ULTIMAKER 2.....	44
ANNEXE 36 : IMAGE TIREE DU SITE THINGIVERSE	45
ANNEXE 37 : MODELISATION D'UN BLOC ISSU DU PULPITUM DU THEATRE DE BELO	46
ANNEXE 38 : MODELISATION D'UN TAMBOUR WINCH SUR CATIA REALISE EN COUR	47
ANNEXE 39 : NUMERISATION DU CHAPITEAU, LE NUAGE DE POINTS ET L'AJOUT DE LA TEXTURE	48
ANNEXE 40 : LE RELEVÉ DE COUPE DU SONDRAGE DE 2M² A ANTCHULOGIA	49
ANNEXE 40 : PHOTOGRAPHIE DE LA COUPE NORD ET OUEST DU SONDRAGE A ANTCHULOGIA.....	50
ANNEXE 41 : PHOTOGRAPHIES DE L'AVANCEE DES FOUILLES DU SONDRAGE DE 2M² A ANTCHULOGIA.....	51
ANNEXE 42 : NUMERISATION DE LA VILLE DE POMPEI.....	52
ANNEXE 43 : NUMERISATION PAR LASERGRAMMETRIE DE LA VILLA DIOMEDE.....	53
ANNEXE 44 : NUMERISATION DE LA TABLETTE CUNEIFORME 211, DE 2050 AVANT J.-C. DE LA CITE D'UR EN MESOPOTAMIE	55
ANNEXE 45 : TRACES D'USURES DES FONTAINES A POMPEI	56
ANNEXE 46 : PROJET STANFORD DIGITAL FORMA URBIS ROMAE	57
ANNEXE 47 : RESTITUTION VIRTUELLE DE LA CHAPELLE DE MOISSAC	59
ANNEXE 48 : DIFFERENTS ETATS DE LA VILLA DE LOUPIAN	64
ANNEXE 49 : PHOTOGRAPHIES DES VESTIGES ACTUELS DU THEATRE GALLO-ROMAIN D'ARLES ET DE SA RESTITUTION GRACE A LA REALITE AUGMENTEE.....	66
ANNEXE 50 : RESTITUTION DES PEINTURES MURALES DANS L'EGLISE DE LA CHARTREUSE PONTIFICALE DE VILLENEUVE-LES-AVIGNONS	67
ANNEXE 51 : GROTTTE DE LASCAUX	68
ANNEXE 52 : NUMERISATION PAR PHOTOGRAMMETRIE DU LION DE MOSOUL.....	69
ANNEXE 53 : GROTTTE DE LASCAUX 4	70
ANNEXE 54 : PROJET ARCHEOGUIDE.....	71
ANNEXE 55 : NUMERISATION DES COLLECTIONS DU MUSEE SMITHSONIAN	73
ANNEXE 56 : LE MUSEE SPACE LAB COOK-FOURNIER DE KUNSTHAUS A GRAZ.....	74
ANNEXE 57 : LE MUSEE GEORGES POMPIDOU A PARIS.....	75

ANNEXE 58 : REALITE VIRTUELLE DE LA VILLA GALLO-ROMAINE DE BAIS MIS AU JOUR EN 2009 EN BRETAGNE.....	76
ANNEXE 59 : REALITE AUGMENTEE DANS LE DOMAINE TOURISTIQUE	77
ANNEXE 60 : COMPOSITION DU CHAPITEAU CORINTHISANT	78
ANNEXE 61 : CHAPITEAU CORINTHIEN ET CHAPITEAU COMPOSITE.....	79
ANNEXE 62 : CHAPITEAU IONIQUE	80
ANNEXE 63 : CHAPITEAU COTE OMBRE LUMIERE	81
ANNEXE 64 : POSITIONNEMENT DES CIBLES.....	83
ANNEXE 65 : PHOTOGRAMMETRIE COTE NON NUMERISE	84
ANNEXE 66 : ALIGNEMENT DES PHOTOS	85
ANNEXE 67 : LE NUAGE DE POINT	86
ANNEXE 68 : LES DIFFERENTES COUCHES : MAILLAGE (A), TEXTURE (B).....	87
ANNEXE 69 : PREMIERE IMPRESSION A L'ECHELLE 1/5	88
ANNEXE 70 : DEUXIEME IMPRESSION A L'ECHELLE 1/5	89
ANNEXE 71 : CHAPITEAU ECHELLE 1 ET 1/5 DANS LE LOGICIEL CURA	91
ANNEXE 72 : LE CHAPITEAU DECOUPE A ECHELLE 1/5.....	92
ANNEXE 73 : DEFAUT D'IMPRESSION A LA BASE.....	93
ANNEXE 74 : COMPARAISON DES DEUX CHAPITEAUX IMPRIMES.....	94
ANNEXE 75 : COMPARAISON DES RETOMBEES DES FEUILLES A L'ECHELLE ¼ ET 1/5.	95
ANNEXE 76 : ORIENTATION DU CHAPITEAU PAR LES AXES X, Y ET Z ET LA FONCTION « METTRE A PLAT »	96
ANNEXE 77 : AJOUT D'UNE BORDURE (BRIM)	97
ANNEXE 78 : PHOTO DE LA BASE DU CHAPITEAU A L'ECHELLE 1/4^E	98
ANNEXE 79: CHAPITEAU IMPRIME EN DEUX PARTIES	100

Annexe 1 : premier dièdre, le géométral par projection américaine



Source : <http://www.cvm.qc.ca/geoffrio/index/dessinti/cours1/cours1.html>.

Annexe 2 : Nicéphore Niepce, point de vue pris d'une fenêtre, 1826



Reproduction retouchée par Helmut Gernsheim.

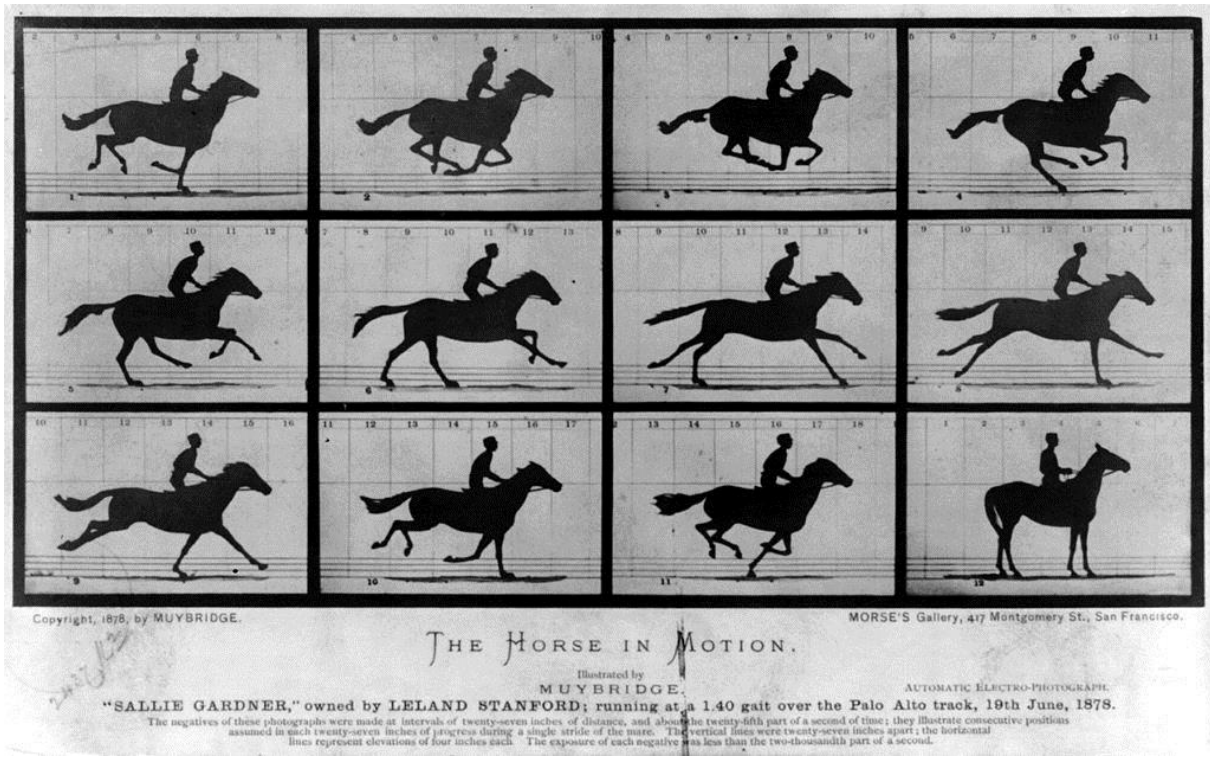
Source : http://www.niepce-daguerre.com/le_point_de_vue_du_Gras.html.

Annexe 3 : Louis Daguerre, Le boulevard du temple, 1839



Source : Les premières photographies de l'histoire, <http://www.info-histoire.com/15658/premieres-photos-histoire/>.

Annexe 4 : la chronophotographie de Muybridge



Source : Library of Congress Prints and Photographs Division;
<http://hdl.loc.gov/loc.pnp/cph.3a45870>.

Annexe 5 : Marcel Duchamps, Le nu descendant de l'escalier, 1912



Source :

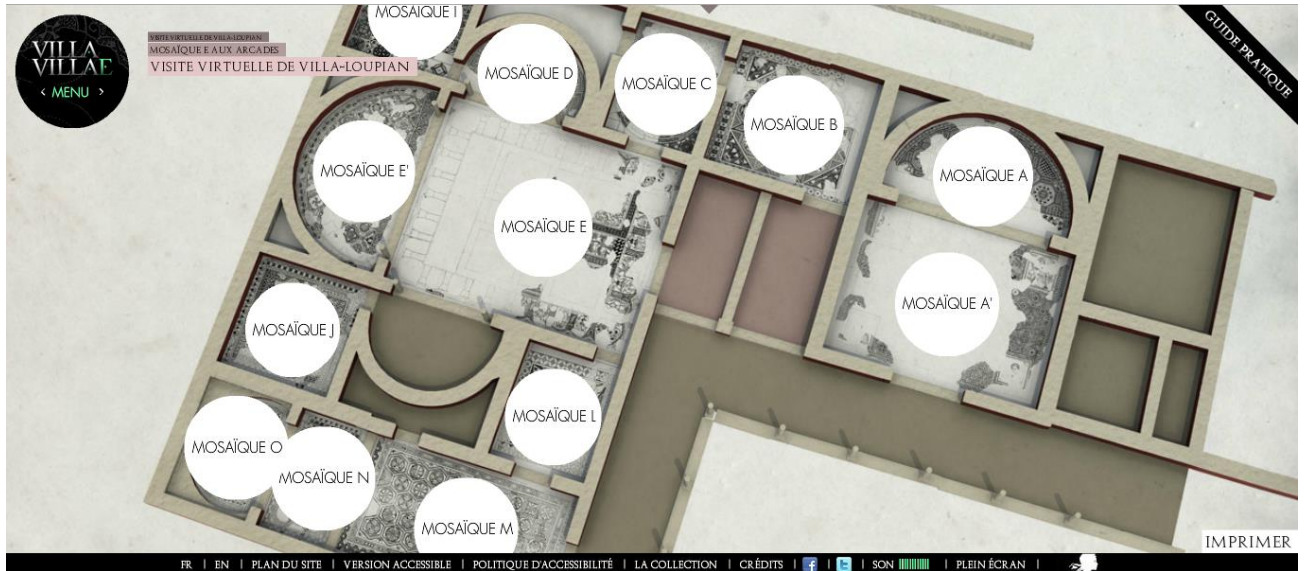
http://artspas.mangin.free.fr/repere_duchamp_marcel_fontaine_1917_14661.htm.

Annexe 6 : Photographie de la porte de Khorsabad prise par Gabriel Tranchand



Photographie conservée à Paris au Collège de France dans le fonds Maurice Pillet.

Annexe 7: Visite virtuelle de la villa gallo-romaine de Loupian



Plan de la visite virtuelle.

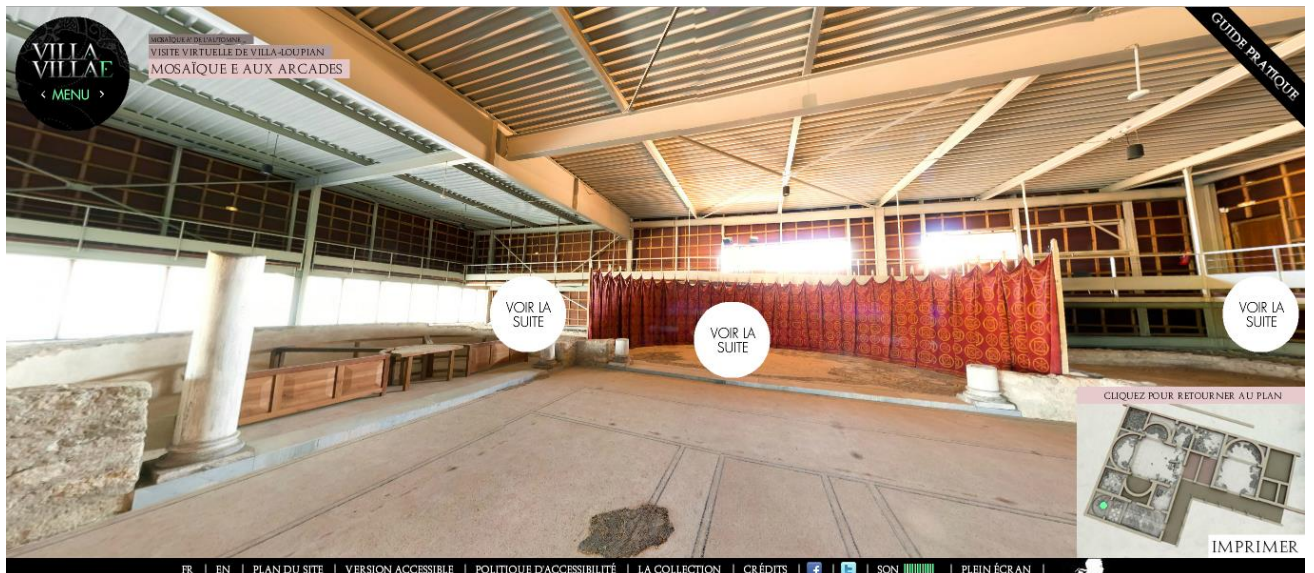


Image de la visite virtuelle.

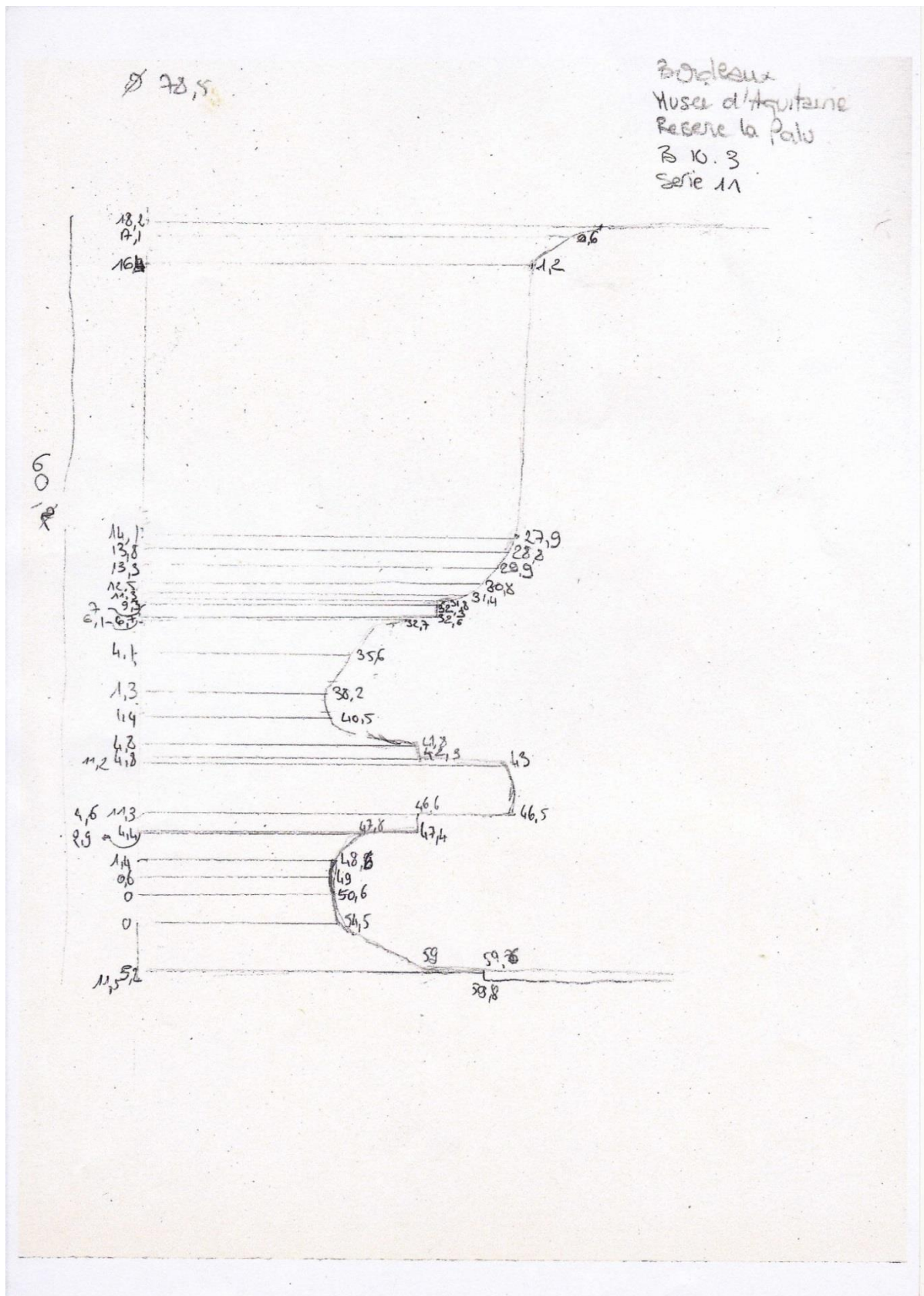
Source : <http://www.villa.culture.fr/#/fr/annexe/intro/t=Introduction>.

Annexe 8 : Relevé graphique et relevé par photogrammétrie du bloc B.10.3



Source : Véronique Picard.

Annexe 8 : Relevé graphique et relevé par photogrammétrie du bloc B.10.3,
suite

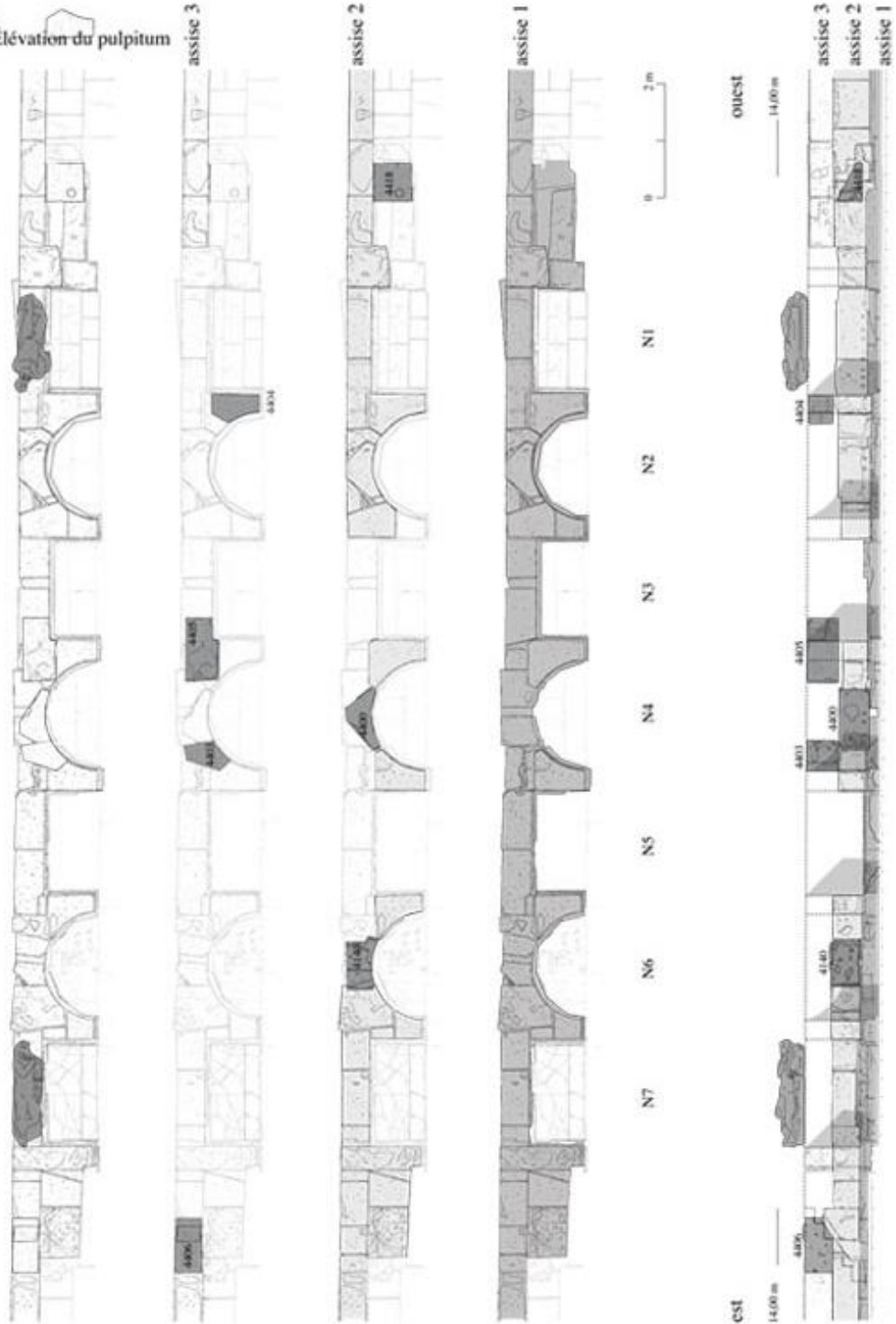


Relevé réalisé lors du stage à Bordeaux. Source personnelle.

Annexe 9 : Plan et élévation du pulpitem du théâtre de Belo.

BELO 2012

Théâtre
Plan et Élévation du pulpitem
1/100e



Source : Véronique Picard.

Annexe 10 : Numérisation des plans pour une modélisation

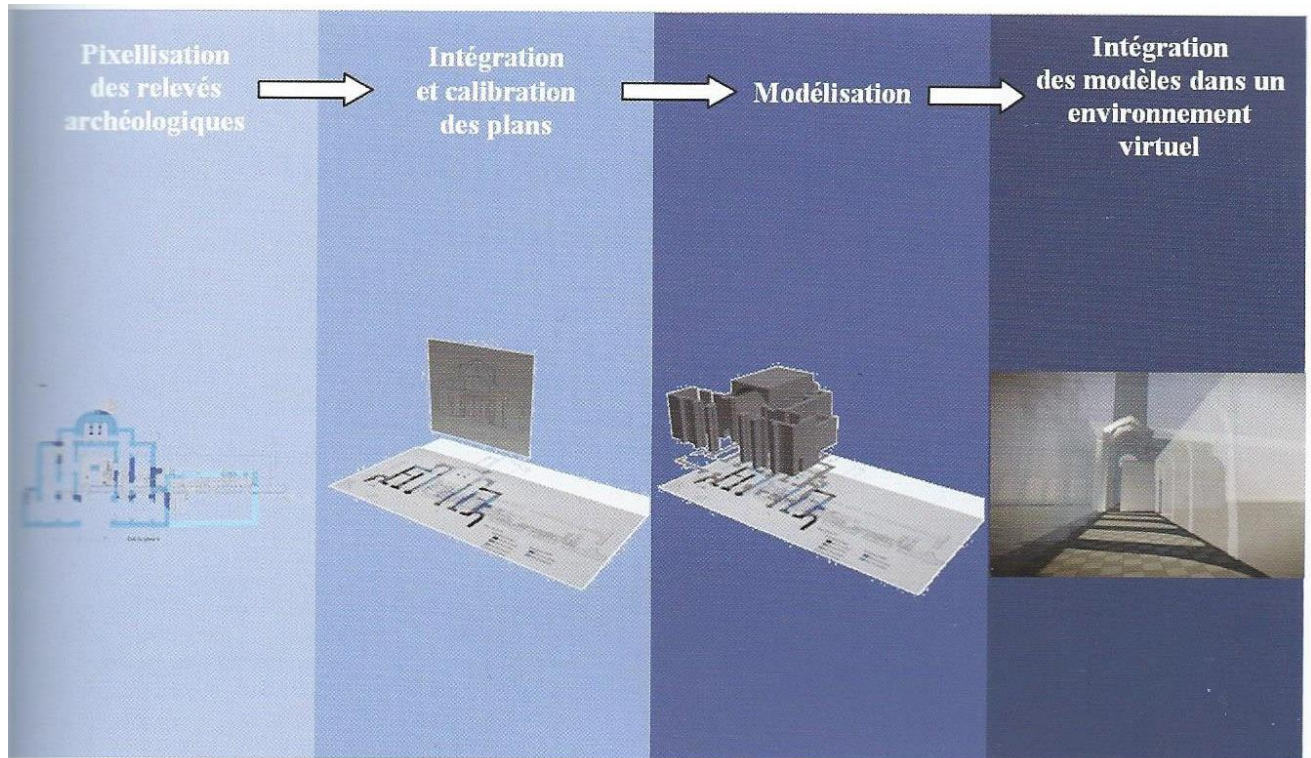


Fig. 3. Workflow de numérisation du chevet de Cluny II (Paritech ; G.Schotte, Cluny).

Sapin Christian, Schotte Guillaume, *Arch-I-Tech 2010 : [archéologie, architecture, ingénierie, technologie] : [actes du colloque, Cluny, France, 17-18-19 novembre 2010, Ausonius, Bordeaux 2011, p.61*

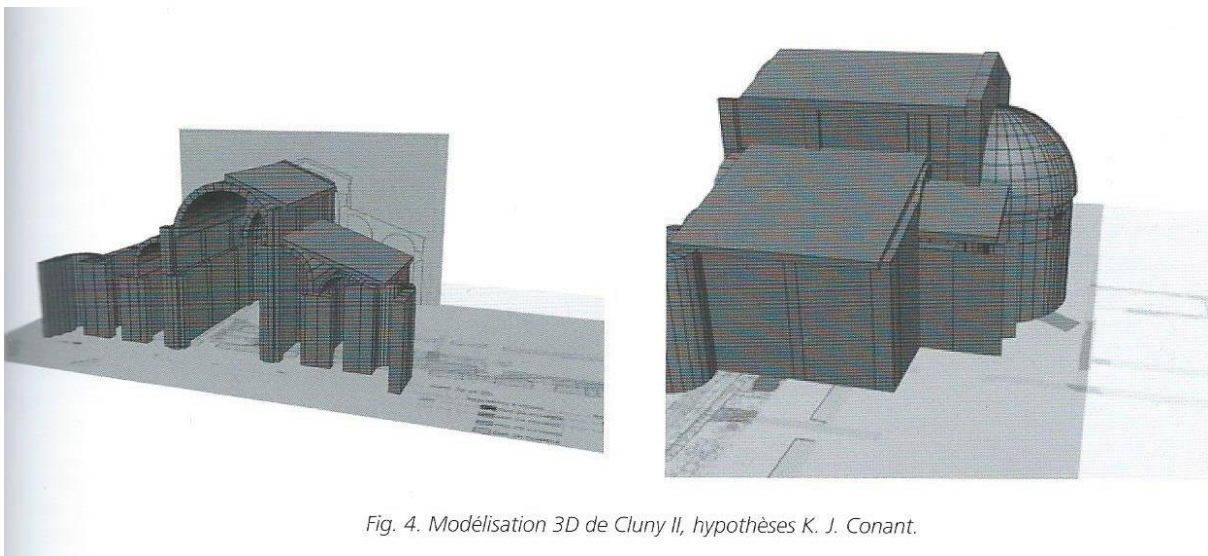
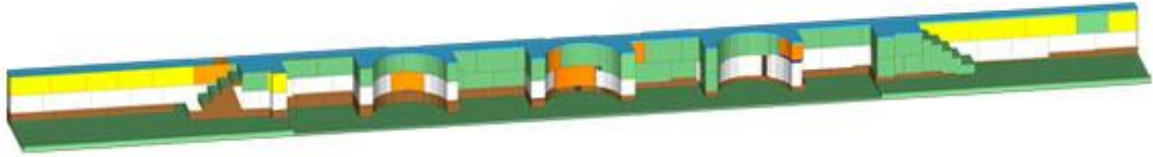


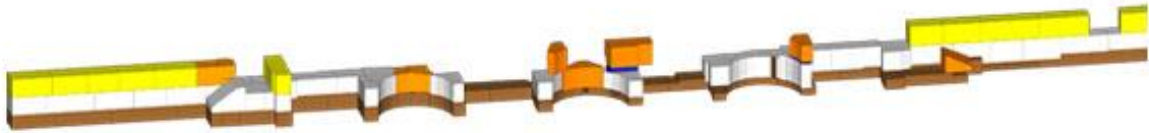
Fig. 4. Modélisation 3D de Cluny II, hypothèses K. J. Conant.

Illustration tirée de : Sapin Christian, Schotte Guillaume, *Arch-I-Tech 2010 : [archéologie, architecture, ingénierie, technologie] : [actes du colloque, Cluny, France, 17-18-19 novembre 2010, Ausonius, Bordeaux 2011, p.61.*

Annexe 11 : Reconstitution du pulpitem



Reconstitution du pulpitem



Reconstitution du pulpitem encore existant avec les blocs reconstitués



Reconstitution du pulpitem encore existant



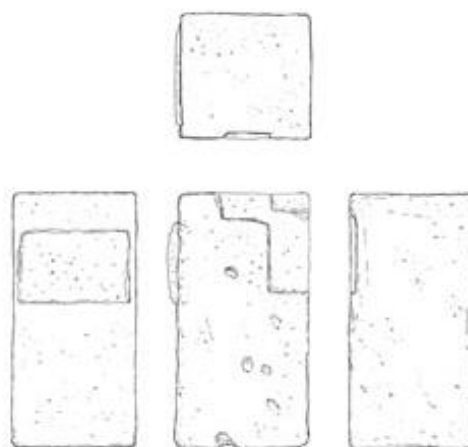
Travail de reconstitution du pulpitem lors du stage à Pau

Source personnelle.

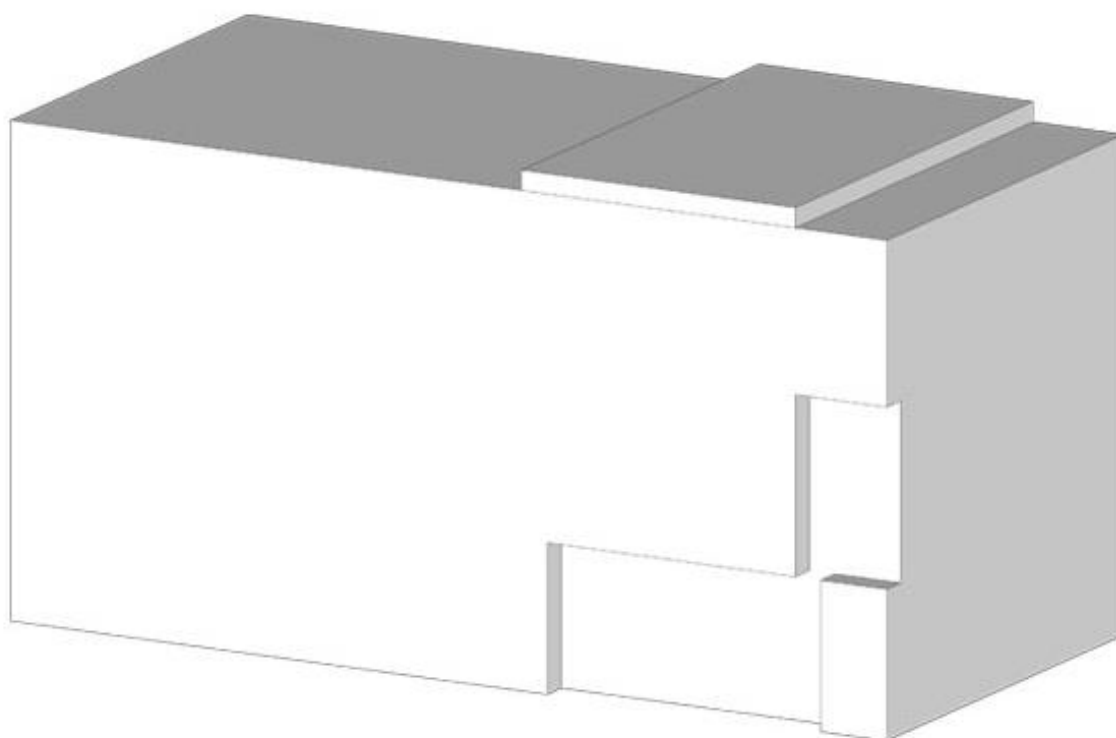
Annexe 12 : Photo, géométral et reconstitution du bloc 4406 du pulpitem



Photo du bloc 4406



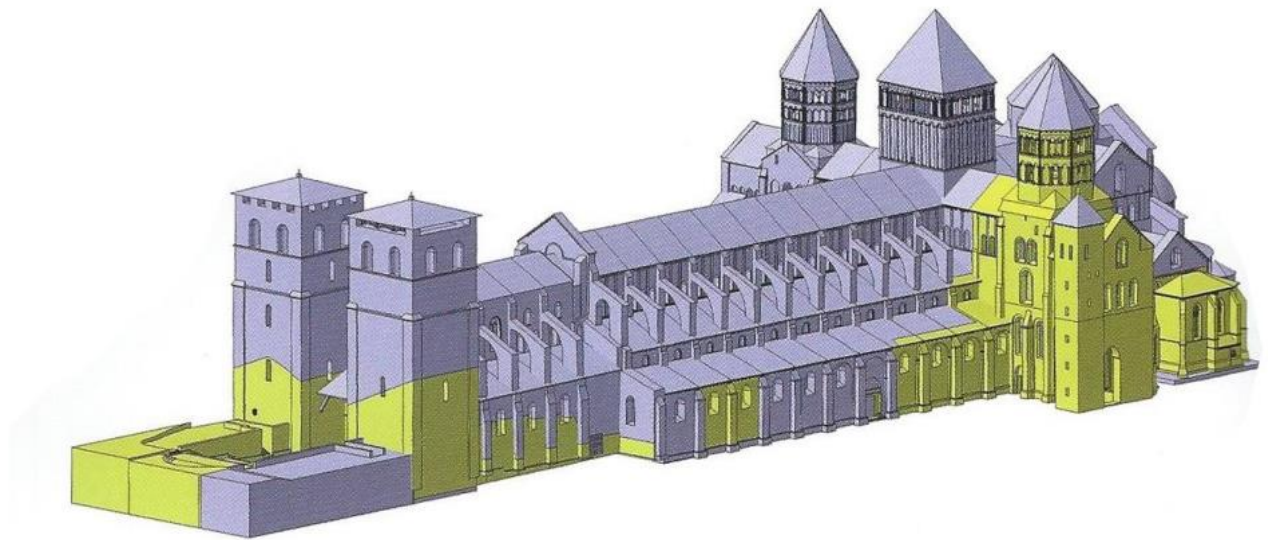
Géométral du bloc 4406



Reconstitution du bloc 4406

Source : Véronique Picard, Pauline Salanave Péhé.

Annexe 13 : Modélisation de la grande abbatale à Cluny



Baud Anne, Père Christian, *Archéovision*, « *Arch-I-Tech 2010 : [archéologie, architecture, ingénierie, technologie] : [actes du colloque, Cluny, France, 17-18-19 novembre 2010]* », Ausonius, Bordeaux, 2011, p.90.

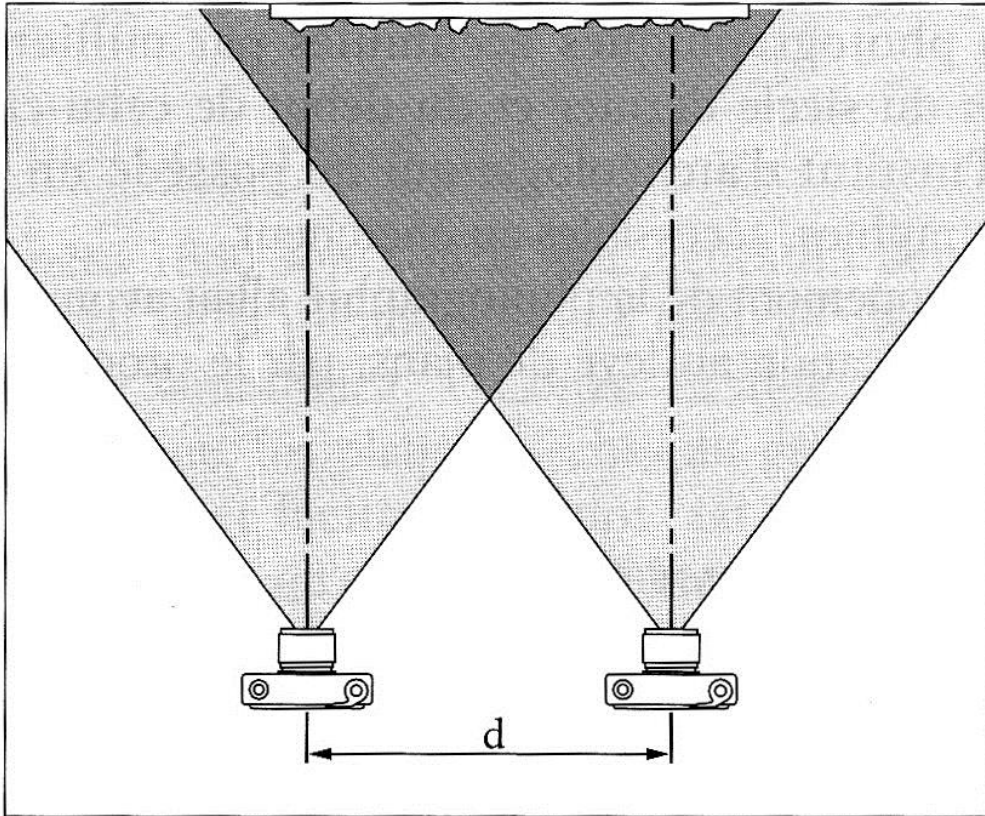
Annexe 14 : Insertion des chapiteaux numérisés dans la modélisation intérieure de la grande abbatale de Cluny



Fig. 13. L'avant nef sous Catia V5 (Crédits : ENSAM).

Illustration issue de : Baud Anne, Père Christian, *Archéovision*, « *Arch-I-Tech 2010 : [archéologie, architecture, ingénierie, technologie] : [actes du colloque, Cluny, France, 17-18-19 novembre 2010]* », Ausonius, Bordeaux, 2011, p.90.

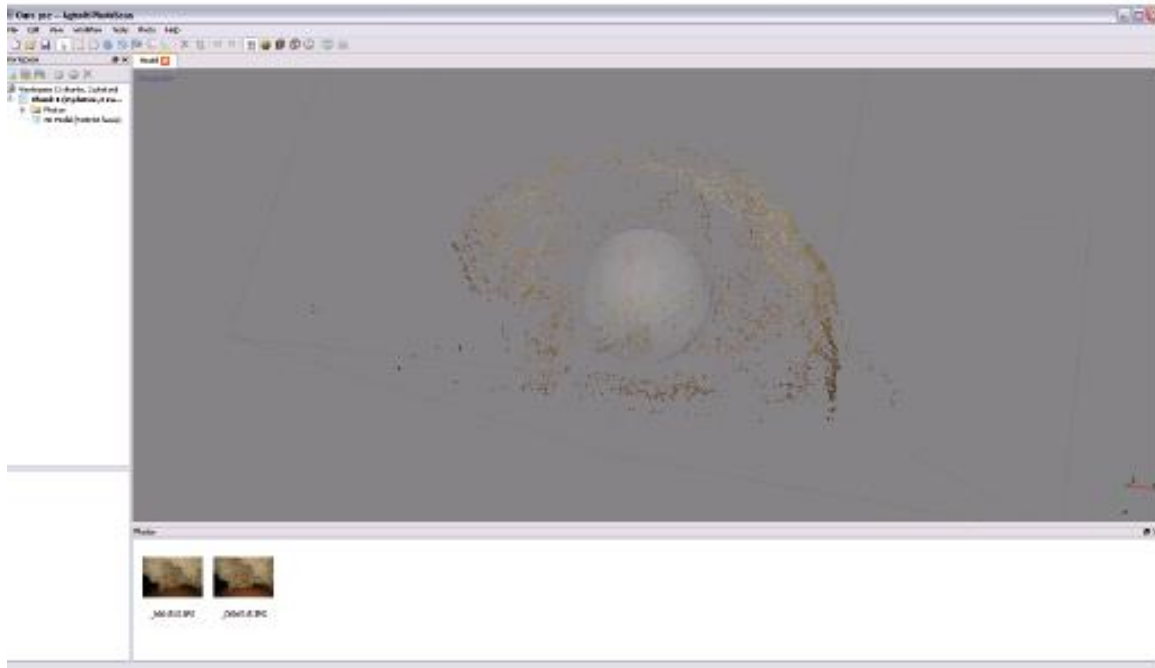
Annexe 15 : Principe du stéréophotogrammétrie



Le principe de la vue stéréophotogrammétrique
(vue en plan) ; d = distance (« base ») séparant
les axes de prise de vue des deux appareils.

Source : Jockey Philippe, *L'archéologie*, Belin, Paris 1999, p.156.

Annexe 16 : Le nuage de point

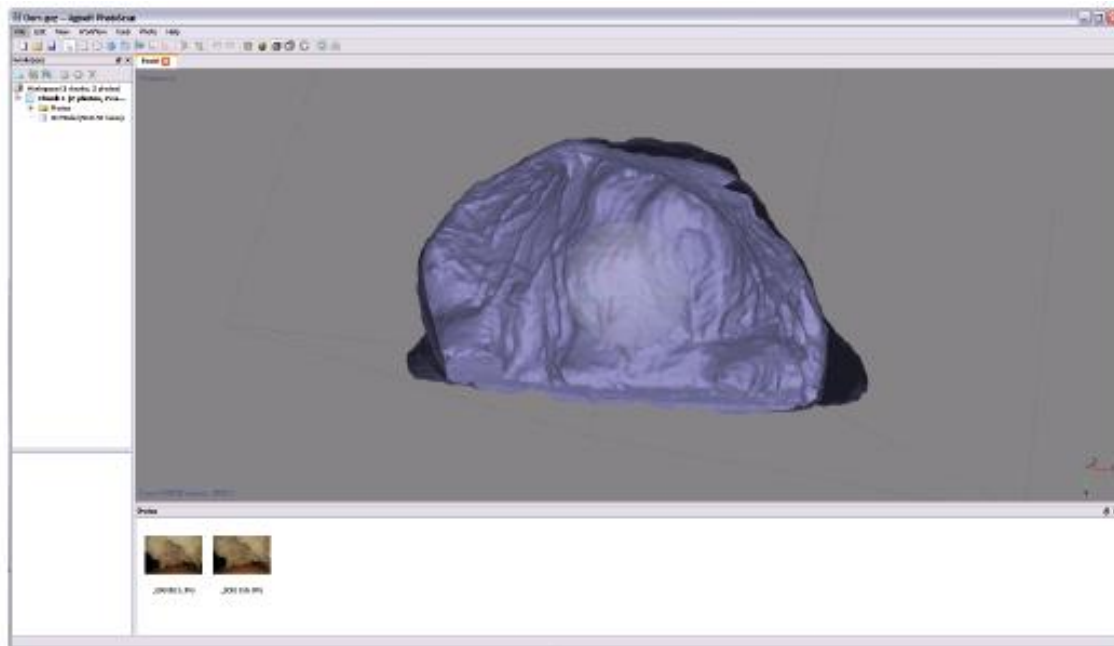


Source : C. Fritz

Panneau de l'ours – Grotte Chauvet –Travail fait sous Photoscan.

Archéodrone, <http://blogs.univ-tlse2.fr/archeodrone/photogrammetrie-par-correlation-dense/ours-2/>.

Annexe 17 : L'étape du maillage

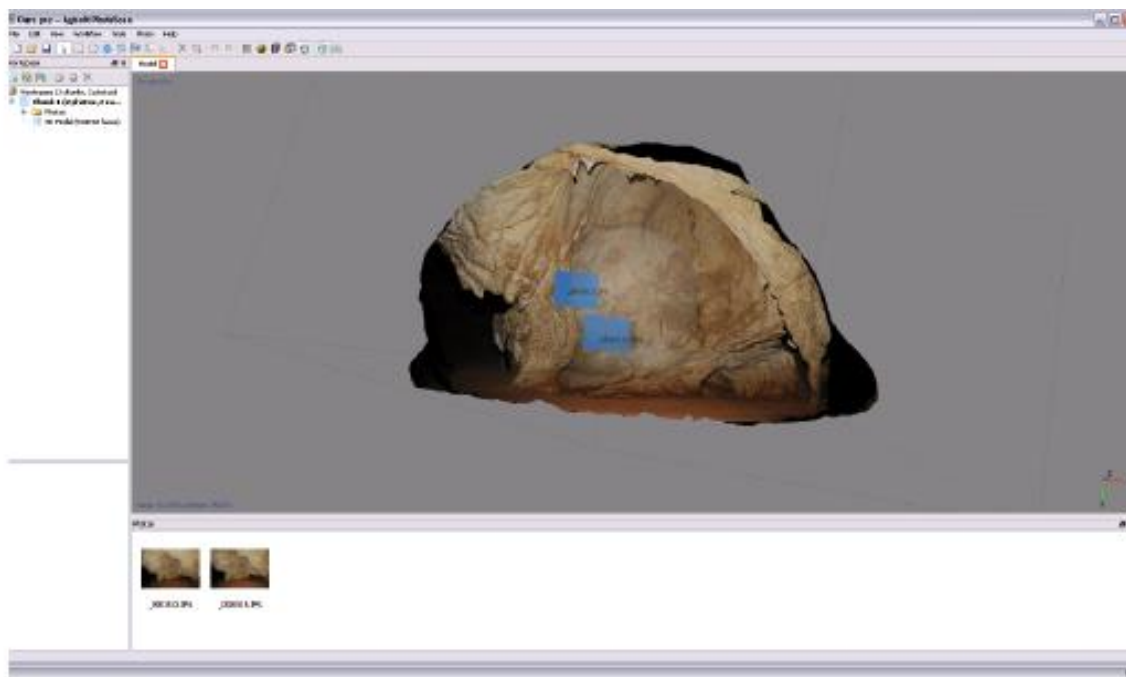


Source : C. Fritz.

Panneau de l'ours – Grotte Chauvet –Travail fait sous Photoscan.

Archéodrone, <http://blogs.univ-tlse2.fr/archeodrone/photogrammetrie-par-correlation-dense/ours-2/>.

Annexe 18 : L'étape du texture

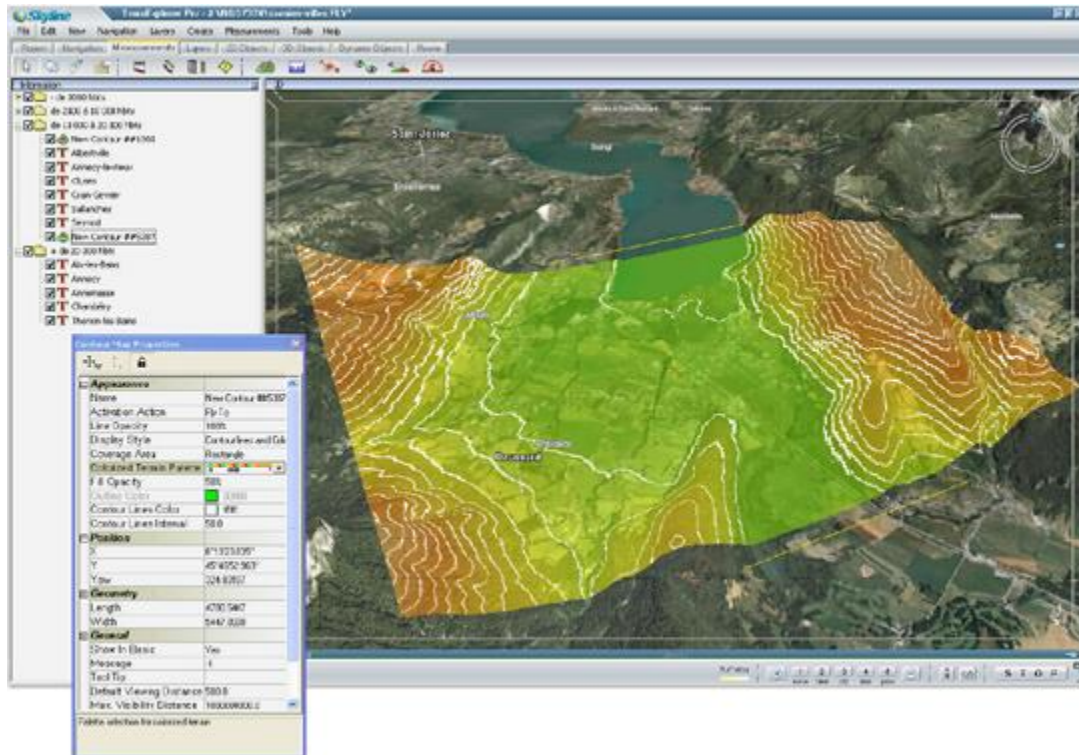


Source : C. Fritz

Panneau de l'ours – Grotte Chauvet –Travail fait sous Photoscan.

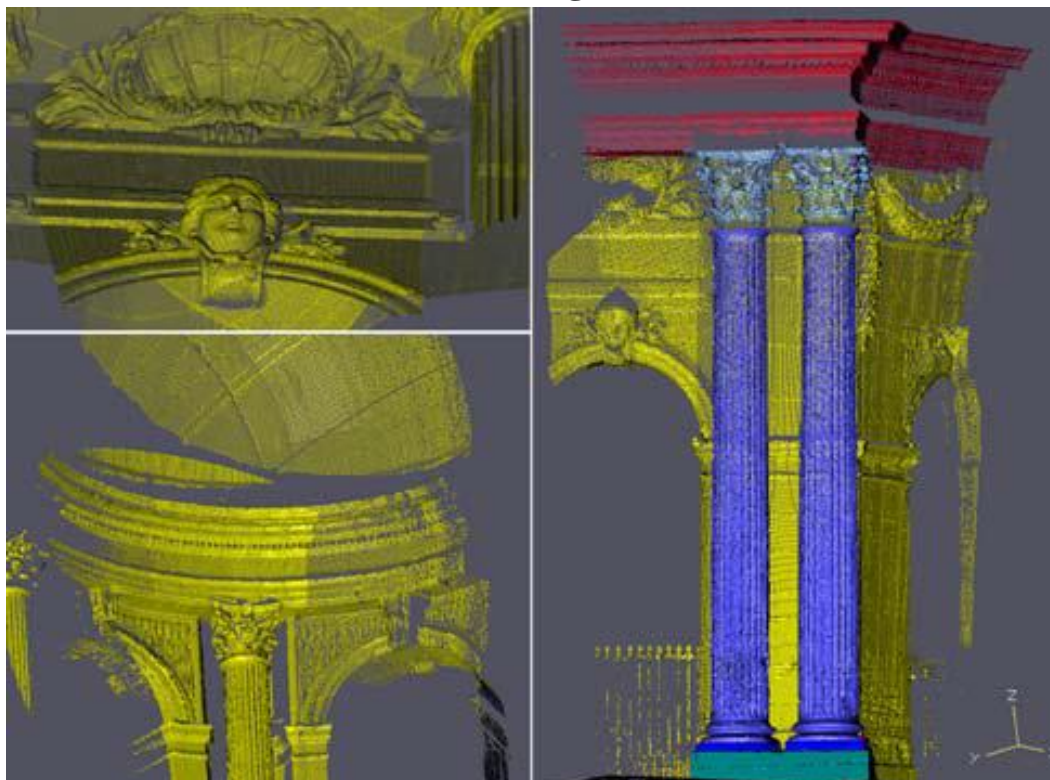
Archéodrone, <http://blogs.univ-tlse2.fr/archeodrone/photogrammetrie-par-correlation-dense/ours-2/>.

Annexe 19 : Numérisation de vestiges archéologiques par la technique de la lasergrammétrie



E. Alby, Begriche R., Fuchs A., Grussenmeyer P., Perrin J-P., « Confrontation de la lasergrammétrie aux techniques de relevé conventionnelles et développement d'outils numériques pour la restitution architecturale », *Colloque « Pixel & Cité 2003 »*, 2003.

Annexe 20 : numérisation par lasergrammétrie le nuage de point et le maillage

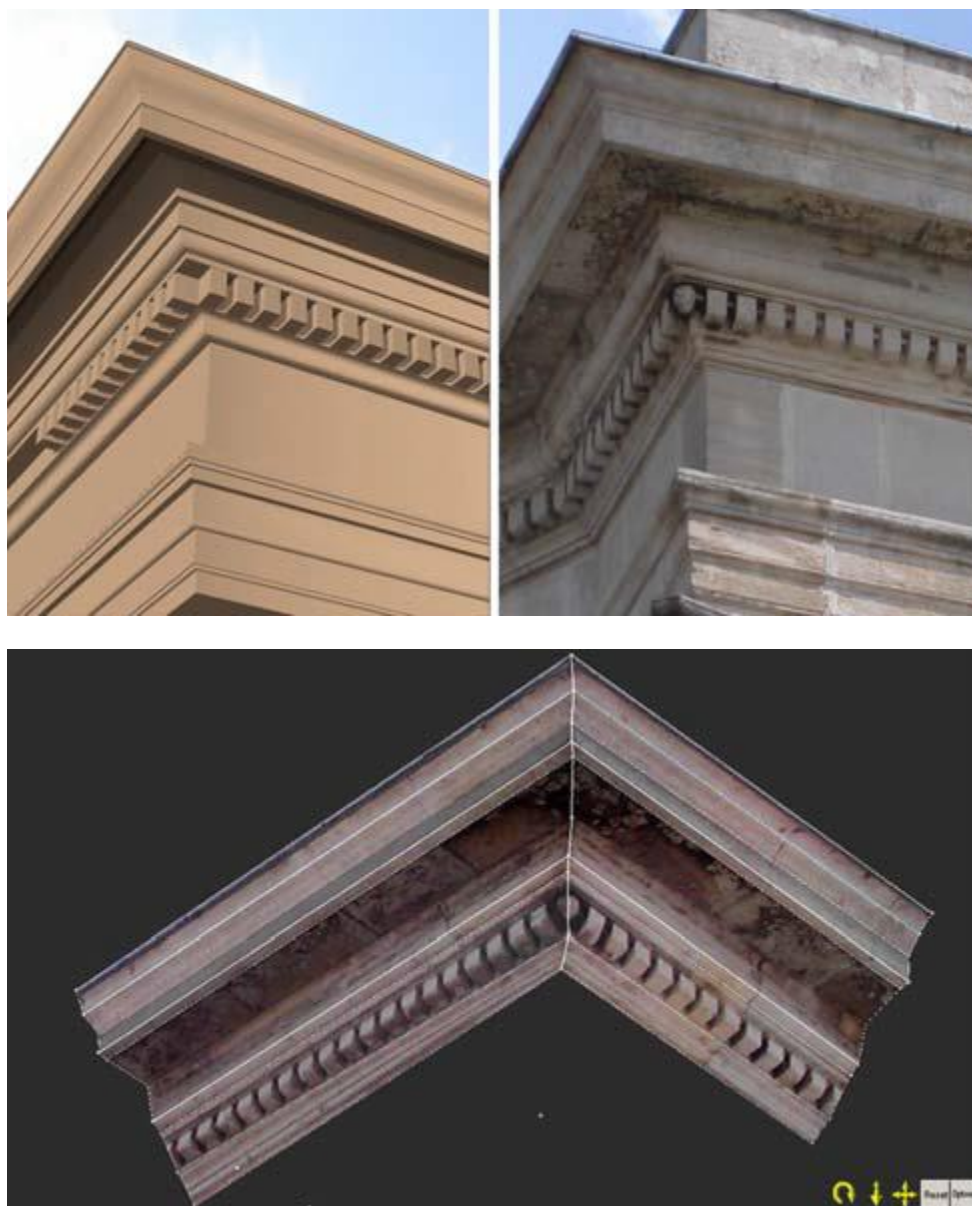


E. Alby, Begriche R., Fuchs A., Grussenmeyer P., Perrin J-P., « Confrontation de la lasergrammétrie aux techniques de relevé conventionnelles et développement d'outils numériques pour la restitution architecturale », *Colloque « Pixel & Cité 2003*», 2003.



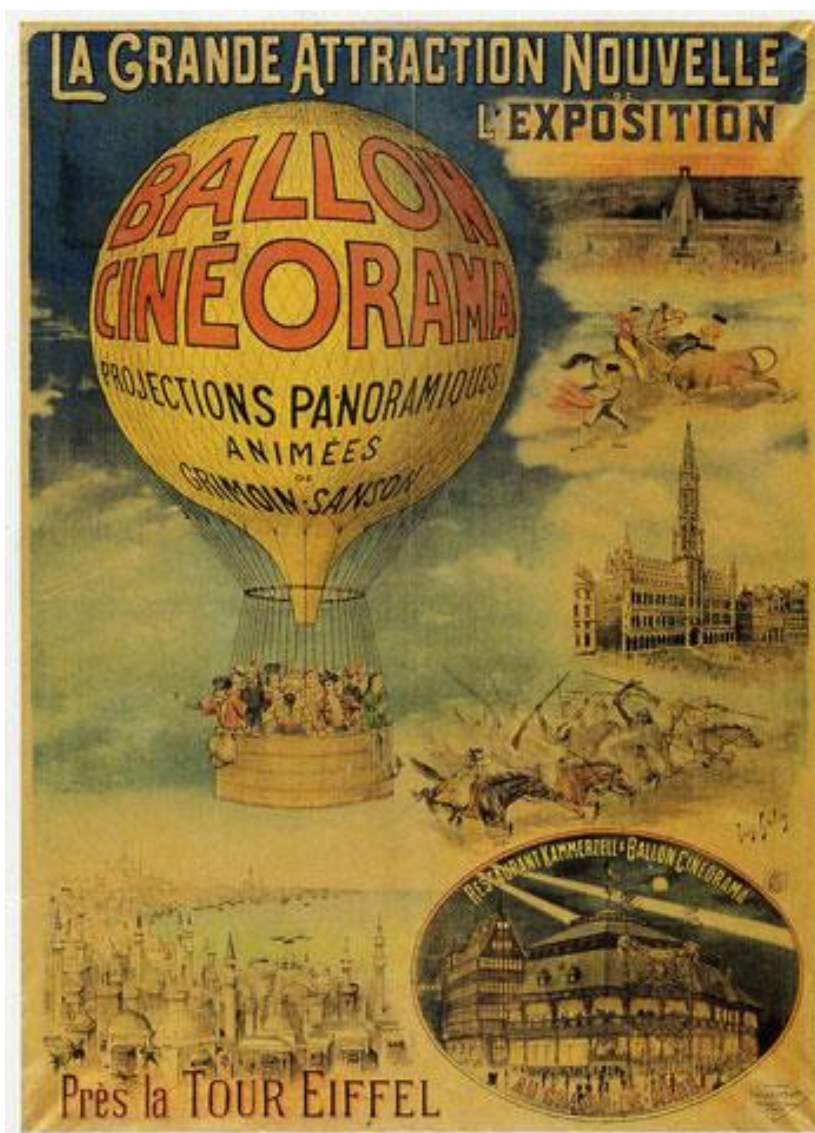
Archéotech, *Mesures 3D. Avancées décisives pour l'archéologie et la conservation du patrimoine*, 2012.

Annexe 21 : Numérisation par lasergrammétrie la texture



Archéotech, *Mesures 3D. Avancées décisives pour l'archéologie et la conservation du patrimoine*, 2012.

Annexe 22 : le ballon cinéorama



Louis Galice (1864-1935). *La Grande Attraction nouvelle de l'Exposition. Ballon Cinéorama, projections panoramiques animée de Grimoin-Sanson près la Tour Eiffel*, 1900. Lithographie en couleurs. Paris, musée Carnavalet.

Spectacle sélection, *Paris 1900, La ville spectacle*, 2014 http://spectacles-selection.com/archives/expositions/fiche_expo_P/paris1900/paris-1900-V.htm.

Annexe 22 : le ballon cinéorama, suite

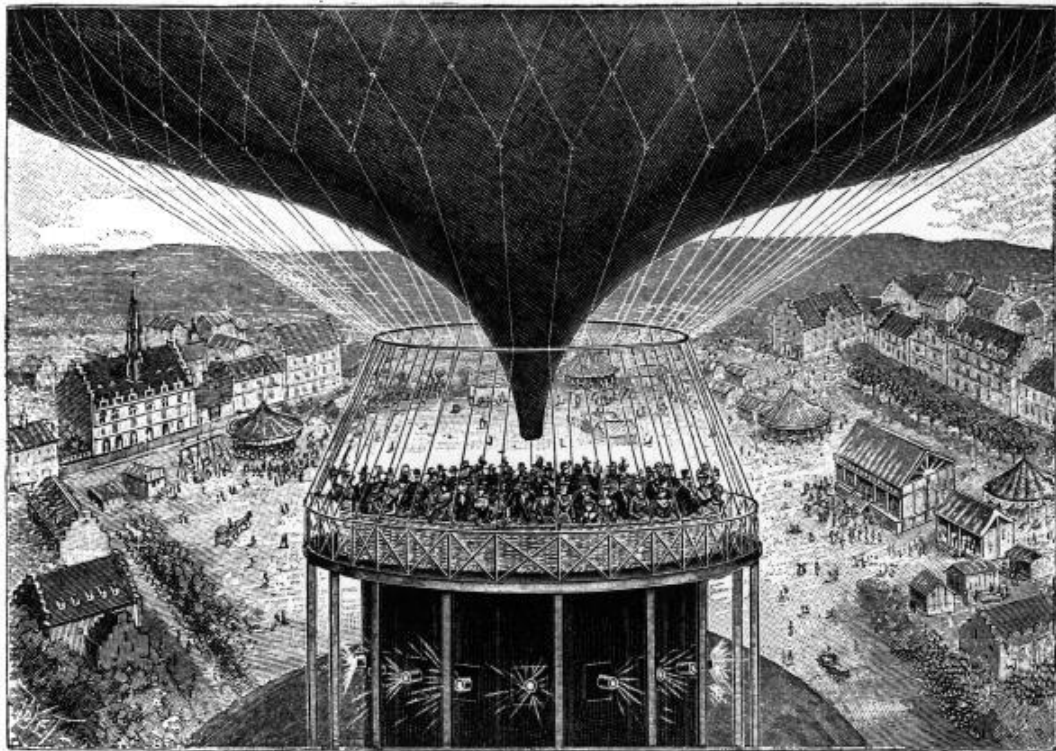
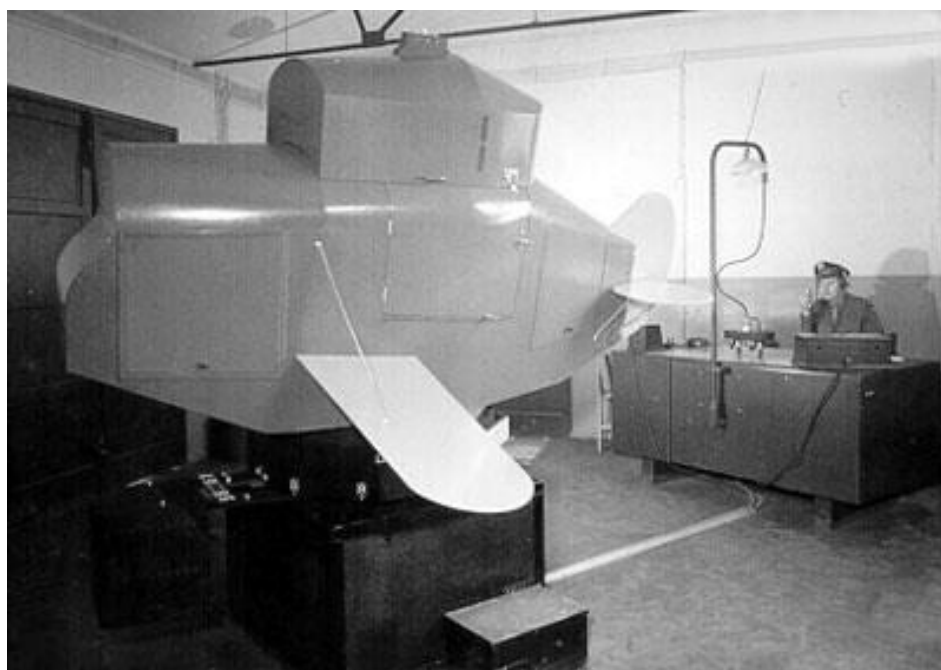
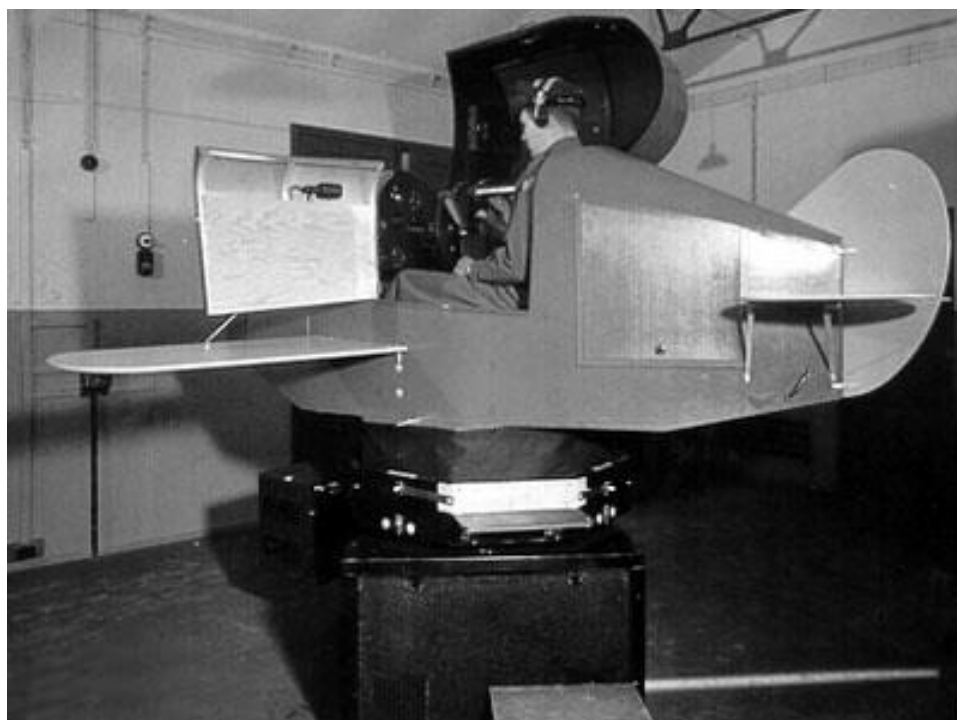


FIG. 2.—BALLOON CINEORAMA—GENERAL VIEW OF THE INTERIOR.

Source : Scientific American Supplement, #1287.

Annexe 23 : Le simulateur Link



Source : Vieilles toiles et planeurs modernes, *simulateurs de vol*,
http://claudel.dopp.free.fr/Les_planeurs/Technique/Simulateurs/Simulateurs.htm.

Annexe 24 : le Sensorama

Introducing . . .

sensorama

The Revolutionary Motion Picture System that takes you into another world with

- 3-D
- WIDE VISION
- MOTION
- COLOR
- STEREO-SOUND
- AROMAS
- WIND
- VIBRATIONS



○ PATENTED

SENSORAMA, INC., 855 GALLOWAY ST., PACIFIC PALISADES, CALIF. 90272
TEL. (213) 459-2162

Aug. 28, 1962

M. L. HEILIG
SENSORAMA SIMULATOR

3,050,870

Filed Jan. 10, 1961

8 Sheets-Sheet 3

Fig. 5.

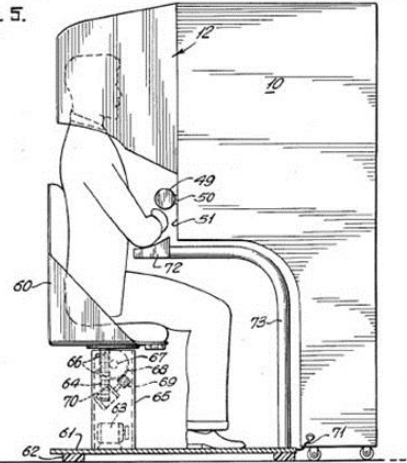
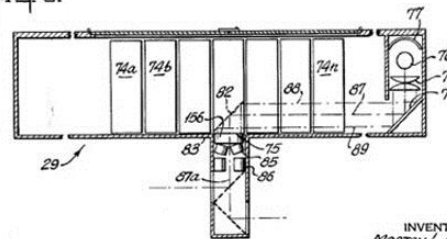


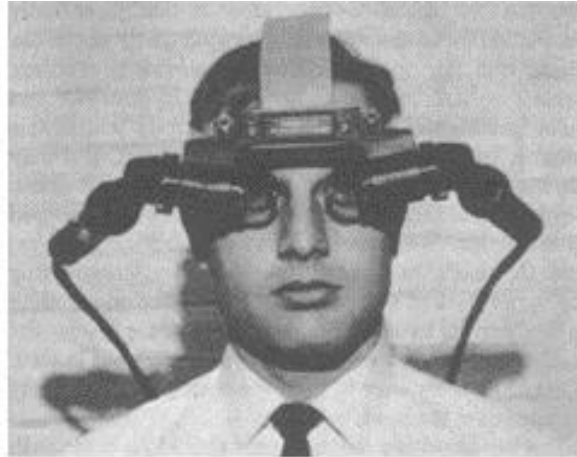
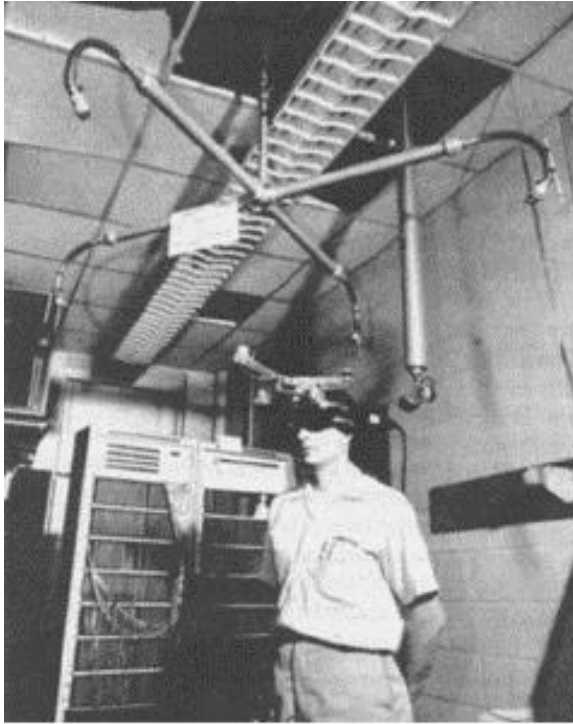
Fig. 6.



INVENTOR
MORTON L. HEILIG
BY
Douglas M. Clarkson
ATTORNEY

Source : Sqli le lab, *La réalité virtuelle, futurs d'hier et d'aujourd'hui*, 25 juin 2015,
<http://lelab.sqli.com/la-realite-virtuelle-futurs-dhier-et-daujourdhui/>.

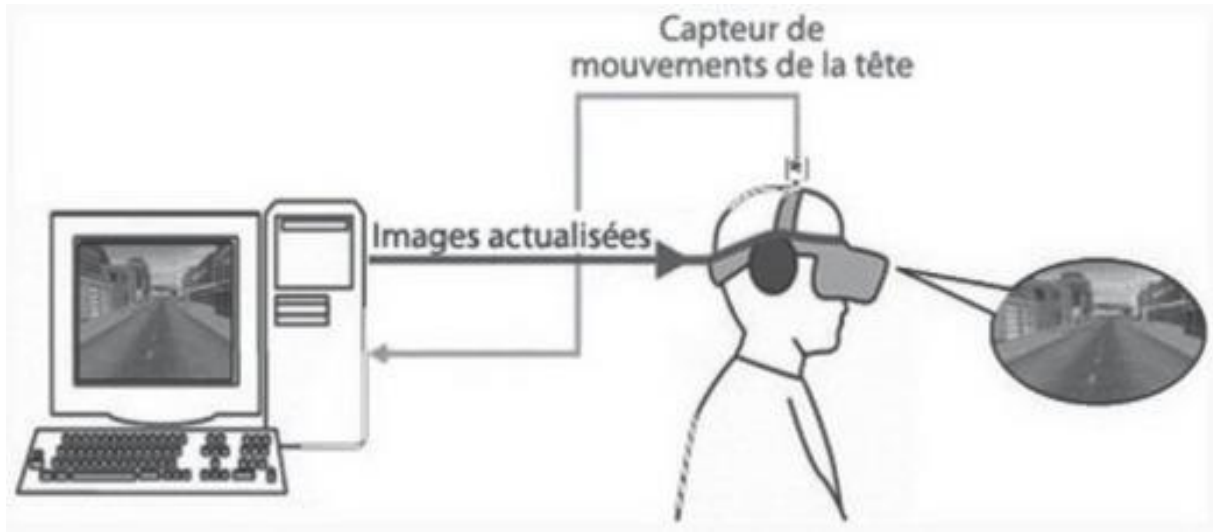
Annexe 25 : Le premier casque de la réalité augmentée



« L'épée de Damoclès » d'Ivan Sutherland.

Source : Cedudev, Réalité virtuelle et oculus rift dk2, 2015,
<http://www.cedudev.com/2015/01/realite-virtuelle-et-oculus-rift-dk2.html>.

Annexe 26 : Personne équipée d'un visiocasque



Jouvent Roland, Lallart Elise, Voisin Camille, « La réalité virtuelle : un outil de réalisme », *Cairn.info*, <http://www.cairn.info/revue-psychologie-clinique-2014-1-page-82.htm>.

Annexe 27 : Taxonomie Milgram

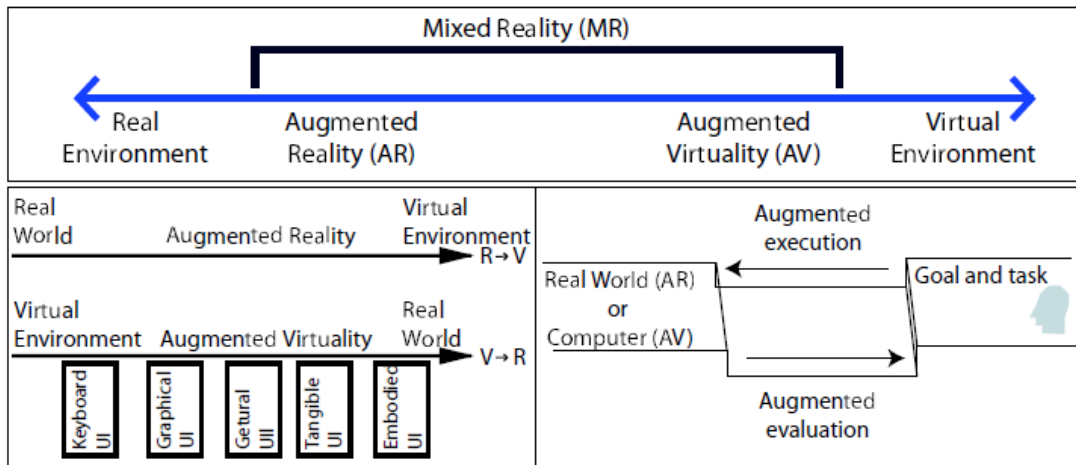
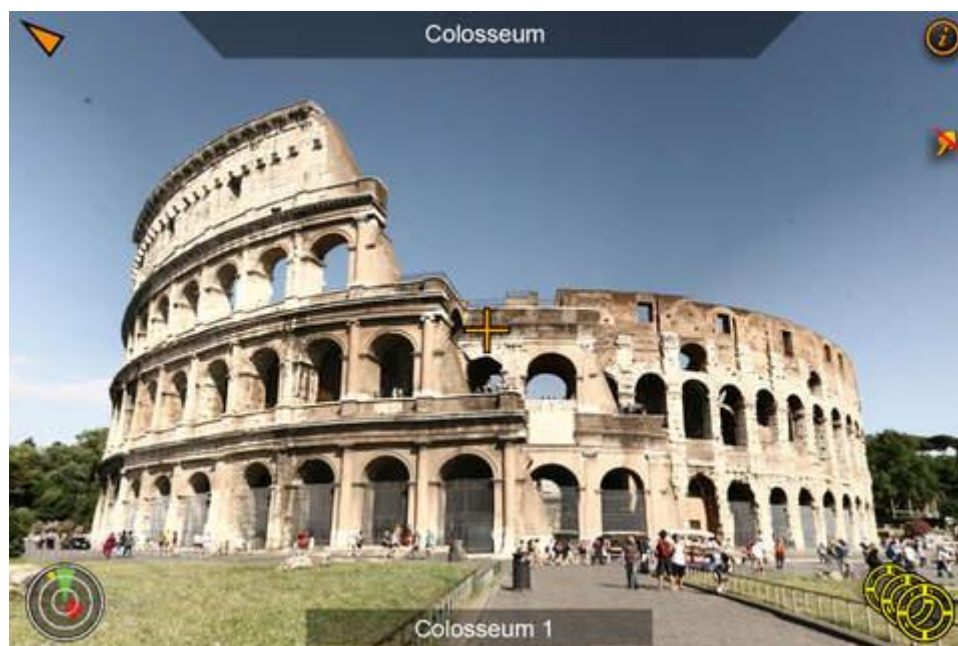


FIG. 3 – Taxonomie : Milgram [MK94] et Dubois [DNT⁺99].

Raphael Grasset, Jean-Dominique Gascuel, « Réalité Augmentée et environnement collaboratif : Un tour d'horizon », Inria, 2003.

Annexe 28 : Réalité virtuelle du Colisée



(Altair4 Multimedia srl)

Source : <https://itunes.apple.com/fr/app/rome-mvr/id446800370?mt=8>.

Annexe 29 : feel real réalité virtuelle



Source : <http://feelreal.com/>.

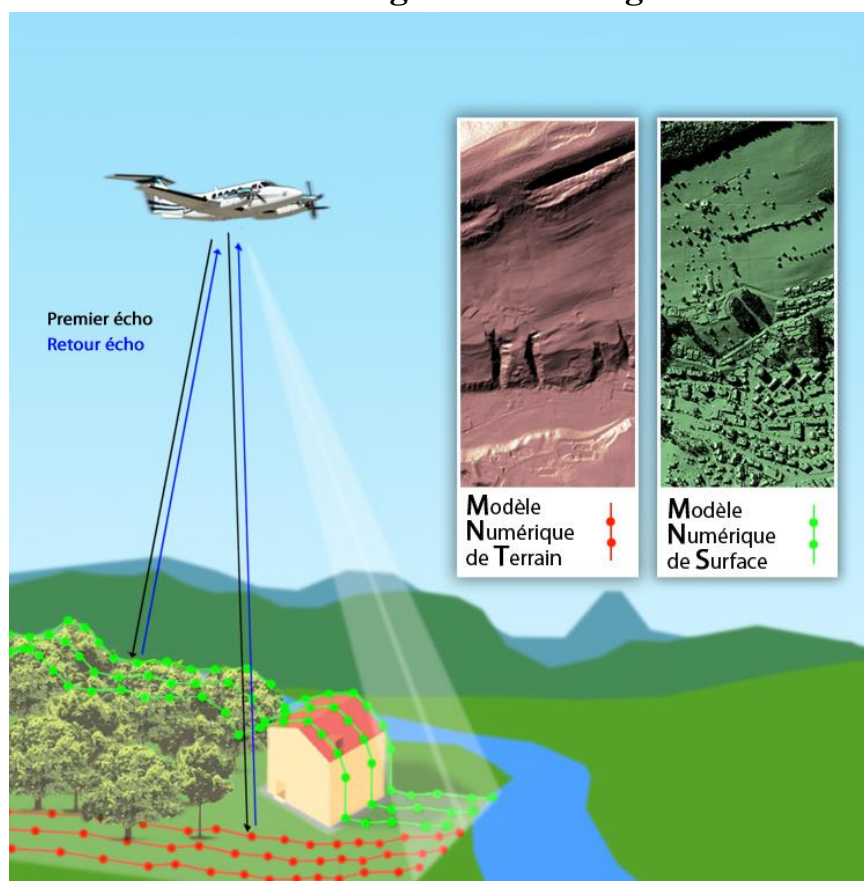
Annexe 30 : Image à bonne échelle afin de pouvoir la travailler



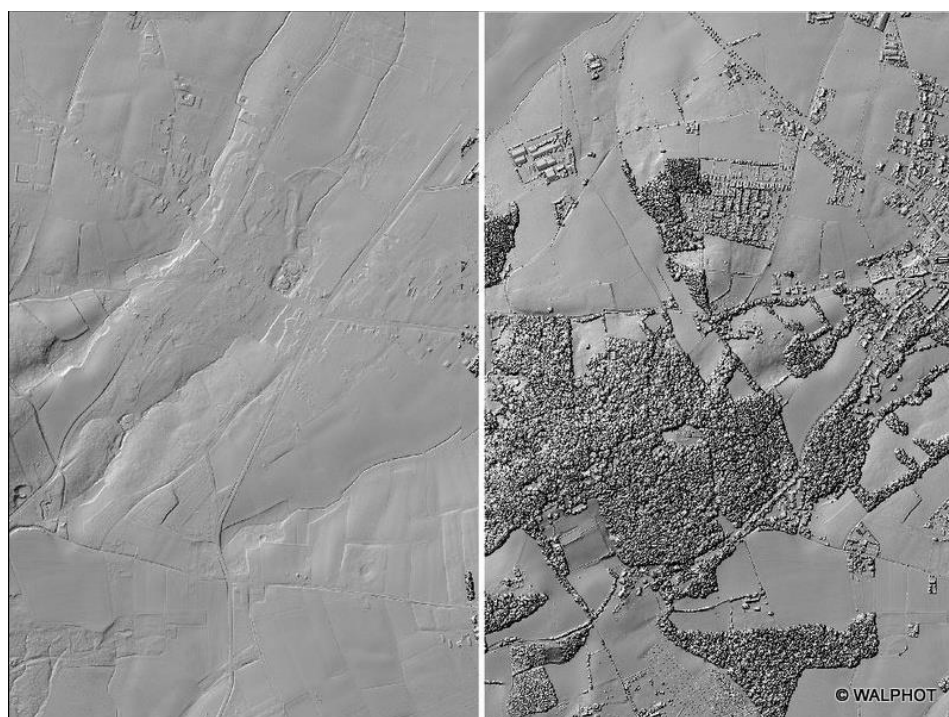
Superposition du relevé de terrain avec l'orthophoto prise par un drone.

Barge Olivier, Régagnon, Vol au-dessus d'un tas de cailloux : l'usage en archéologie de photographies réalisées avec un cerf-volant, Archéorient, UMR5133.

Annexe 31 : image MNS et image MNT



Source : Moselle infogéo, <http://www.moselleinfogeo.fr/infogeo/vue-du-ciel>



Modèle Numérique de Terrain (gauche), Modèle Numérique de Surface (droite).

Source : Walphot <http://www.walphot.com/documents/produits-et-services.xml?lang=fr>.

Annexe 32 : Découverte constructions mayas avec un drone



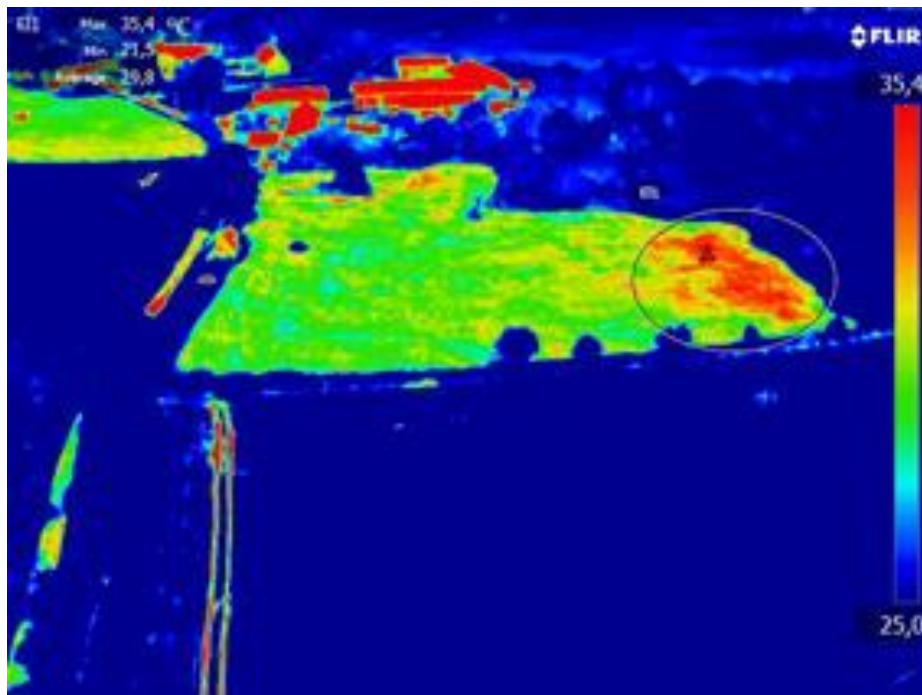
Mauguit Quentin, « Un drone quadricoptère au service des archéologues », *Futura-Sciences*, 8 janvier 2014, <http://www.futura-sciences.com/magazines/high-tech/infos/actu/d/technologie-drone-quadricoptere-service-archeologues-51400/>.

Annexe 33 : Thermographie



« Thermographie sur sol nu à Saint-Porquier (82). Aucune anomalie n'est visible sur la photographie classique (à gauche) alors qu'une anomalie froide est visible dans le coin supérieur gauche de la parcelle (à droite) correspondant à l'emprise d'un site archéologique repéré en prospection au sol. ».

Annexe 33 : Thermographie, suite



« Thermographie sur couverture végétale à Sancergues (18). Une anomalie chaude est clairement délimitable au sein d'une parcelle de température homogène (à gauche), à l'emplacement d'un indice de site gallo-romain identifié par des ramassages de surface.

Aucune anomalie n'est visible sur le cliché classique (à droite). »

Calastrenc Carine, Hautefeuille Florent, Poirier Nicolas, « L'utilisation des micro-drones pour la prospection archéologique à basse altitude ».

Annexe 34 : Fiche technique de l'imprimante 3D Touch

Dimensions	Surface d'impression	1 tête	2 têtes
Hauteur- 580mm	X axe	275mm	230mm
Largeur 520mm	Y axe	275mm	275mm
Profondeur 520mm	Z axe	210mm	210mm

Z Epaisseur de couche: Jusqu'à 0.1mm (100 microns)
X & Y Position de l' extrudeuse: 0.05mm (50 microns)
Vitesse d'impression: maximum 15mm³ par seconde – selon matériau utilisé
Température: up to 280° C - selon matériau utilisé
Puissance maximale: 90W (7.5A @ 12V)
Poids: 36kg (sans matériau)



Source : Frédéric Léonardi.

Annexe 34 : Fiche technique de l'imprimante Ultimaker 2

Fabricant	Ultimaker
Type d'imprimante	Classique
Logiciel	Cura
Poids net	12 KG
Dimensions externes	35 x 35 x 40 cm (longueur x largeur x hauteur)
Volume d'impression	23 x 22.5 x 20.5 cm (longueur x largeur x hauteur)
Précision (épaisseur de couche)	300 à 20 microns
Types de filaments compatibles	ABS, PLA, HIPS, PET, Nylons, Flexibles
Type de bobine compatible	Générique
Diamètre filament	3mm
Vitesse d'impression	jusqu'à 300mm / seconde
Plateau d'impression	Chauffant
Nombre d'extrudeuse	1 à 2 (option)
Calibre de l'extrudeuse	0.4mm



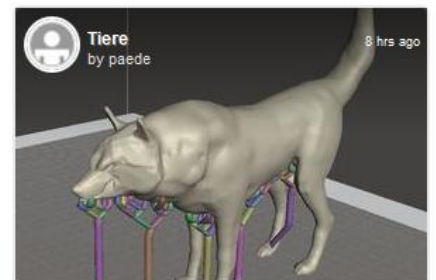
Source : Frédéric Léonardi.

Annexe 35 : Tableau de comparaison entre les imprimantes 3D Touch et l'imprimante Ultimaker 2

Imprimante	3D Touch	Ultimaker ²
Plateau	Non chauffant	Chauffant
Jonc	3 mm	2,85 mm
Logiciel	AXON	CURA
Fichier	Bfb	G-Code
Stockage de fichiers	Clé USB	Clé USB & Carte SD
Pas	100 - 500 µm	20 - 100 µm
Orientation pièce	Difficile	Facile
Redimensionnement	Agrandissement / Rétrécissement	Agrandissement / Rétrécissement
Déformation	Aucune	Suivant les trois dimensions
Temps estimé par le logiciel = Temps réel ?	Non	Non
Matières souples	Non	Oui
Vitesse d'impression	- rapide	+ rapide
Nombre de tête d'impression maximum	3	2

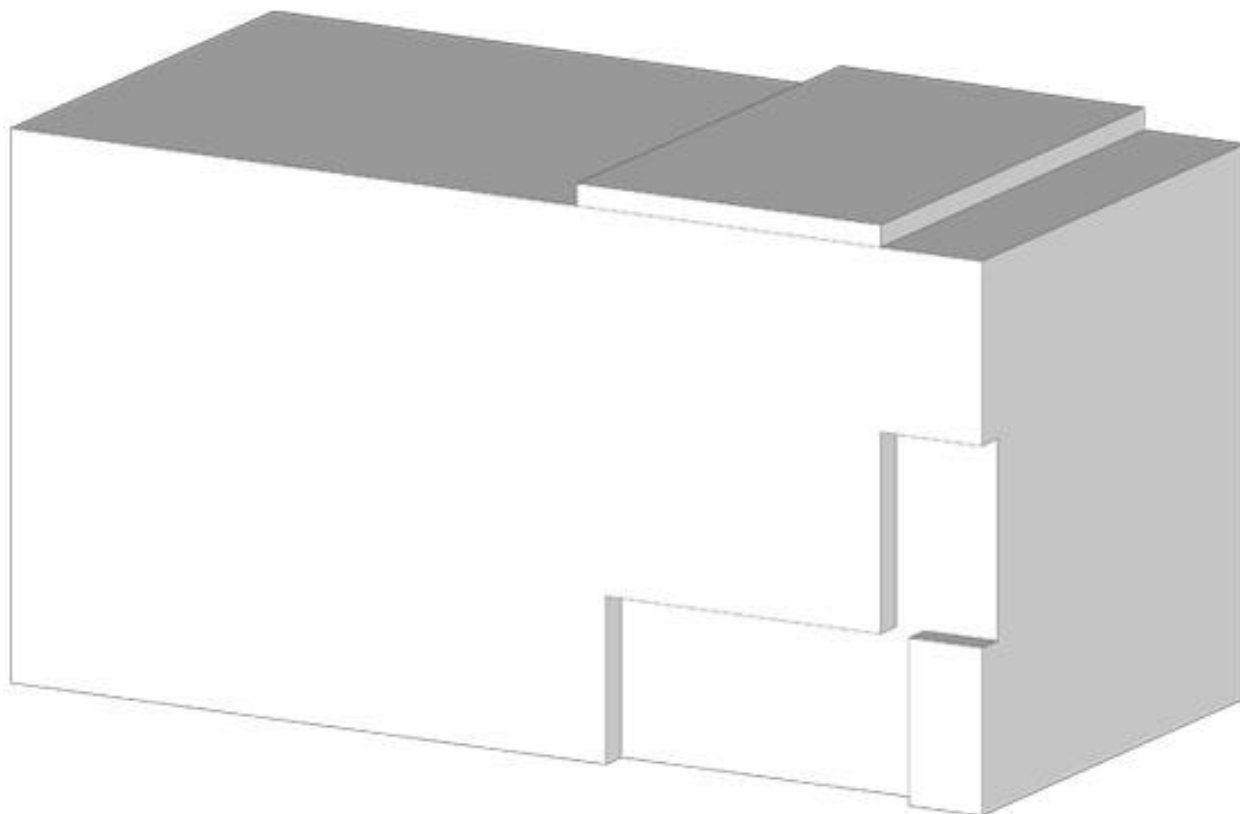
Source : Frédéric Léonardi.

Annexe 36 : Image tirée du site Thingiverse



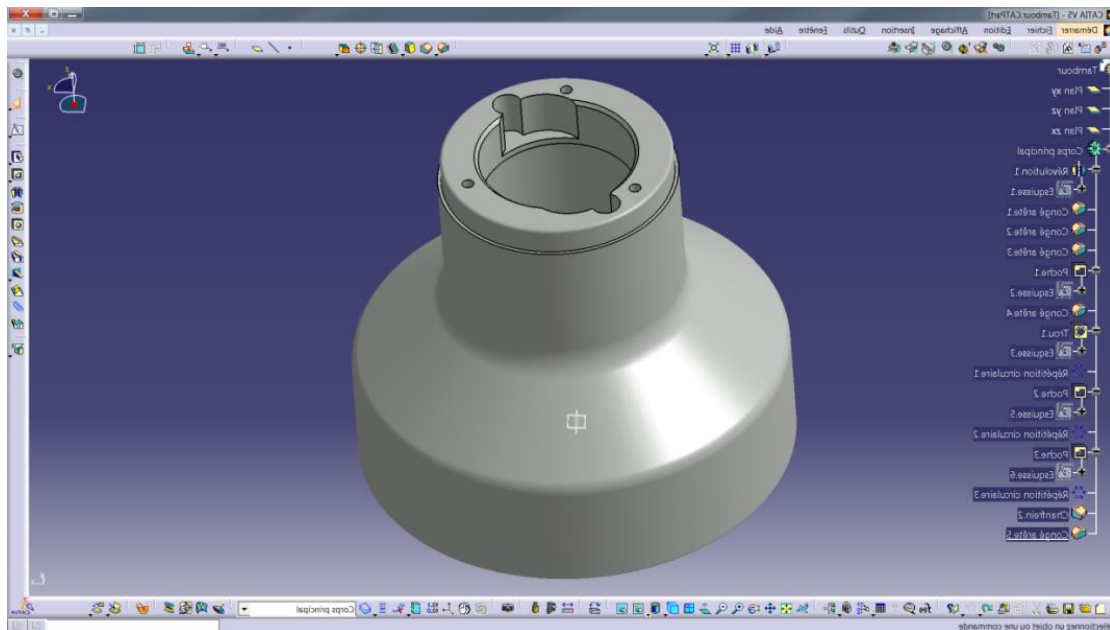
Source : Thingiverse, <http://www.thingiverse.com/>.

Annexe 37 : modélisation d'un bloc issu du pulpitum du théâtre de Belo



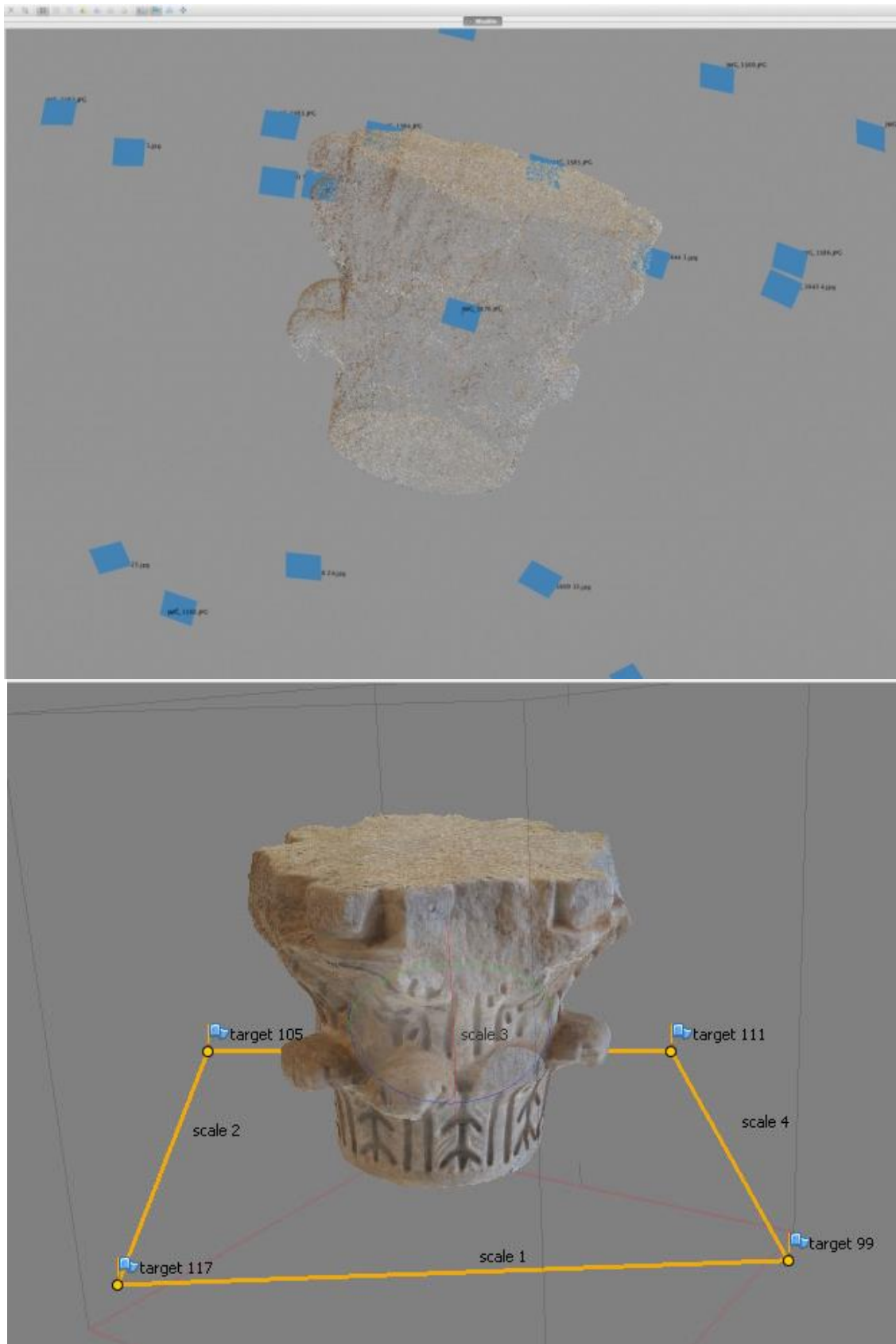
Source personnelle.

Annexe 38 : Modélisation d'un tambour Winch sur Catia réalisé en cour



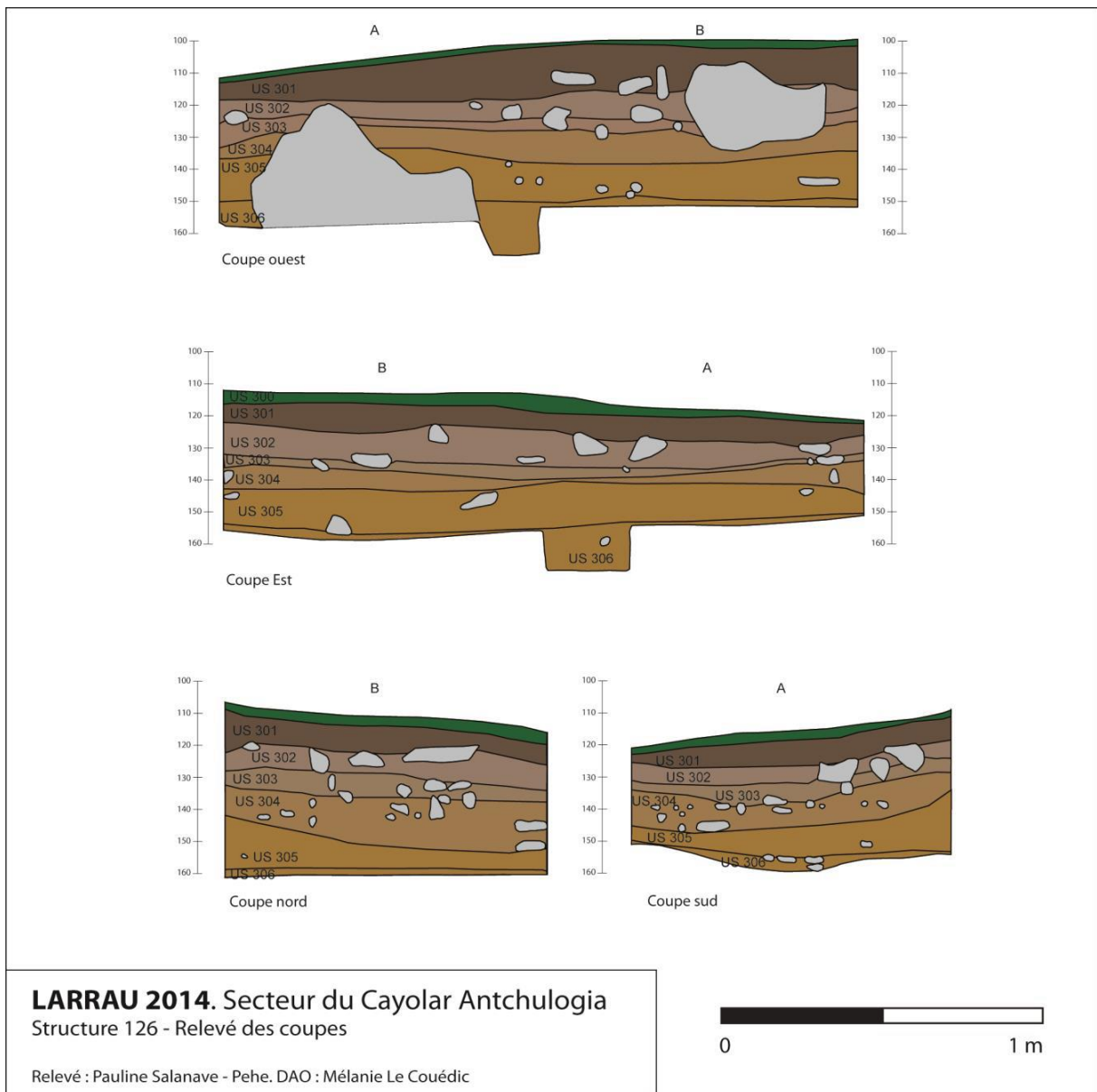
Source personnelle.

Annexe 39 : Numérisation du chapiteau, le nuage de points et l'ajout de la texture



Source personnelle.

Annexe 40 : Le relevé de coupe du sondage de 2m² à Antchulia



(Relevé : Pauline SALANAVE PEHE, DAO : Mélanie LECOUEDIC)

Champagne Alain, Contamine Thomas, Coughlan Michael, Gragson Theodore, Haley Bryan S., Le Couédic Mélanie, *Rapport de prospection et sondages, Larrau, Pyrénées-Atlantiques, Campagne 2014*, Rapport de prospection, 2014.

Annexe 40 : Photographie de la coupe nord et ouest du sondage à Antchulogia



Source : Mélanie LECOUEDIC

Champagne Alain, Contamine Thomas, Coughlan Michael, Gragson Theodore, Haley Bryan S., Le Couédic Mélanie, *Rapport de prospection et sondages, Larrau, Pyrénées-Atlantiques, Campagne 2014*, Rapport de prospection, 2014.

Annexe 41 : Photographies de l'avancée des fouilles du sondage de 2m² à Antchulogia



Source : Mélanie LECOUEDIC

Champagne Alain, Contamine Thomas, Coughlan Michael, Gragson Theodore, Haley Bryan S., Le Couédic Mélanie, *Rapport de prospection et sondages, Larrau, Pyrénées-Atlantiques, Campagne 2014*, Rapport de prospection, 2014.

Annexe 42 : Numérisation de la ville de Pompéi



Source : Iconem

Devillard Arnaud, « Pompéi en 3D numérique, de la démo à l'outil scientifique », *Sciences et avenir*, 17 mai 2015 <http://www.sciencesetavenir.fr/archeo-paleo/20150513.OBS8921/pompei-en-3d-numerique-de-la-demo-a-l-outil-scientifique.html?xtor=RSS-13>.

Annexe 43 : Numérisation par lasergrammétrie de la villa Diomède



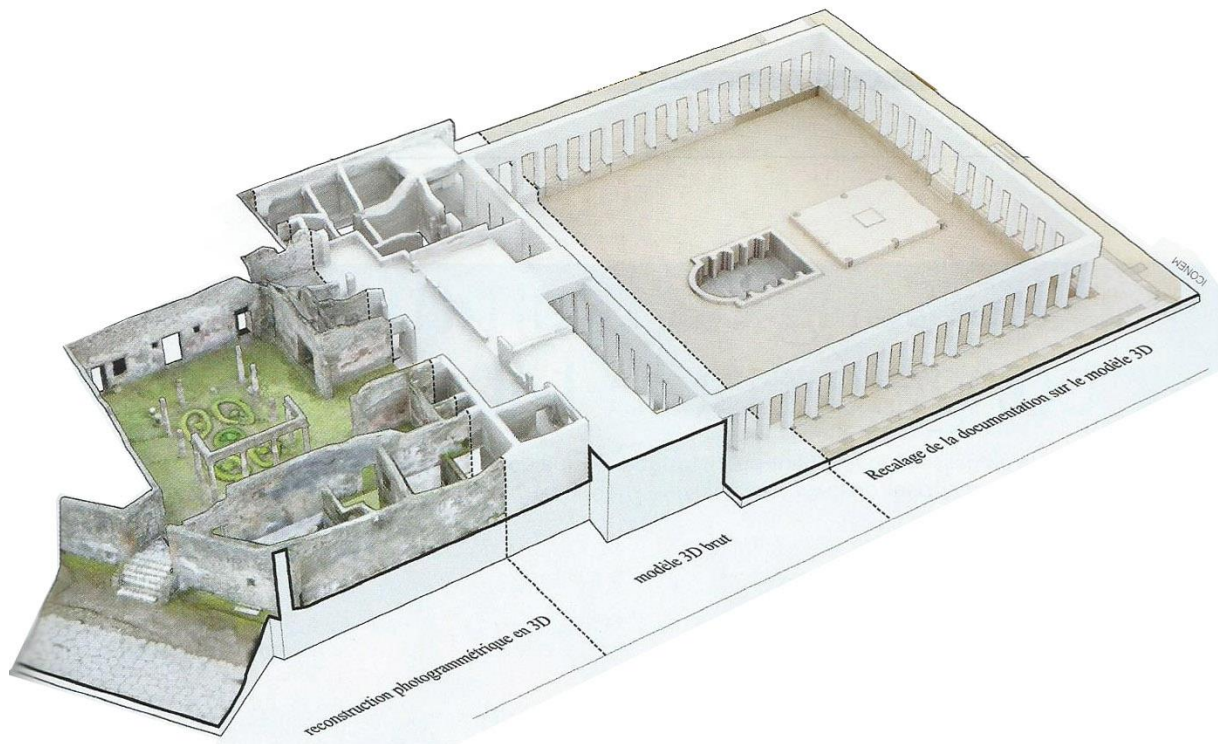
Source : Bernadette Arnaud



Source : Iconem

Jean Luc Goudet, « Chronique du futur : drones et réalité virtuelle stimulent l'archéologie », *Futura-sciences*, 2014, <http://www.futura-sciences.com/magazines/sciences/infos/actu/d/homme-chronique-futur-drones-realite-virtuelle-stimulent-archeologie-53399/>.

Annexe 43 : Numérisation par lasergrammétrie de la villa Diomède, suite



Source : Iconem

Arnaud Bernadette, « Pompéi reprend vie grâce à un drone », *Sciences et avenir*, n°797 juillet 2013, p 48-51.

**Annexe 44 : Numérisation de la tablette cunéiforme 211, de 2050 avant J.-
C. de la cité d'UR en Mésopotamie**



Source : Banque nationale universitaire

Numérisation d'une tablette. Les différentes faces ont été disposées à la manière d'un géométral afin d'observer toutes les faces.

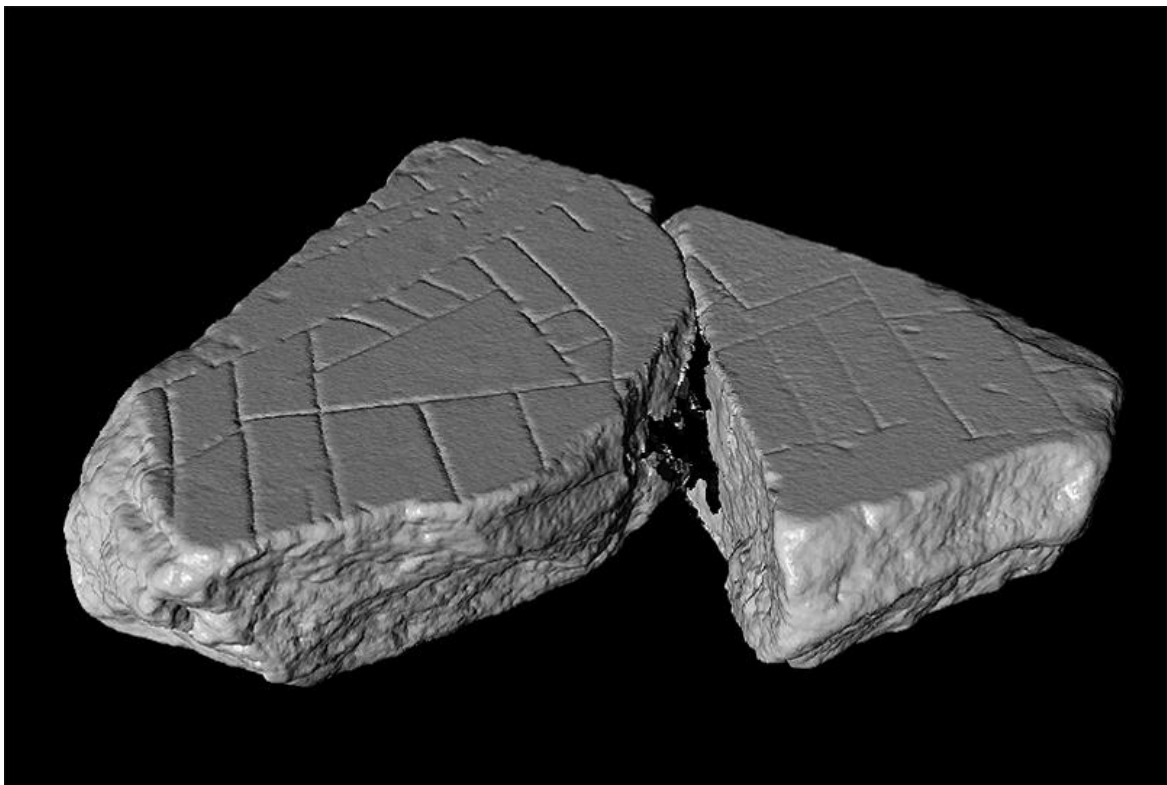
<http://www.bnu.fr/sites/default/files/Num%C3%A9risation%20des%20collections%20cun%C3%A9iformes.pdf>

Annexe 45 : Traces d'usures des fontaines à Pompéi



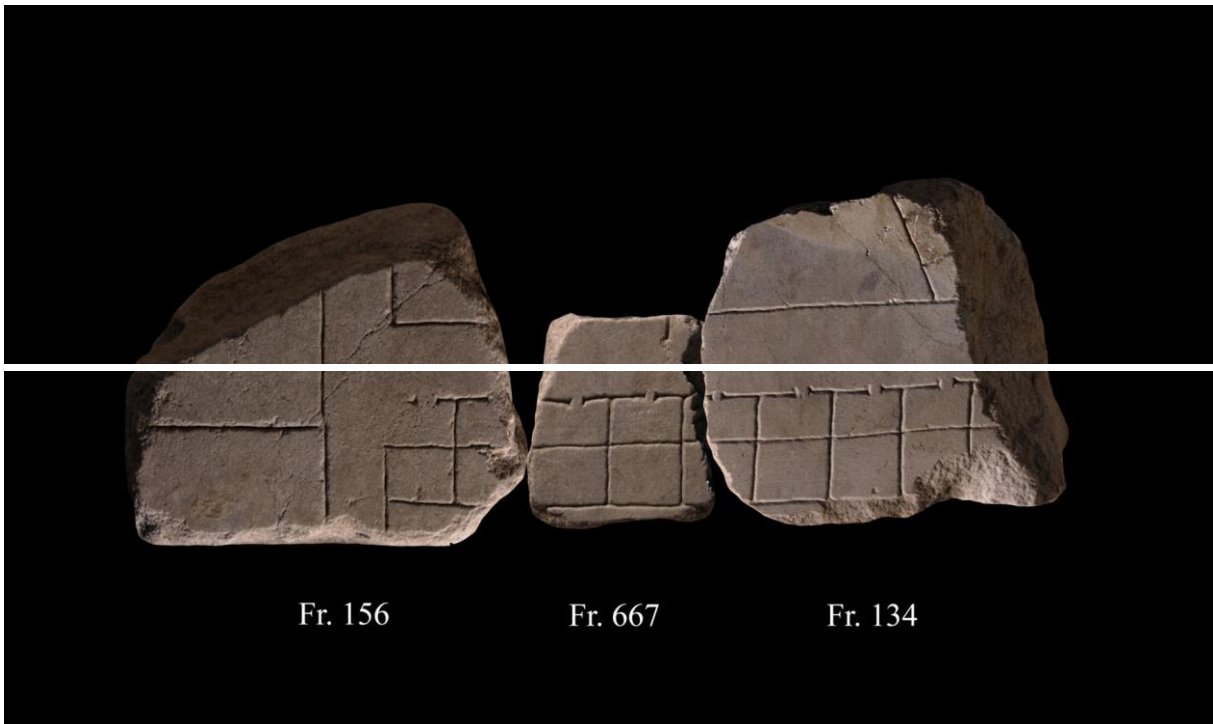
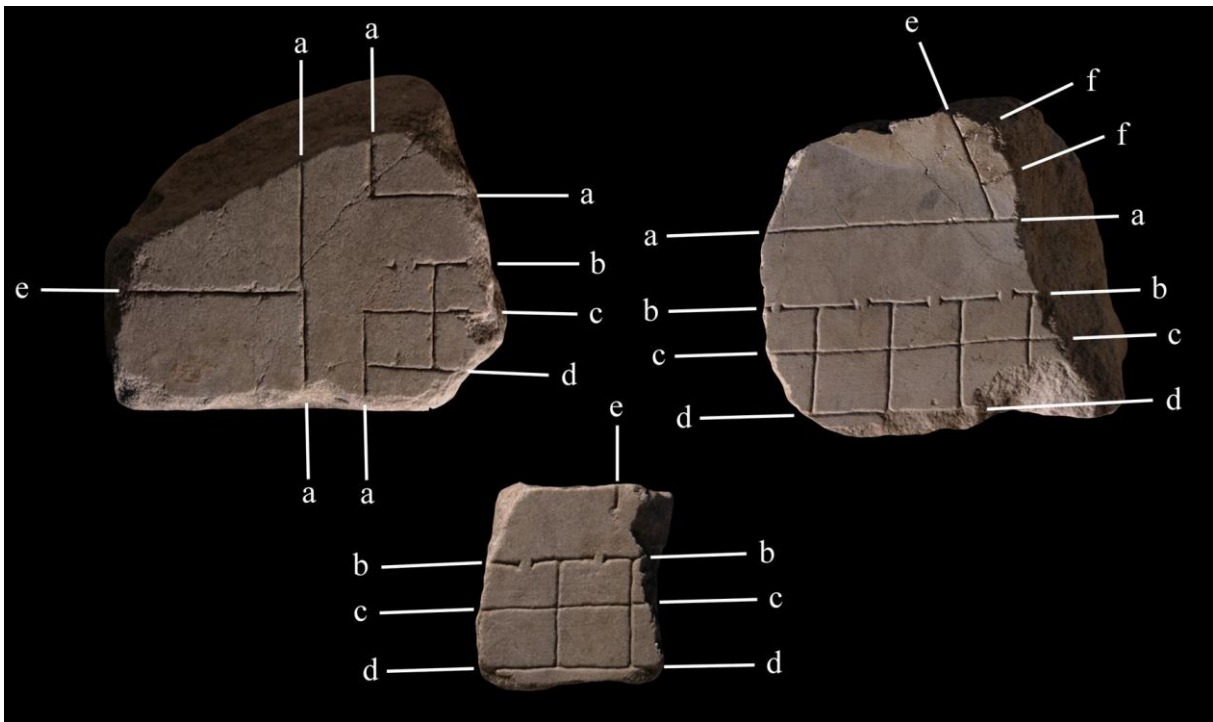
Source personnelle.

Annexe 46 : Projet Stanford Digital Forma Urbis Romae



Méthode par numérisation : le logiciel reconnaît les différentes faces grâce aux polygones.

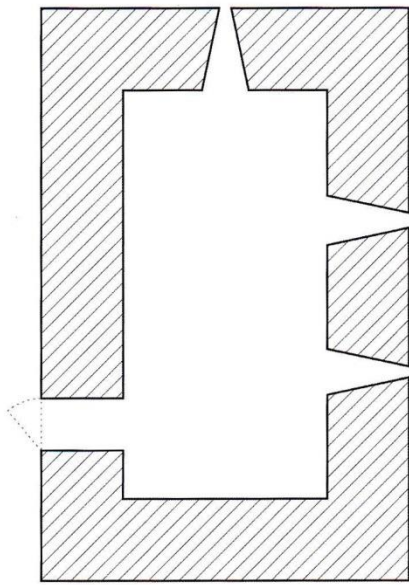
Annexe 46 : Projet Stanford Digital Forma Urbis Romae, suite



Méthode classique : on étudie les détails décorations

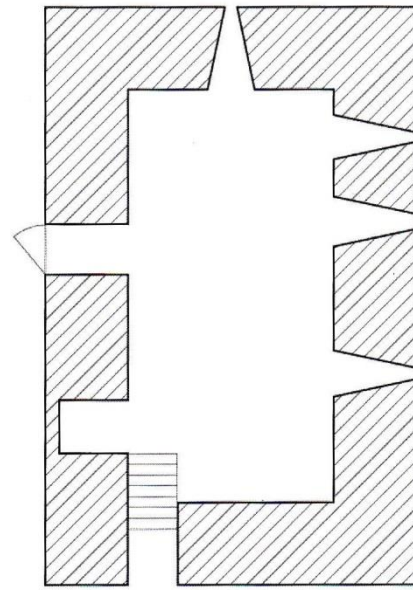
Gelfand Natasha, Koller David, Levoy Marc, Najbjerg Tina, Trimble Jennifer, “fragments of the City: Stanford’s Digital Forma Urbis Romae Project”, *the Proceedings of the Third Williams Symposium on Classical Architecture, Journal of Roman Archaeology suppl.*, 2005.

Annexe 47 : Restitution virtuelle de la chapelle de Moissac



◀ Nord $\frac{1 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$

Fig. 2. Plan x^e siècle : l'entrée de la chapelle se fait par le mur nord, on a une fenêtre dans le mur est et deux au sud.



◀ Nord $\frac{1 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$

Fig. 3. Plan entre le xv^e et le $xviii^e$ siècle : on condamne la porte d'entrée du mur nord, on ouvre une porte à l'ouest, on sépare la chapelle en deux par un plancher et on ouvre une nouvelle porte dans le mur nord après 1770, on ajoute une fenêtre au sud.



Fig. 8. État de la chapelle entre le xv^e et le $xviii^e$ siècle. La pose d'un plancher la sépare en deux niveaux. Vue de l'étage. La hauteur permet de se tenir debout, l'éclairage est suffisant et rend la pièce tout à fait utilisable.

Annexe 47 : Restitution virtuelle de la chapelle de Moissac, suite



Fig. 9. État de la chapelle entre le xv^e et le xviii^e siècle. La pose d'un plancher la sépare en deux niveaux. Vue du rez-de-chaussée où l'on peut tenir debout. Les trois fenêtres du mur sud laissent entrer suffisamment de lumière.

Plans et états de la chapelle entre le XI et le XV/XVIII^e siècle.

Annexe 47 : Restitution virtuelle de la chapelle de Moissac, suite

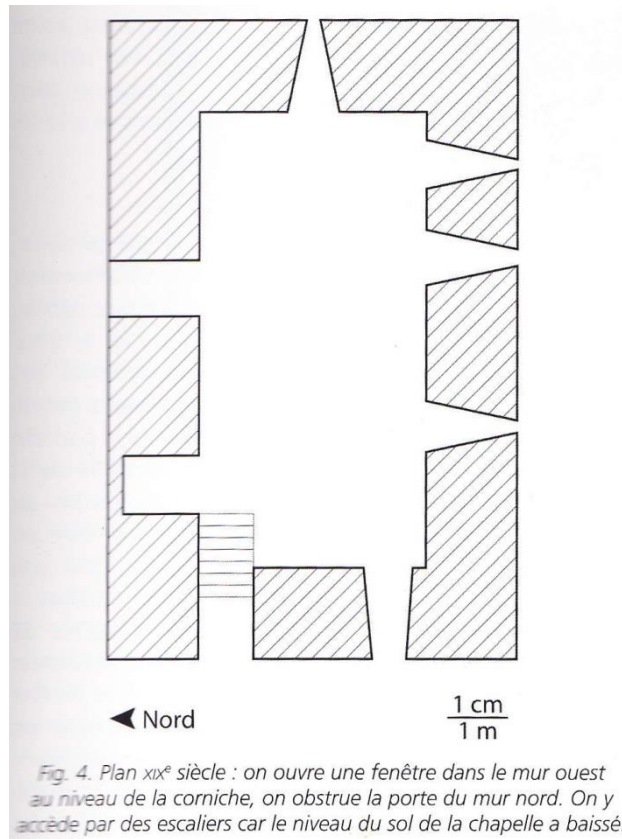


Fig. 6. État de la chapelle au ^{xix} siècle. Ouverture d'une fenêtre dans le mur ouest. La lumière et l'air qui entrent par cette ouverture ont asséchés l'enduit et causés la perte des décors du côté sud de la voûte.

Annexe 47 : Restitution virtuelle de la chapelle de Moissac, suite



Fig. 7. *Vision de la chapelle au XIX^e siècle vers l'est. La dépose du plancher et les nombreuses ouvertures ont provoqué une instabilité du microclimat, affectant la conservation des peintures.*

Plan et état de la chapelle du XIX^e siècle.



Fig. 5. *État de conservation actuel des peintures murales de la voûte de la chapelle de l'ancien logis abbatial de Moissac. On voit clairement que toute la partie sud de la voûte a perdu ses décors.*

Etat de conservation des peintures.

Annexe 47 : Restitution virtuelle de la chapelle de Moissac, suite

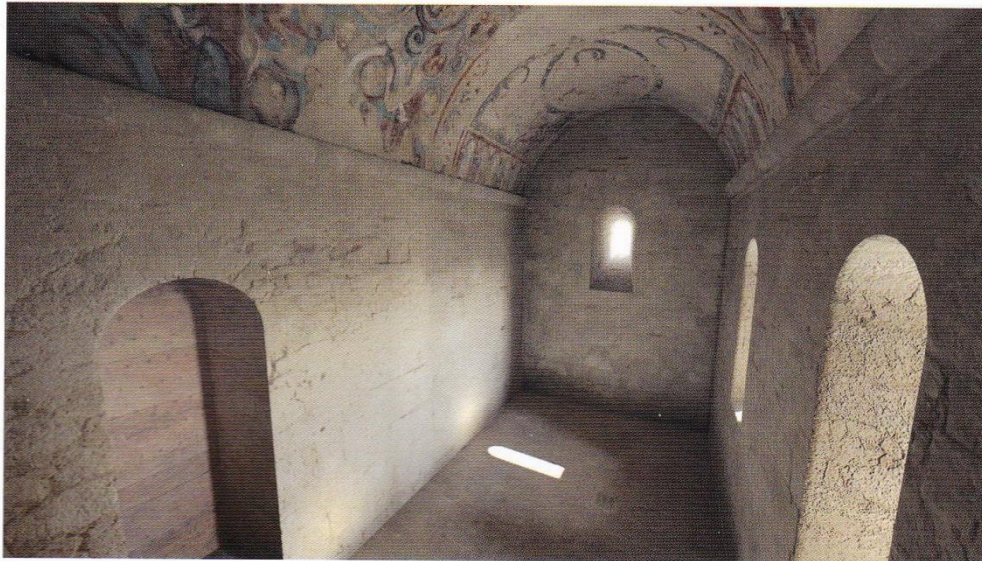


Fig. 10. Image représentant l'état médiéval restitué. Vue vers l'Est. Deux ouvertures existent sur le côté sud et l'entrée se fait par le mur nord. Les peintures avec les dorures et cabochons ont également été restituées.



Fig. 11. Vue du côté ouest. La scène de David ainsi que la partie sud de la voûte ont retrouvé une partie de leur décor.

Restitution de l'état médiéval avec les peintures.

Mora Pascal, Mounier Aurélie, « La photogrammétrie appliquée à la restitution virtuelle des peintures murales de la chapelle de l'ancien logis abbatial de Moissac (XIIème s., France) », *Archéovision, Arch-I-Tech 2010 : [archéologie, architecture, ingénierie, technologie] : [actes du colloque, Cluny, France, 17-18-19 novembre 2010, Ausonius, Bordeaux, 2011, p.122-126.*

Annexe 48 : Différents états de la villa de Loupian



Source : http://www.villa.culture.fr/flash#fr/annexe/pano_intro.

Annexe 48 : Différents états de la villa de Loupian, suite



Source : http://www.villa.culture.fr/flash#fr/annexe/pano_intro

Annexe 49 : photographies des vestiges actuels du théâtre gallo-romain d'Arles et de sa restitution grâce à la réalité augmentée



Aujourd'hui, cette tour est appelée la tour de Roland.



La restitution du théâtre gallo-romain.



Combinaison de la tour de Roland et du théâtre gallo-romain

Source : Capture d'écran vidéo d' Art Graphique et Patrimoine :
<https://www.youtube.com/watch?v=zL8QZNjiOo4> .

Annexe 50 : Restitution des peintures murales dans l'église de la Chartreuse Pontificale de Villeneuve-les-Avignons



Fig. 7. Hypothèse de restitution du chœur des Pères (à gauche) et du chœur des Frères (à droite).



Fig. 9. Hybridation réell/virtuel.

Favre-Brun Aurélie, Hartmann-Virnich, Andréas, « De l'acquisition 3D à la réalité augmentée : le cas de l'église de la chartreuse pontificale de Villeneuve-les-Avignons (Gard) », *Archéovision, Arch-I-Tech 2010 : [archéologie, architecture, ingénierie, technologie] : [actes du colloque, Cluny, France, 17-18-19 novembre 2010, Ausonius, Bordeaux, 2011, p.114-115.*

Annexe 51 : Grotte de Lascaux



Source : <http://www.lascaux-dordogne.com/fr/la-grotte-de-lascaux>.

Annexe 52 : Numérisation par photogrammétrie du lion de Mossoul



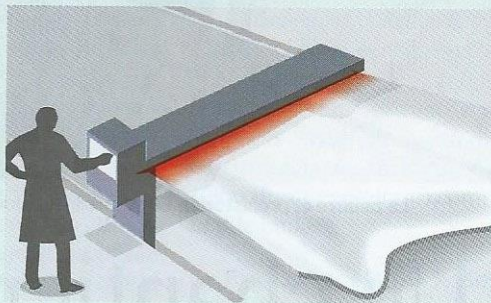
Ignasse Joël, « La reconstruction 3D contre le saccage du patrimoine », *Science et avenir*, le 30 mars 2015, <http://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/20150519.OBS9145/les-sculptures-de-mossoul-reconstruites-en-3d.html>.

Annexe 53 : Grotte de Lascaux 4

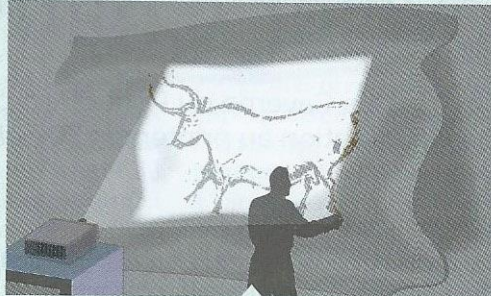
La construction d'un fac-similé en 4 étapes



1. Numérisation 3D de la grotte par scanner, complétée par des prises de vue (ici, peinture de Lascaux).



2. Sculpture des volumes des parois par fraisage à l'aide de différentes résines.



3. Positionnement des œuvres pariétales par projection. Les copistes reproduisent les contours.



4. Réalisation des peintures par les artistes plasticiens à l'aide de pigments.

Bernadette Arnaud, « LascauxChauvet A l'ère des fac- similés », *Sciences et avenir*, n°805 mars 2014, p 28-34.

Annexe 54 : Projet Archeoguide



HMD



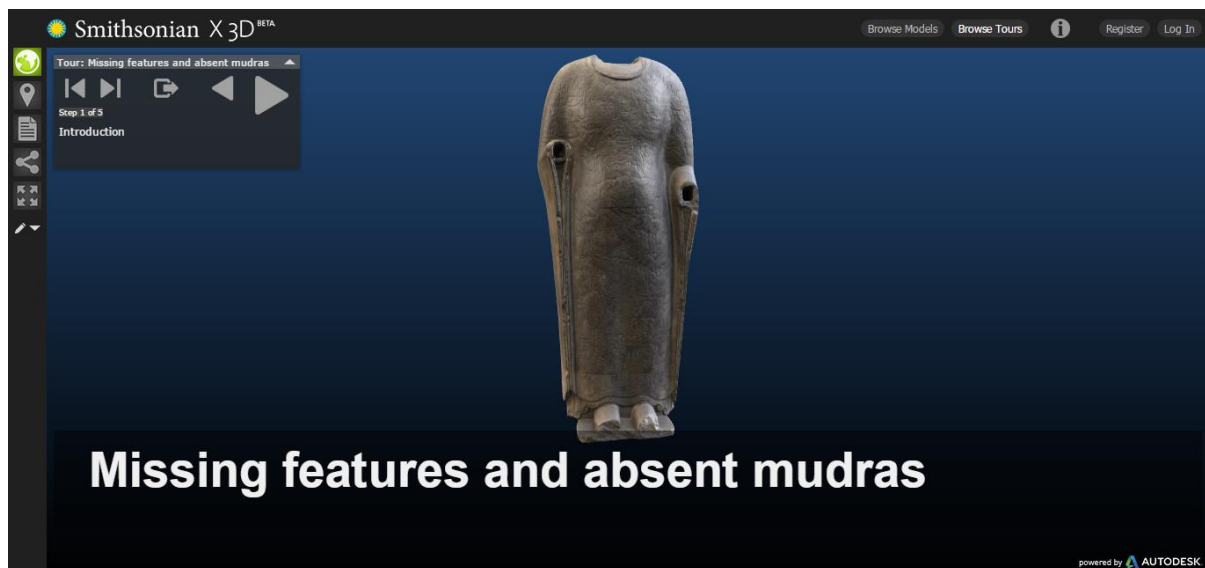
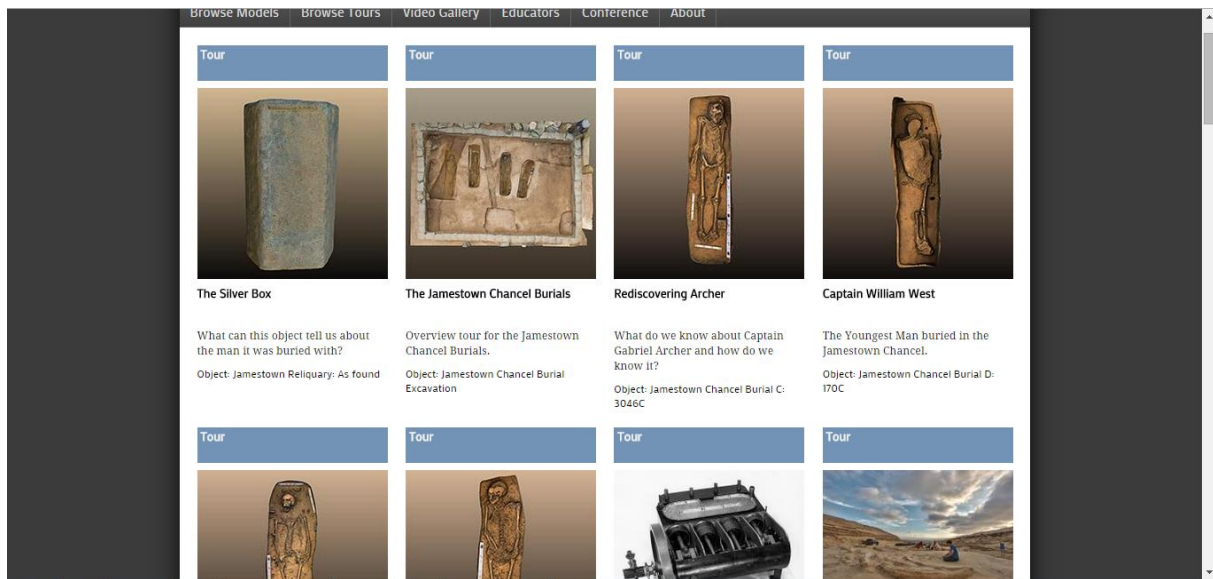
Source : Archéoguide.

Annexe 54 : Projet Archeoguide, suite



Almeida Luís, Daehne Patrick, Gleue Tim, Gounaris Michael, Ioannidis Nikolaos, Karigiannis John, Stricker Didier, Tstros Manolis et Vlahakis Vassilios, “Archeoguide : An Augmented Reality Guide for Archaeological”, *Computer Graphics in Art History and Archaeology*, septembre/octobre, 2002, p.52 à 60.

Annexe 55 : Numérisation des collections du musée Smithsonian



Source : Numérisation du Cosmic Budha : « Smithsonian x 3D » <http://3d.si.edu/>.

Annexe 56 : Le musée Space Lab Cook-fourmier de Kunsthaus à Graz



Source : <http://travelwithfrankgehry.blogspot.fr/2009/07/kunsthaustr-graz-bix-by-spacelab-cook.html>.

Annexe 57 : Le musée Georges Pompidou à Paris



Source : <http://www.musee-france.fr/paris/musee-national-dart-moderne-centre-national-dart-et-de-culture-georges-pompidou-.html>.

Annexe 58 : Réalité virtuelle de la villa gallo-romaine de Bais mis au jour en 2009 en Bretagne



Source : Bruno Arnaldi-Irisa.

Laurent Brasier, « Réalité virtuelle la machine à remonter le temps », *Sciences et avenir*, n°810 Aout 2014, p 46-48.

Annexe 59 : Réalité augmentée dans le domaine touristique

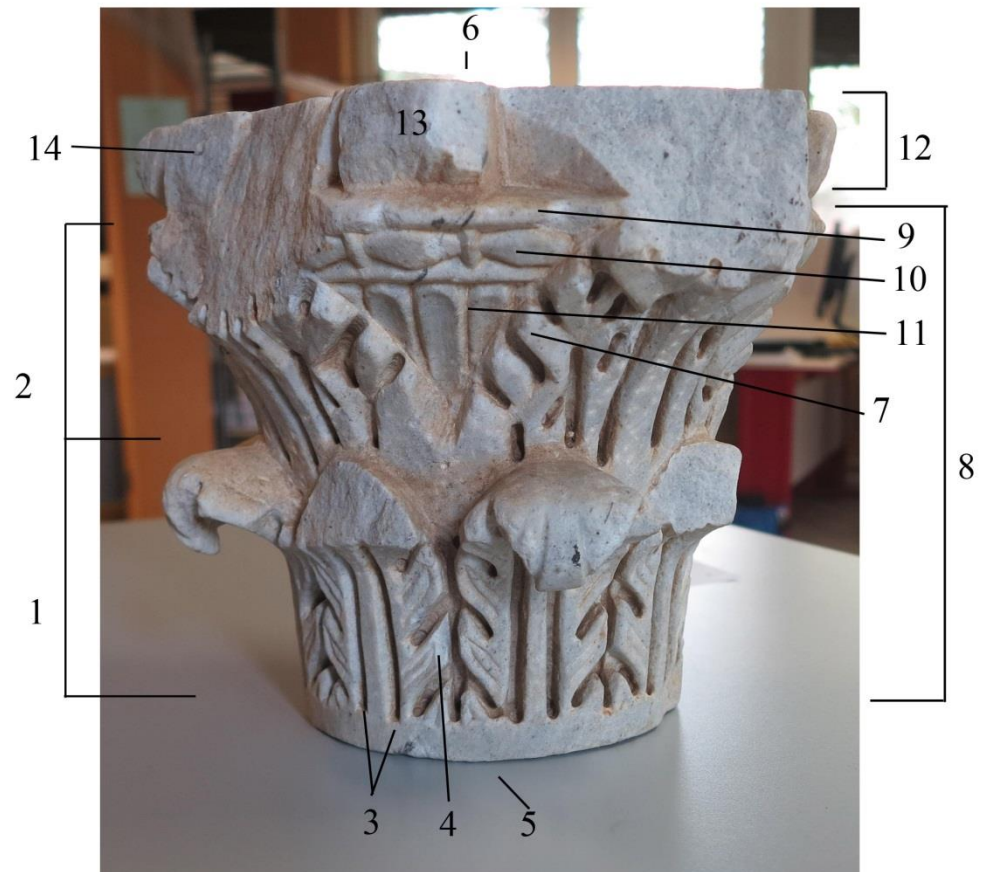


L'avant nef de Cluny avec la technique de la réalité augmentée.

Source : Tourisme numérique : les défis de la réalité augmentée :
<http://www.lechotouristique.com/article/tourisme-numerique-les-defis-de-la-realite-augmentee,55066>.

Annexe 60 : Composition du chapiteau corinthisant

Composition du chapiteau corinthisant

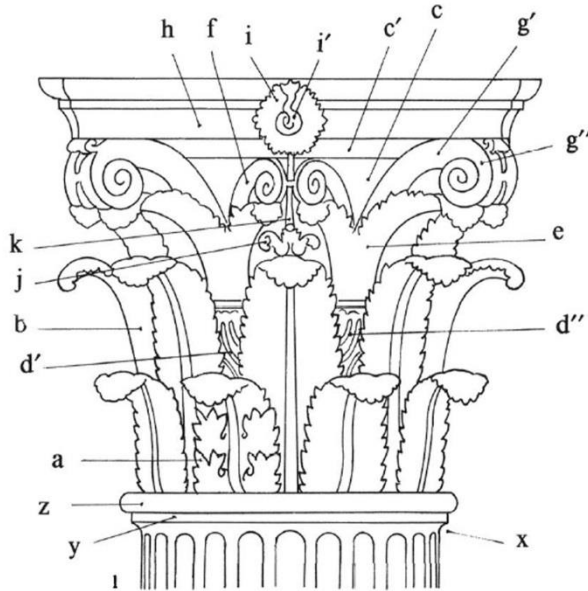


1. Couronne de feuilles inférieure : *IMUM FOLIUM* ; 2. Couronne de feuilles supérieure : *SECUNDUM FOLIUM* ; 3. Nervures axiales ou centrales ; 4. FOLIOLES ; 5. Lit de pose ; 6. Lit d'attente ; 7. Digitations ; 8. CORBEILLE ou CALATHOS ; 9. LEVRES ; 10. Rang de PERLES et de PIROUETTETTES ; 11. Décor de LANGUETTETTES ; 12. ABAQUE ; 13. FLEURON ; 14. les CORNES de l'ABAQUE (cassé)

Source personnelle.

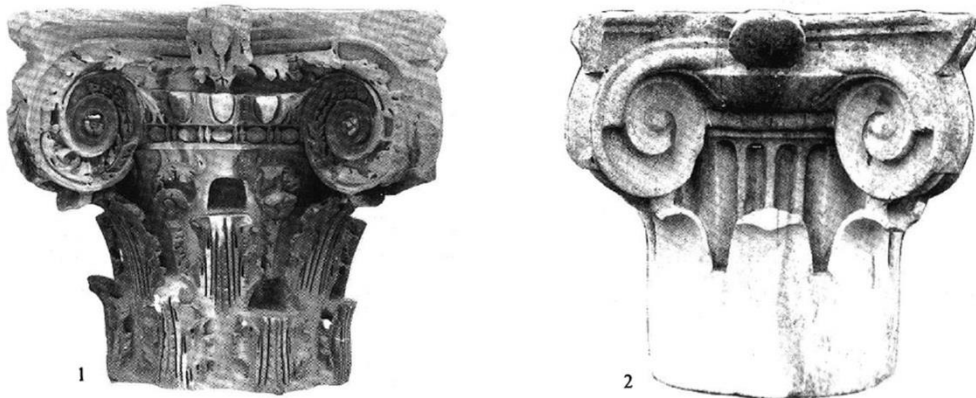
Annexe 61 : Chapiteau corinthien et chapiteau composite

Chapiteau corinthien



1. CHAPITEAU CORINTHIEN: x: APOPHYGÈ; y: LISTEL; z: ASTRAGALE (appartenant formellement au FÛT et parfois matériellement au BLOC CHAPITEAU); a: COURONNE INFÉRIEURE de FEUILLES; b: COURONNE SUPÉRIEURE; c: CORBEILLE, CORPS (c' : LÈVRE); d: CAULICOLE (d: GAINÉ; d' : COLLERETTE); e: CALICE (ici BIPARTI); f: CROSSE MÉDIANE; g: CROSSE ANGULAIRE (g' : TIGE; g'' : VOLUTE); h: ABAQUE; i: MOTIF AXIAL (ici un FLEURON); i' : PISTIL; j: CULOT d'où part k: TIGE du MOTIF AXIAL.

Chapiteau composite

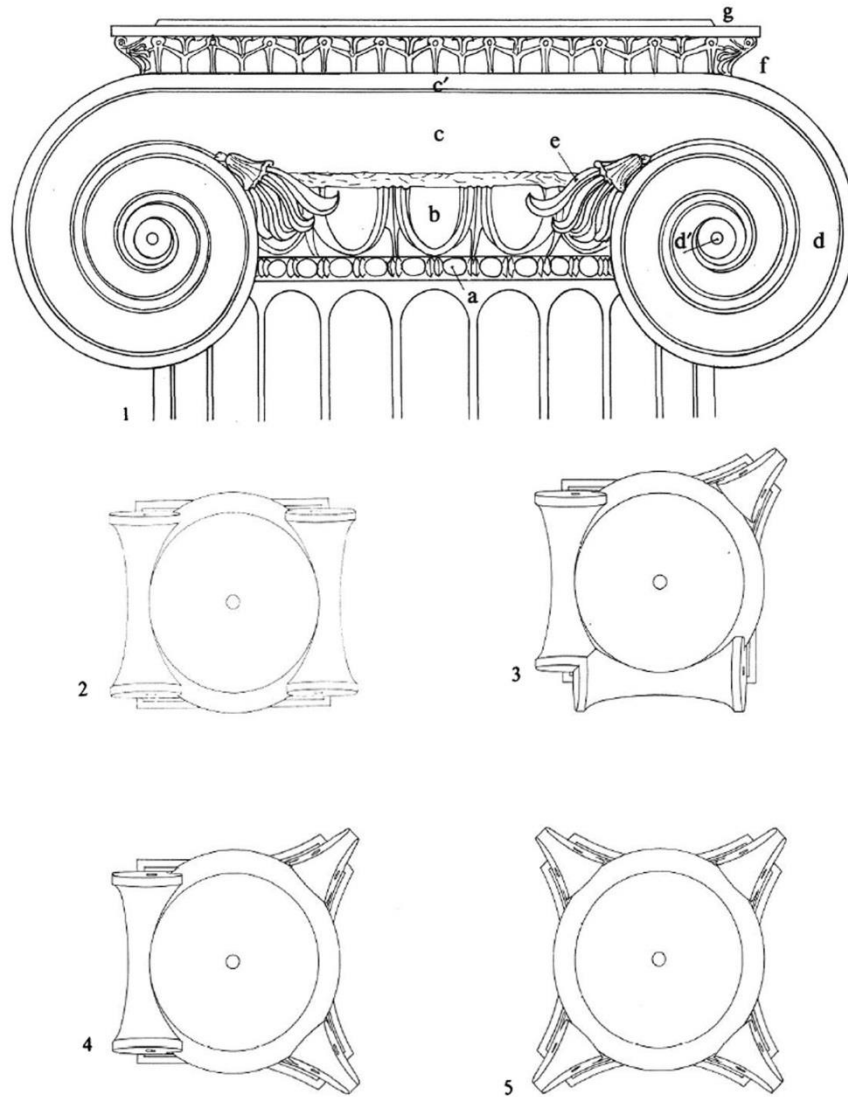


1. CHAPITEAU COMPOSITE. 2 COURONNES de FEUILLES d'ACANTHE. Sous les OVEs de la partie «ionique», PERLES ET PIROUETTES du FÛT (Rome, Thermes de Caracalla).
2. CHAPITEAU COMPOSITE. 1 COURONNE de FEUILLES d'ACANTHE LISSES, au-dessus de laquelle montent les cannelures du FÛT, surmontées par son ASTRAGLE à PERLES ET PIROUETTES (Baia, Thermes).

Illustration issue de Ginouvès René, «Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine. II. Eléments constructifs : supports, couvertures, aménagements intérieurs», Ecole française de Rome, Rome, 1992

Annexe 62 : Chapiteau ionique

Chapiteau ionique



1. CHAPITEAU IONIQUE. a : ASTRAGALE (PERLES ET PIROUETTES) (appartenant formellement au FÛT); b : ÉCHINE (OVES); c : CANAL (c' : ORLE); d : VOLUTE (d' : OEIL); e : MOTIF D'ÉCOINÇON (DEMI-PALMETTE); f : ABAQUE (TALON, orné de RAIS-DE-CŒUR, le motif angulaire chargé d'une PALMETTE); g : TABLETTE PORTANTE (Olympie, «Ptolemaierweihgeschenk»).
2. CHAPITEAU IONIQUE NORMAL, vu par en dessous (Délos, Salle hypostyle).
3. CHAPITEAU IONIQUE DIAGONAL, *id.* (Délos, Salle hypostyle).
4. CHAPITEAU IONIQUE À TROIS FACES, *id.* (Délos, Salle hypostyle).
5. CHAPITEAU IONIQUE À QUATRE FACES, *id.*

Illustration issue de Ginouvès René, «Dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine. II. Eléments constructifs : supports, couvertures, aménagements intérieurs», Ecole française de Rome, Rome, 1992

Annexe 63 : Chapiteau coté ombre lumière



Source personnelle.

Annexe 63 : Chapiteau coté ombre lumière, suite



Source personnelle.

Annexe 64 : positionnement des cibles



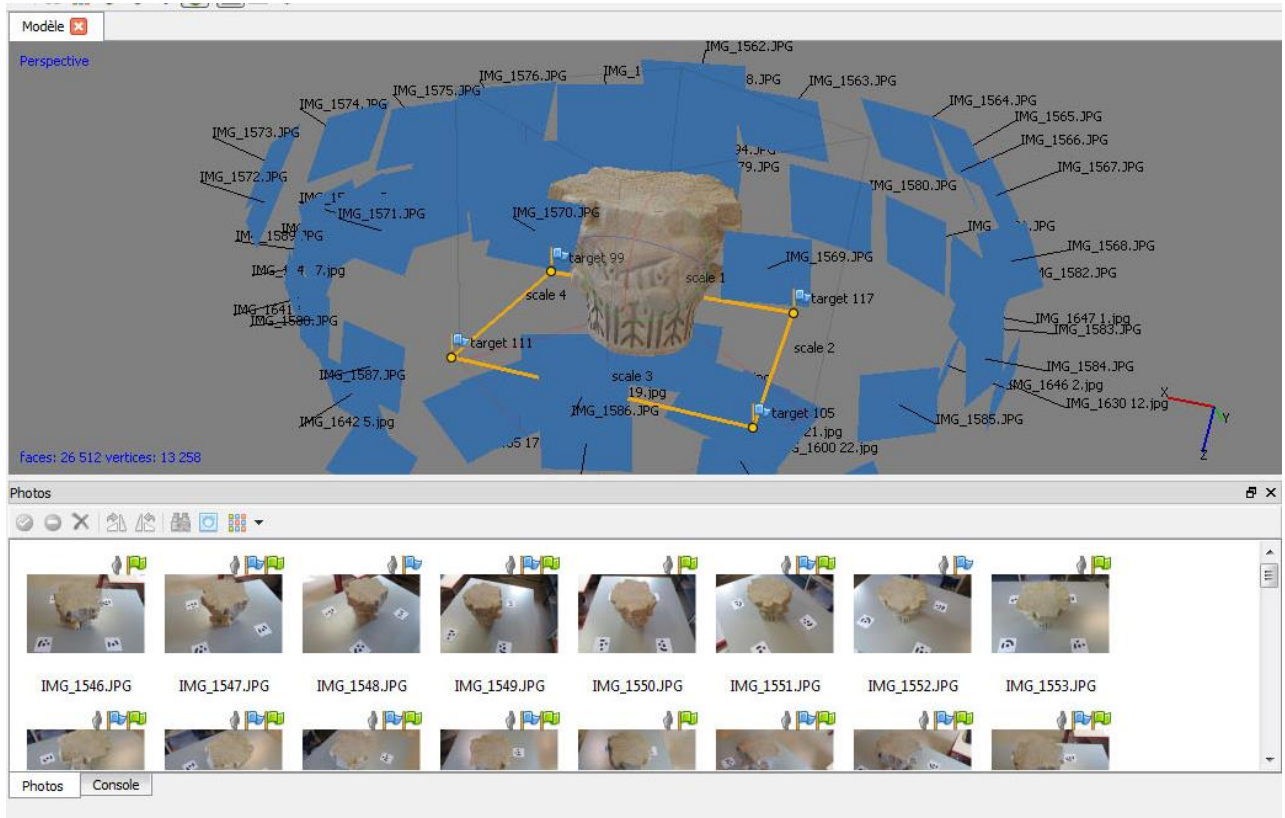
Source personnelle.

Annexe 65 : photogrammétrie coté non numérisé



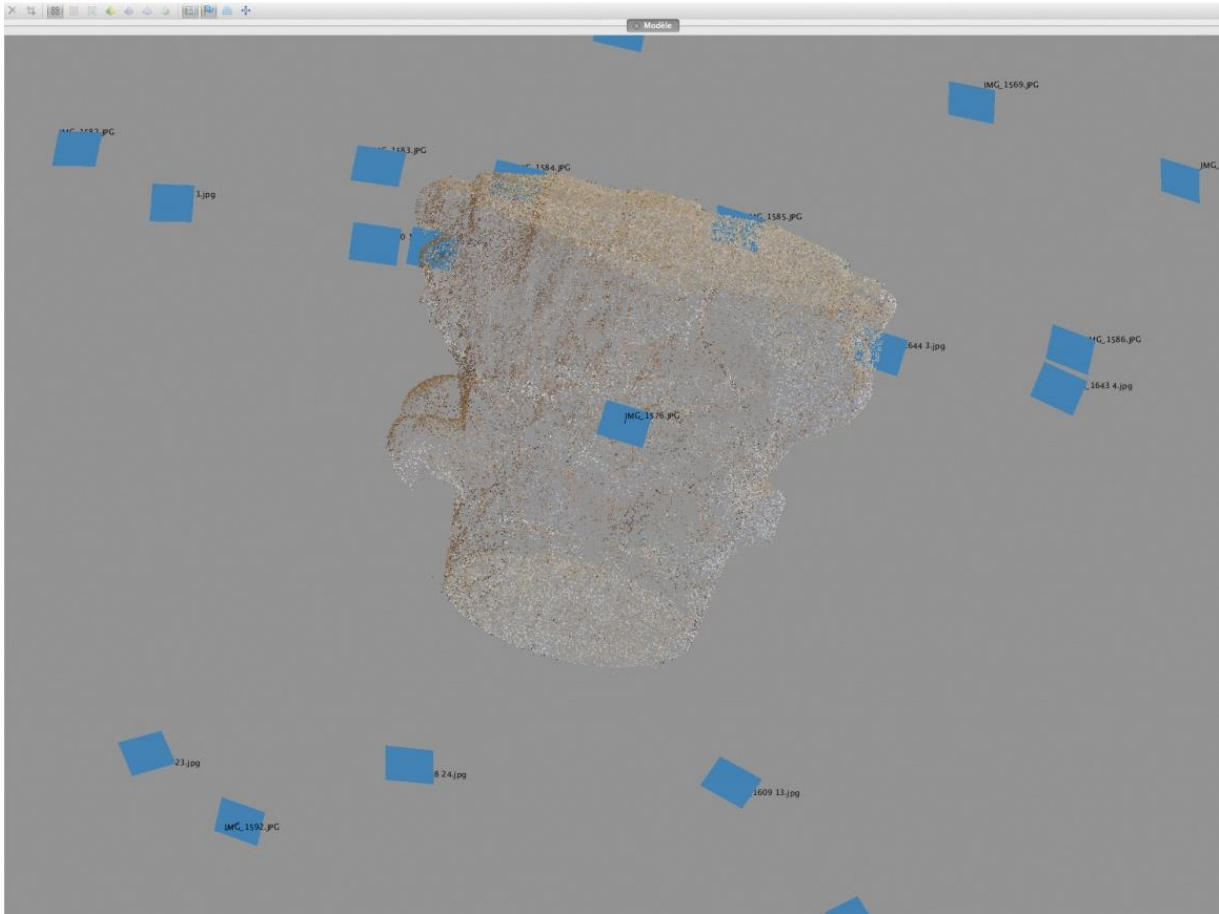
Source personnelle.

Annexe 66 : alignement des photos



Source personnelle.

Annexe 67 : Le nuage de point



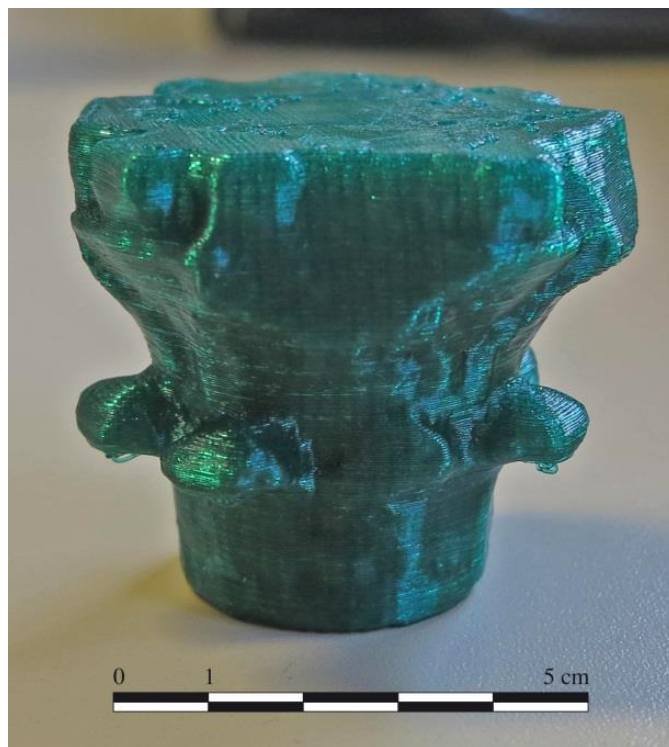
Source personnelle.

Annexe 68 : les différentes couches : maillage (a), texture (b)



Source personnelle.

Annexe 69 : première impression à l'échelle 1/5



Source personnelle.

Annexe 70 : deuxième impression à l'échelle 1/5



Source personnelle.

Annexe 70 : deuxième impression à l'échelle 1/5, suite



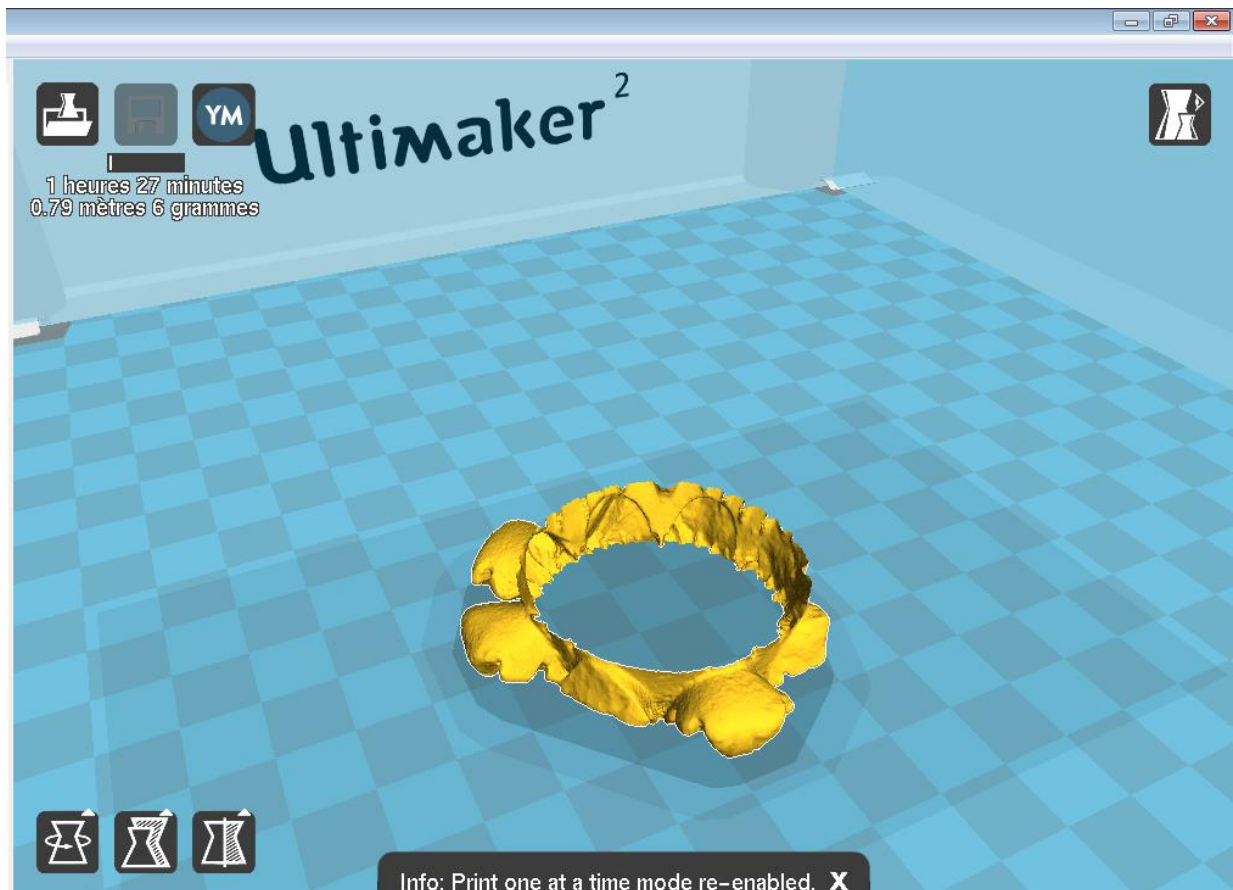
Source personnelle.

Annexe 71 : Chapiteau échelle 1 et 1/5 dans le logiciel Cura



Source personnelle.

Annexe 72 : Le chapiteau découpé à échelle 1/5



Source personnelle.

Annexe 73 : défaut d'impression à la base



Source personnelle.

Annexe 74 : Comparaison des deux chapiteaux imprimés



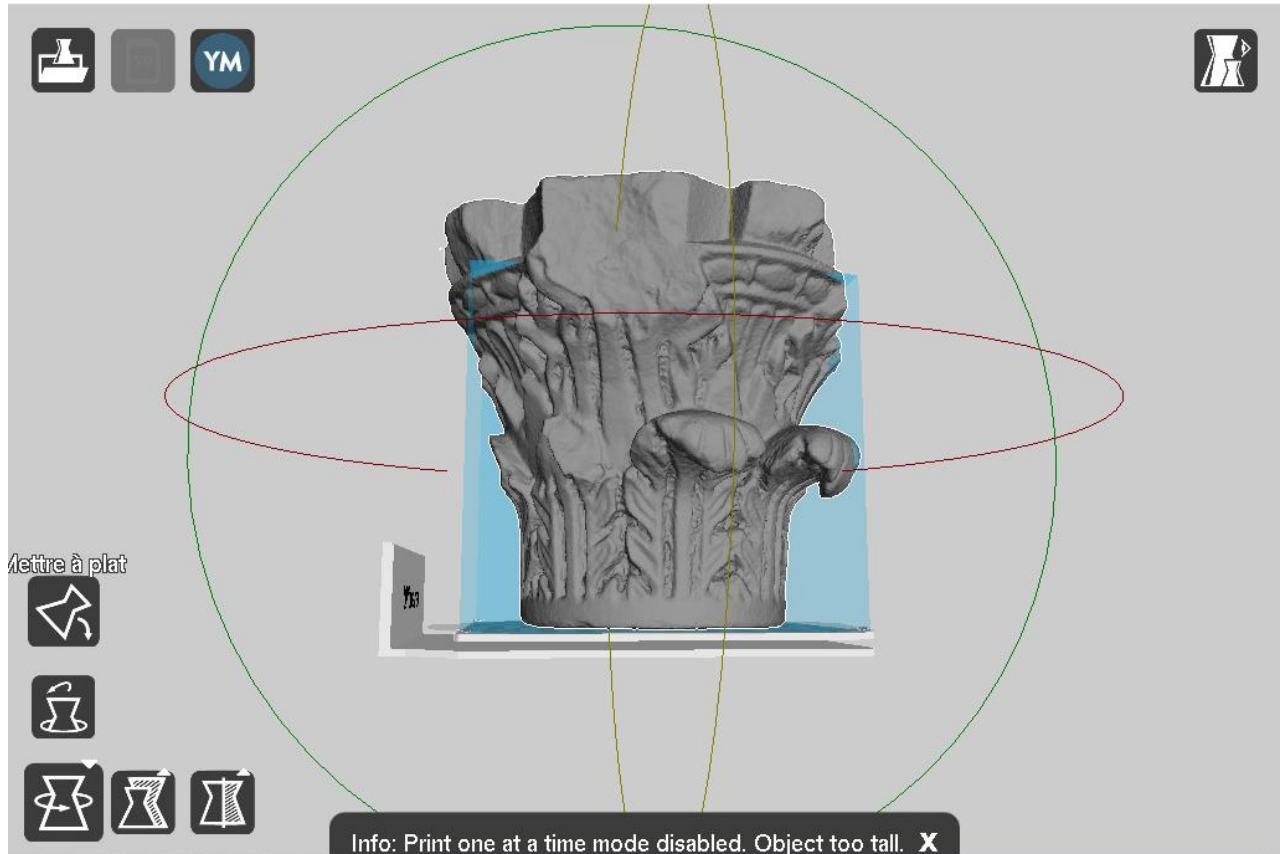
Source personnelle.

Annexe 75 : Comparaison des retombées des feuilles à l'échelle 1/4 et 1/5.



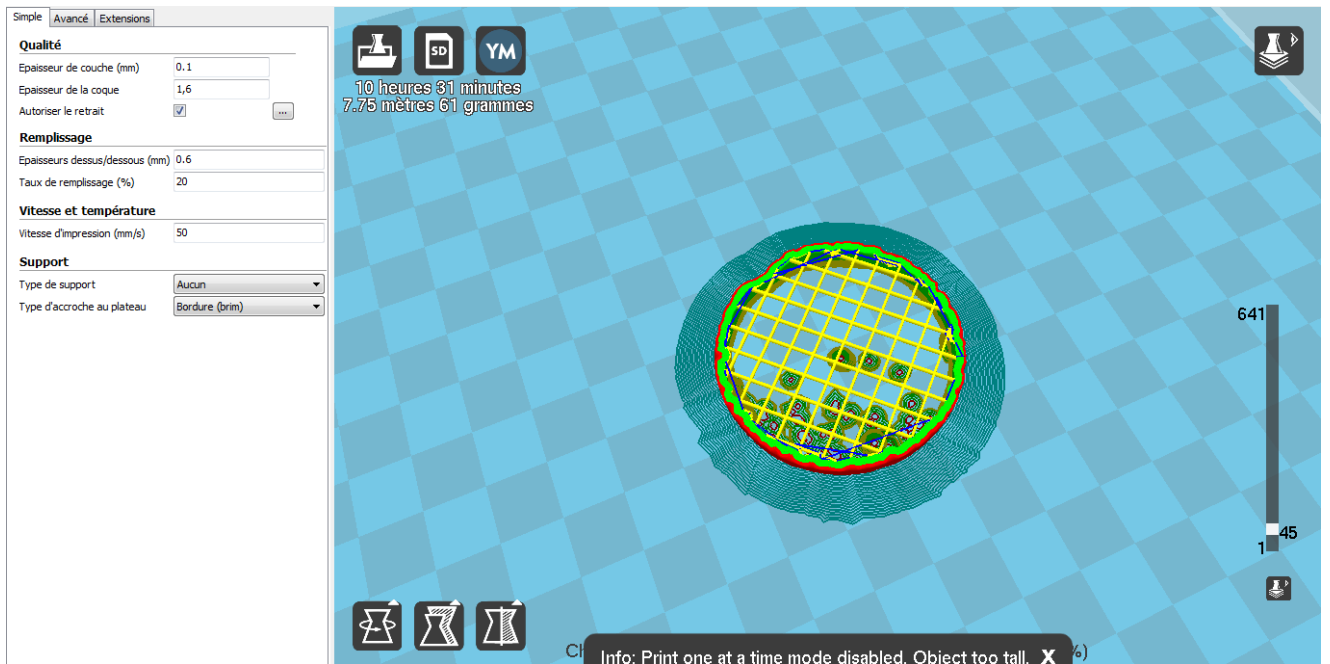
Source personnelle.

Annexe 76 : Orientation du chapiteau par les axes x, y et z et la fonction « mettre à plat »



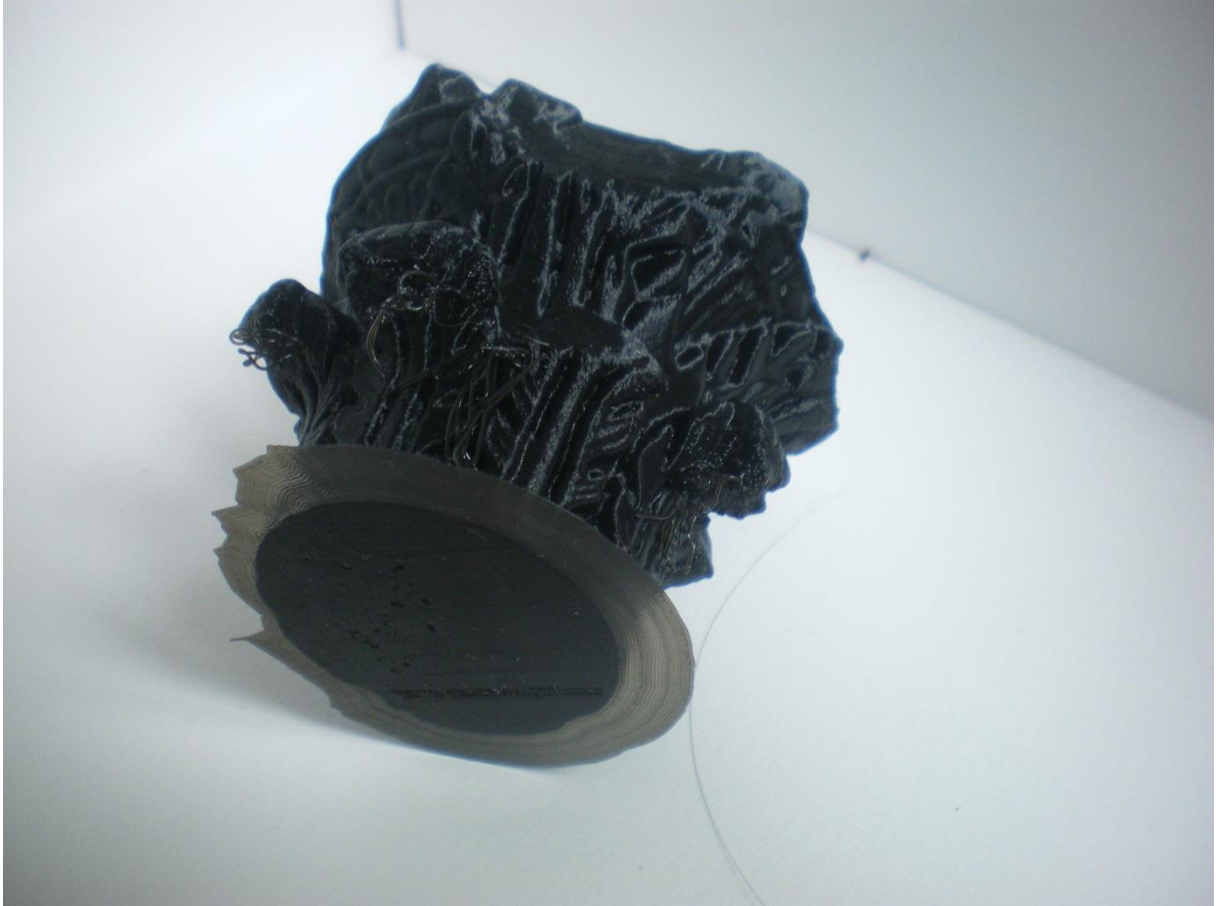
Source personnelle.

Annexe 77 : Ajout d'une bordure (brim)



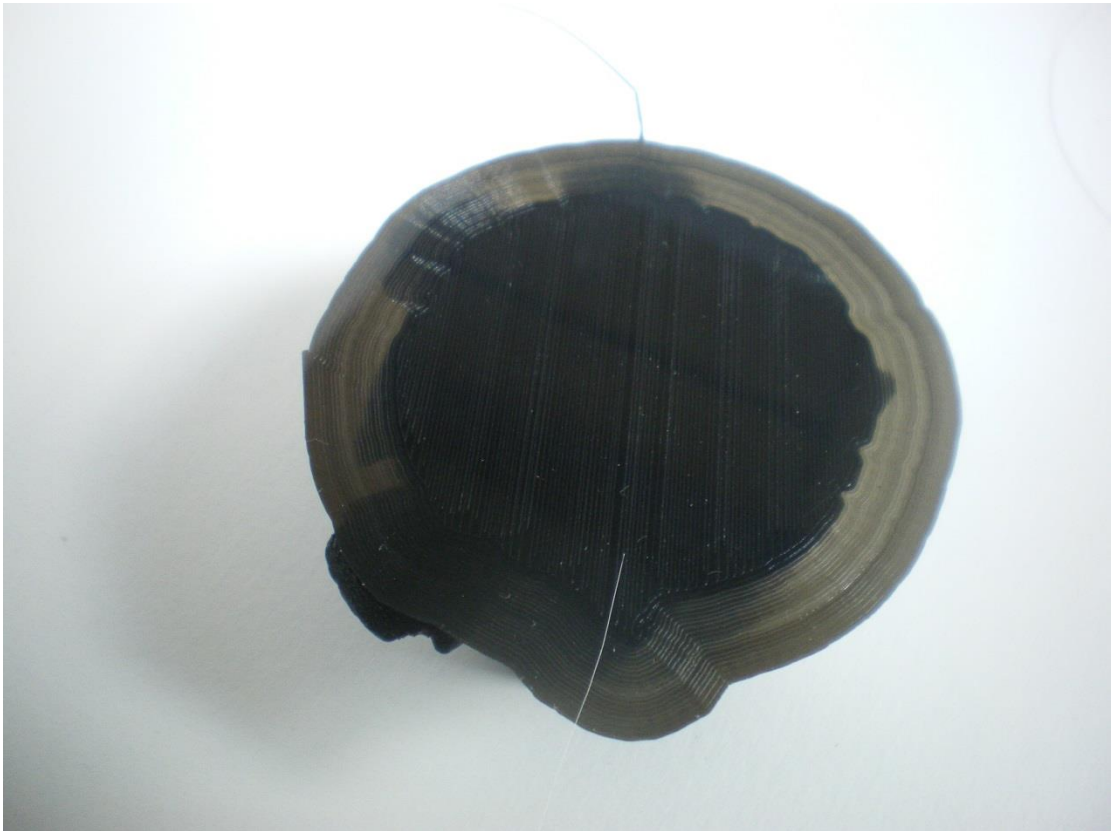
Source personnelle.

Annexe 78 : Photo de la base du chapiteau à l'échelle 1/4^e



Source personnelle.

Annexe 78 : Photo de la base du chapiteau à l'échelle 1/4^e, suite



Source personnelle.

Annexe 79: Chapiteau imprimé en deux parties



Source personnelle.