La photomodélisation au secours des sites patrimoniaux en périls

Camille Medjkouh Boulain

▶ **To cite this version:**

Camille Medjkouh Boulain. La photomodélisation au secours des sites patrimoniaux en périls. Architecture, aménagement de l'espace. 2018. dumas-01997452

HAL Id: dumas-01997452

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01997452

Submitted on 29 Jan 2019

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

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

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

LA PHOTOMODELISATION AU SECOURS DES SITES PATRIMONIAUX EN PÉRILS

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes -2017-2018

Camille Medjkouh Boulain
Sous la direction de Laurent Lescop - Architecture en représentation

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

LA PHOTOMODELISATION AU SECOURS DES SITES PATRIMONIAUX EN PÉRILS

Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes -2017-2018

Camille Medjkouh Boulain
Sous la direction de Laurent Lescop – Architecture en représentation

SOMMAIRE

?

Comment la mémoire de lieux patrimoniaux sensibles peut-elle être perpétuée grâce aux photomodélisations?

REMERCIEMENTS
INTRODUCTION
VOCABULAIRE

LES SITES PATRIMONIAUX ET LEUR PENDANT NUMÉRIQUE

1ere partie

1 LE NUMERIQUE ET LES SITES PATRIMONIAUX ARCHÉOLOGIQUES EN PÉRIL

- a Les causes de dégradation des sites patrimoniaux
- b L'engouement du public pour le patrimoine
- c La notion de présence dans un lieu et les immersions virtuelles

2 LA MÉMOIRE DES LIEUX SOUS FORME VIRTUELLE

- a Le lieu virtuel, lieu réel et leur ubiquité
- b La question de l'archivage numérique
- c À qui appartient la mémoire numérique ?

3 UNE DES TECHNIQUES QUI LE PERMETTE : LA PHOTOGRAMMÉTRIE : DE L'ANALOGIQUE A L'INFORMATIQUE

- a Historique : De la photogrammétrie à la photomodélisation
- b Techniques et méthodologie : de l'acquisition jusqu'au mapping
- c Le caractère sacré du modèle numérique
- d La réalité du terrain : entre topologie des sites et réalité économique
- e Les relevés archéologiques : Du manuel au numérique : les exemples de l'Abri du Poisson

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

4 LA REUTILSIATION DES PHOTOMODELISATIONS

- a La photomodélisation comme support de recherches
- b Reproduction en fac similé : les grottes de Lascaux
- c La cartographie par photomodélisation comme support de planification urbaine
- d Utilisation des environnements pris par photogrammétrie en jeux videos

5 LA DÉMOCRATISATION DE LA 3D : LES MAILLAGES DE POINTS ET LES PLATEFORMES COMMUNAUTAIRES

- a Des plateformes communautaires 3D à la réalité virtuelle
- b Maillage de points et multiplicité des sources pour l'acquisition

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT PROTÉGÉ PAR LES DROITS D'AUTEUR

2e Partie

PLONGÉE EN DORDOGNE

1 HISTORIQUE DU SITE ÉTUDIÉ

- a Localisation
- b Historique des précédentes opérations et descriptif
- c Les relevés archéologiques :
  Du manuel au numérique : les exemples de l'Abri du Poisson

2 DERNIERE OPERATION

- a Déroulement de la dernière opération et Matériel Utilisé
- b Réutilisation de données

3 RESTITUTION DU TRAVAIL

- a Traitement de photos par numérique
- b Création d'une photomodélisation
- c Edition d'orthophotos – DEM d'élément de détail
- d Elévations, coupes à l'échelle – Méthologie
- e Plateforme Aioli – Plateforme sémantique
- f Processus immerssif – Sketchfab

CONCLUSION ET DISCUSSION

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

REMERCIEMENT

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Laurent Lescop, directeur de ce mémoire ; qui m'a dirigé vers Catherine Cretin pour une immersion dans ce monde à cheval entre Archéologie et Architecture et pour ses précieux conseils.

Je remercie Catherine Cretin, conservatrice du Musée National de Préhistoire des Eyzies de Tayac, de m'avoir fait confiance et de m'avoir lancée dans ce passionant projet.
Je remercie d'autre part sa famille et toute l'équipe du laboratoire de recherche lié au musée de m'avoir accueillie en décembre dernier.

Je remercie également tous ceux ayant participé à l'élaboration de ce mémoire ; Monsieur Xavier Muth de get in situ, Mission drone, les participants du forum multirodors et drones et tout les autres m'ayant aidée par leurs conseils avisés.

Je remercie aussi mes amis pour leur soutien et tous mes proches, ma famille pour leur implication dans mon travail.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

INTRODUCTION

L'émergence du numérique crée de nouvelles professions, mais permet aussi de mettre en exergue certains partenariats.
C'est le cas ici : la semaine du 11 au 15 décembre marque les débuts de ce mémoire. Elle me permit d'assister Madame Catherine Cretin, paléontologue et conservatrice du Musée des Eyzies de Tayac autour de la problématique de reconstitution tridimensionnelle de l'Abri du Poisson ; une grotte d'art pariétal daté de -25 000 ans. J'ai pu découvrir ce monde qui semble éloigné de l'architecture et de ses représentations au premier abord, mais qui pourtant interprète et englobe tout autant que notre profession : l'Espace ?
Bien que nos codes de représentations, nos sensibilités et nos objectifs ne sont pas les mêmes, c'est dans cette optique et cette complémentarité que les collaborations Archéologue-Architecte doivent perdurer.
Cette semaine me permettra de m'autoformer à l'acquisition photo et à l'utilisation de la photogrammétrie afin de reconstituer numériquement ce lieu. Ce relevé numérique, d'aspect technique, enclencha plusieurs questionnements amenant à notre problématique de mémoire :
Pourquoi a-t-on le besoin de réaliser une empreinte numérique de ces sites au patrimoine sensible ?
Quels sont les moyens actuels pour cartographier un site et l'avènement de la numérique marque-t-il un tournant dans ces usages ?
Quelles sont les réutilisations de ces documentations 3D ?
Ces interrogations convergent vers cet objectif : faire perpétuer la mémoire. Aussi notre problématique : **«Comment la mémoire de lieux patrimoniaux sensibles peut-elle être perpétuée grâce aux photomodélisations? »** nous fera développer notre mémoire en différents points théoriques, puis pratique dans la restitution du cas appliqué de la grotte du poisson.

La première partie de ce mémoire s'actionne autour de la thématique du patrimoine en interrogeant au passage les causes de la dégradation de sites remarquables par leur architecture ou

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

leur histoire. Aussi la question du tourisme est prépondérante, car leur présence dans ces lieux influe durablement leurs pérennités.
Le 21e siècle démocratise la fusion de domaine d'apparence opposée faisant référence au passé (Archéologie, Histoire, Architecture du patrimoine) et des médiums tournés vers l'évolution des technologies et le futur (photogrammétrie, scanning 3D, VR). Nous mettons alors en lien cette question du patrimoine, possédant une histoire et une mémoire, avec le processus virtuel.
Ce médium possède-t-il une identité d'espace propre tel que l'on pourrait définir comme le "'lieu virtuel »' ? Les principes d'ubiquité se retrouvent dans la question des lieux virtuels, mais aussi dans l'archivage qui se fera de ces projets virtuels.
Pour finir nous interrogeons si la mémoire peut exister en tant que donnée virtuelle et si oui une entreprise/personne peut-elle avoir la main dessus ? Est-ce que les projets annoncent une démocratisation de l'accès à un patrimoine culturel par leur ubiquité ?
Suite à ces interrogations, nous introduisons la notion de photogrammétrie permettant de reconstituer par corrélation de points des photographies. Cette technique est relativement ancienne comparée à l'émergence et à la démocratisation actuelle de ce processus. Il possède néanmoins des méthodes, et techniques qui permettront notamment de comprendre la deuxième partie de ce mémoire. La démocratisation de ce médium nous amène aussi à explorer sa pérennité, le caractère sacré que certains lui accordent comme les arguments de ses opposants. Nous finirons cet encart en explorant brièvement l'évolution des relevés qu'amène cette technique dans le domaine de l'archéologie/architecture.

La deuxième partie est consacrée au descriptif, la restitution des travaux de l'Abri du Poisson et son passage de lieu réel à lieu virtuel grâce à la photogrammétrie. La phase terminale du projet sera de poster la modélisation sur sketchfab et d'élaborer une visite VR.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

VOCABULAIRE

Analogique — Au sens technique: *''Qui représente une information par un rapport proportionnel et continu entre l'information initiale et sa représentation (opposé à numérique).'*

Fac similé — Reproduction à l'identique d'un objet souvent d'interêt patrimonial.

Photogrammétrie — Procédé de recouvrement photographique permettant de créer un maillage tridimensionel. C'est une méthode de relevé numérique

Maillage — Construction de la surface d'un objet en reliant les points du nuage de points qui le composent et qui donnent lieu à un modèle 3D

Mapping — Anglicisme se rapportant en l'occurence à l'application d'effets de textures sur un maillage en photogrammétrie.

Géomatique — Traitement informatique des données géographique

Archéomaticiens — Néologisme pour définir la profession naissante d'archéologue professionnel spécialisé en technologies numériques et scan 3D.

Merger — En informatique, fusionner en un ensemble des données selon des critères identiques.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Chunk anglicisme utilisé comme fonction dans plusieurs logiciels de photogrammétrie. Correspond à un fragment, un morceau

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

PARTIE 1

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

L'UNESCO en 2009 a défini dans un rapport [1]rédigé par ICOMOS (Conseil international des monuments et des sites) une liste de patrimoine mondial en péril. Face au danger nouveau grandissant, il devenait nécessaire de définir en des termes précis et avec des exemples concrets ce qui définissait un patrimoine comme étant en péril.
Face à ces dangers, le lieu, en l'absence d'entièreté physique risque de perdre partiellement voir totalement les traces de nos ancêtres et leur civilisation qu'ils conservent en leur mur et ainsi, nous priver de notre connaissance du passé

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

a Les causes de dégradation des sites patrimoniaux

Les causes de la dégradation ou de la destruction d'un lieu historique dépendent de plusieurs facteurs qui peuvent être inhérents à la présence humaine ou simplement dus à des dégradations normales dues au temps qui passe. Le lieu peut devenir au fil des années ou soudainement restreint, inaccessible totalement voire démoli.

1 UNESCO. (2009). Patrimoine mondial en péril. Récupéré de https://whc.unesco.org/fr/158/

On distinguera ainsi :

- Les confiits armés et occupations militaires
- Les dégradations dues à un afflux trop important de présence humaine dans les lieux
- Les causes climatologiques (Catastrophe, dégradation naturelle)
- Un abandon d'entretien par les institutions en charge et/ou modification du statut juridique
- Des enjeux et pressions politiques dus au développement urbain
- Abandon de certaines zones reculées d'habitat (Phénomène d'attraction des villes)

Le rapport de 1994-2004 de ICOMOS démontrait que dans ces facteurs, l'insuffisance de gestion et l'urbanisme agressif étaient les principaux problèmes. Ainsi, la destruction du tissu urbain historique par des opérations commerciales et immobillières est avec le tourisme de masse en des termes pratiques, une des causes principales. Statistiquement, ce sont l'EU et l'Amérique du Nord qui ont le nombre de sites en périls le plus important comparé aux autres continents (31 %)[1].

L'UNESCO distinguera cependant la mise en péril et le péril prouvé de telle manière que le péril prouvé corresponde à une altération visuellement significative et de l'authenticité historique alors que la mise en péril correspond à la modification de facteurs qui pourrait altérer le bien.[2]

Malgré la sanctuarisation de certains sites tels que Lascaux en fac similé les différents rapports de l'UNESCO sur l'Etat de

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1 Organisation des nations unis pour l'education, la science et la culture - convention concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel du comite du patrimoine mondial/Trente-troisième session Séville, Espagne 22-30 juin 2009 p29

2 UNESCO. (s.d.). Sites préhistoriques et grottes ornées de la vallée de la Vézère (France). Récupéré de https://whc.unesco.org/fr/facteurs/

conservation des sites [3] dévoilent que des micros organismes affectent les parois. La dégradation des sites par des facteurs naturels ou par la présence d'humains et de leur rejet naturel est amené à augmenter subséquemment au dévelopment du tourisme ou simplement par le passage du temps.

« Dès 1960, des modiflcations du microclimat de la grotte, liées à la présence des visiteurs et des infrastructures d'accueils, ont commencé à nuire aux peintures. Quelques années plus tard, une prolifération d'algues a débuté et une précipitation de carbonate est apparue à la surface des peintures.» [4]

Depuis 1957, le rapport sur Lascaux par l'UNESCO montre que les différentes interventions pour l'accès aux touristes (modification structurel) ont alteré le microbiome de la grotte et que jamais nous ne pourrons retrouver son état d'origine lors de sa découverte. En ces mots, sa découverte et les mauvais traitements qui en ont découlé ont causé sa perte progressive plus que sa conversation « éternelle ».
Un suivi régulier montre que pour l'instant les altérations (tâches, duvets, vermiculations) evoluent lentement. Si à Lascaux elles évoluent lentement, ceci est du aux restrictions drastiques d'accès mises en place, tout comme plusieurs autres sites voisins du Périgord. Des recherches visent à éclaisir les causes de ces dégradations (*« l'écologie microbienne de la grotte de Lascaux»*)

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3 UNESCO. (s.d.-b). Sites préhistoriques et grottes ornées de la vallée de la Vézère. Récupéré de ttp://whc.unesco.org/fr/list/85/documents/

4 UNESCO. (2008). Sites préhistoriques et grottes ornées de la vallée de la Vézère (France). Récupéré de http://whc.unesco.org/fr/soc/930

(fig 1) Carte des sites naturels et mixtes du patrimoine mondial de l'Unesco, menacés (en rouge) par des activités industrielles

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

b L'engouement du public pour le patrimoine

Fermeture de Lascaux, fermeture à l'international de sites tels que le Machu Picchu en 2012 ou de sites précolombiens, asiatiques, etc. Le monde entier, et ce, de manière quasi homogène, regorge de sites archéologiques/architecturaux relevant du patrimoine mondial. Ceci offre alors la possibilité à chaque pays, et notamment à ceux non industrialisés, de pouvoir avoir une politique économique tournée vers le tourisme lié à ses sites. Pourtant force est de constater la fermeture successive de nombreux lieux dits sensibles. L'appropriation du patrimoine antique et de l'archéologie est relativement récente. Dans le monde il se fait de manière non homogène souvent par minoration, manque d'intérêt politique ou par faute de moyens.

Le tourisme de masse perpétue-t-il le patrimoine ou le patrimoine est-il en danger par les touristes ?
Les récentes avancées en terme de développement durable ont accentué l'idée que le tourisme (de masse) est néfaste pour la préservation de sites archéologiques. On parlera de mise en tourisme pour exprimer ce développement de l'activité touristique. Pourtant leur rapport de force n'empêche pas leur coéxistence et même : ils sont nécessaires pour que chacun d'eux survive. En effet le patrimoine, n'a de valeur que quand nous le percevons, il n'a d'importance que dans un monde où quelqu'un peut reconnaître sa valeur.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Les répercussions ne sont pas tout le temps directes, mais principalement sur la manière de gérer les territoires qui abritent ces sites sensibles.
Dans certaines parties du globe, le tourisme représente une partie plus qu'importante pour leur systèmes économique. Capacité de rayonnement international, compétitivité et développement durable apparaissent souvent comme difficilement compatibles. Dans certains cas, la complexité se poursuit, quand la gestion et la préservation des sites sont inhérentes au tourisme qui les met pourtant en danger.
En Égypte à la suite des troubles politiques, la baisse drastique du tourisme (perte de 5 M en 5 ans) et la désertion des sites amènent à des difficultés de préservation des sites archéologiques [1](chantier et fouille en pause, restauration au plus urgent). De ce fait en 2006 l'UNESCO, face à ce genre de dialogue économique, social complexe, ouvrait un séminaire « *Tourisme, culture et développement*» sur le tourisme et l'archéologie avec pour thématique principale : comment véhiculer et faire rayonner les pays en leur garantissant un développement économique ?).

''Sous un certain angle, le tourisme apparaît comme une industrie très structurée aux ramifications planétaires, qui fonctionne dans le contexte cosmopolite des flux de capitaux transnationaux, des organisations multinationales et de la libre circulation des personnes et des idées (Lanfant, Allcock, Bruner 1995). Mais cette apparente « déterritorialisation » du tourisme international ne doit pas dissimuler la réalité d'une industrie qui, aujourd'hui encore, s'articule autour de l'idée d'État-Nation; en définitive, chaque pays, avec ses institutions, son système politique, ses besoins économiques et son capital social et culturel propre, se trouve en situation de concurrence avec tous les autres pour récolter sa part de la manne touristique, que ce soit en termes de bénéfices ou de statut. ''

1 Ribadeau Dumas, L. (2017, 21 février). Egypte: un patrimoine archéologique en danger. Récupéré de http://geopolis.francetvinfo.fr/egypte-moins-de-touristes-un-patrimoine-archeologique-en-danger-135321

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

D'autres initiatives [2] visent à réguler un site, son environnement proche et l'économie qu'ils génèrent par le contrôle de l'afflux touristique et ceux dès l'entrée sur le territoire. Pour cela des moyens drastiques sont mis en place comme le dévoile le récent article science et avenir: «*Cette île est magique, tout le monde veut la visiter, mais c'est aussi une île délicate que nous devons protéger* ». La nouvelle loi a pour objectif d'y réguler le tourisme». En effet, au prorata des résidents permanents, l'afflux touristique dépasse les capacités d'accueil ''viable'' de l'ile (7750 résidents pour 116 000 touristes/an). La loi, en vigueur (datée du mercredi 1er août 2018 fait passer la durée du séjour de 90 à 30 jours maximum pour les touristes. L'afflux touristique amène des problèmes de gestion des déchets et d'énergie que les natifs et habitants jugent trop importants. Ceux-ci souhaitent préserver leur patrimoine et leur culture avant de privilégier le tourisme de masse. «*Les étrangers sont en train de prendre le contrôle de l'île*». Dans ce contexte, peut-on penser que dans une centaine d'années, au vu de l'évolution (dramatique) de la pollution causée par le tourisme de masse , l'accès à l'archéologie et au patrimoine deviendrait un luxe ou plutôt un privilège?

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

2 Science et Avenir. (s.d.). Tourisme sous surveillance à l'île de Pâques. Récupéré de https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/tourisme-sous-surveillance-a-l-ile-de-paques_126412

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

C La notion de présence dans un lieu et les immersions virtuelles

Les restrictions envers certains sites touristiques patrimoniaux additionnées à l'évolution croissante de la population mondiale nous amènent à penser que les processus virtuels vont se développer, dans la recherche comme dans le tourisme. Si la question de présence, de ressenti et d'ambiance est essentielle lors d'une visite touristique il est intéressant d'interroger la notion de présence, rapprochée à celle d'immersion, dans un lieu virtuel: un espace tridimensionnel qui serait une projection d'un lieu réel.

La notion de présence est liée dans l'expérience que nous avons d'un lieu, à l'information, ou mémoire que nous avons de ce lieu. C'est un terme qui possède plusieurs définitions (sensible, pratique), et qui permet de définir ce qu'est un lieu: la notion de présence est le sentiment d'être dans un espace donné, au travers de tous les sens.

Tout dabord, la lecture d'ouvrage ou de thèse/ mémoire réalisés entre les années 90 et 2000 nous permet d'avoir un recul d'une vingtaine d'année. Ainsi plusieurs « théories » en matières de réalité virtuelle , pouvant paraître fantaisiste, et d'objet tridimensionel, prennent beaucoup plus de sens au vu de l'actualité technologique. Comme l'explique J.Tisseau [1]un monde virtuel se définira dans un «*repère AIP*» : autonomie, interaction, présence. La réalité virtuelle en cela correspondrait à un repère de 1 1 1 selon D.Zelter. Zelter en 1992 proposait déjà de considérer la notion de présence dans un lieu virtuel [2].

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1 Tisseau, J. (2001). Realité e Virtuelle — autonomie in virtuo —. Récupéré sur https://www.enib.fr/~tisseau/doc/hdr/hdrJT.pdf

2 *idem*

D'autres à l'inverse, après 1992, contredisent totalement ce système en nous prouvant que notre présence possible dans un monde virtuel, remet intrinsèquement en cause notre présence dans un monde réel. Bien qu'un monde manifeste soit bien dissociable d'un monde de la science (Alexandre Koyre), beaucoup de conclusions réalisées à cette période ne sont plus viables (de mon point de vue) en 2018.
Les mondes virtuels ont de plus en plus vocation à s'actualiser, à avoir des dispositifs que l'on pourra qualifier de « trompeurs», mais qui en réalité arrive juste à s'échapper du domaine de l'imagination pour aller vers la sensation. La sensation c'est ce qui faisait défaut pour le moment aux modèles 3D et aux modèles immersifs. La perte de référent reste cependant toujours un souci : pour l'esprit et l'oeil, nous nous détachons du modèle physique.

Selon Y.Schubber [3] , déjà en 1998, la réalité virtuelle pouvait être considérée selon la technique et le point de vue conceptuel par l'activation de dispositif humain: *''mécanismes perceptifs, cognitifs, et l'activation de représentation''*[4] .
Dans le cas de la présence en réalité virtuelle, le terme n'est pas encore tout à fait exact, car cela reste une illusion de présence. Cette présence est définie comme l'impression subjective d'être dans un environnement simulé[5]. On parlera d'immersion.

Dans *''les réalités virtuelles et la présence: de la conceptualisation à l'operationnalisation''*, le facteur d'audition et de vision serait

3 Shubber, Y. (1998). LES REALITES VIRTUELLES ET LA PRESENCE : DE LA CONCEPTUALISATION A L'OPERATIONNALISATION (Recherches en communication, n° 10, (1998).). Récupéré sur http://sites.uclouvain.be/rec/index.php/rec/article/viewFile/2491/2291

4 *idem*

5 2 W. BARFIELD and S. WEGHORST, "The Sense of Presence within Virtual Environnements : a Conceptual Framework", in Human-computer Interaction : Software and Hardware Interfaces, vol. B, Elsevier Science Publishers, 1993,

pp. 699-704 ; M. SLATER and M. USOH, "Presence in Immersive Virtual Environnements", in IEEE Virtual Reality International Symposium, Seattle (Wa), september 1993

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

des éléments constituant majeurs de *''l'impression de possible ou de plausible dans les réalités virtuelles''*. Le degré de présence pourrait se mesurer, soit psychologiquement soit de manière technologique. La plupart des recherches en 1990/2000 ont porté sur l'aspect technologique et sur la propension à réaliser un rendu ''convenable.''. Y.Schubber développait des pistes pour les personnes souhaitant travailler avec les technologies immerssives et la pédagogie (une phrase qui résonne au vu de notre pratique de transmission de la mémoire patrimoniale). Parmi elle: la subjectivité de l'usager qui jouerait un rôle dans sa perception de l'environnement ainsi que ses croyances, engagement vis-à-vis du sujet. L'exploration de l'aspect psychologique dans les immersions virtuelles gagnerait à être entendue par ceux utilisant le virtuel comme une plateforme éducative.
Ce test de 1998 réalisé avec un jeu vidéo trouve sa résonnance aujourdhui: les dispositifs de vue immersive ou de casques d'immersion combine aujourd'hui des graphismes élevés mais aussi des sons d'ambiances et plus récemment des sensations de touché. Go touche VR permet de sentir les objets virtuels et de les manipuler. [6] Il permettrait entre autre de manipuler des objets qui n'existeraient pas.

Une autre thèse plus récente (2009) considère, via une enquête, l'avis de l'utilisateur et son ressenti immersif au travers d'un test avec un jeu vidéo:

''Enfin, le Saint Graal de la présence qui consiste à identifier les seuils minimaux à atteindre pour susciter la présence est toujours d'actualité. Cette identification nous permettra de concevoir les diagrammes mâles et femelles relatifs à une expérience en réalité virtuelle.'' [7] .

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

6 Realite-virtuelle.com. (2017, 7 juin). Go Touch VR : un accessoire qui offre la sensation du toucher en réalité virtuelle. Récupéré de https://www.realite-virtuelle.com/go-touch-vr-toucher-0706

7 Bouvier, P. (2009). LA PRÉSENCE EN RÉALITÉ VIRTUELLE, UNE APPROCHE CENTRÉE UTILISATEUR PRESENCE IN VIRTUAL REALITY, A USER CENTRED APPROACH. Récupéré sur http://monge.univ-mlv.

P.Bouvier conclut que la crédibilité de l'expérience prime sur le réalisme Mais que l'immersion d'individu dépend aussi de sa proprention à vouloir faire partie de cette même expérience virtuelle

Dans la volonté de transmettre la mémoire la notion d'immersion et de présence dans les espaces virtuels serait d'une importance vitale pour transmettre au mieux les ambiances et le ressenti d'un lieu. À défaut de visiter réellement le site il faudrait que le virtuel devienne non pas un simulacre du réel, mais un dispositif alternatif, offrant la possibilité d'être là bas et ici à la fois.

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

 fr/~bouvier/these/these_Patrice_Bouvier.pdf

La problématique de la création d'une base de données virtuelle des relevés archéologiques sous forme de 3D, revient à évoquer la problématique de l'accès à ce patrimoine par l'humanité. Cela revient également à aborder la question de la mémoire, car le but fondamental de tous ces processus «complexes» de réalisation 3D ont pour but de laisser des traces de notre passage qui ne peuvent elle-mêmes plus exister. L'objectif est simple : une ressource d'information pour les futures générations. En réalisation d'une 3D, le premier objectif réel est d'améliorer la connaissance de ce site. Cette 3D ne sera intéressante que parceque'elle sera interprétée par des scientifiques et des archéologues. Il y a une utilisation scientifique des données, mais également une reconstitution virtuelle d'un territoire qui va être amené à être potentiellemen accessible à tous.

Documenter métriquement un site patrimonial sous tous les angles est-ce possible ? Depuis plusieurs dizaines d'années, oui, et également spatialement grâce à la modélisation 3D. On peut noter que ce patrimoine du virtuel n'est pas né numérique comme beaucoup de réalisation faisant partie aujourd'hui de l'informatique : il découle d'un lieu réel, ayant une identité et un environnement qui lui sont propres dans notre monde.

"'L'image en tant qu'archive tridimensionnelle autorise – dans le temps – tous les traitements ou reprises ultérieurs.'' M. Maumont

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ⓐ Le lieu virtuel, lieu réel et leur ubiquité

La distinction entre le lieu réel et le lieu virtuel se lie dans l'orientation que nous avons de ces espaces. On peut faire l'expérience de manière pratique en enfilant un casque oculus rift (ou autre interface VR) et en utilisant de manière prolongée un mode immersif de 3D : On vole, possiblement, on peut avancer, etc. Et bien souvent notre corps nous signale par des nausées, que le cerveau ne s'adapte pas à ce changement. Moins concrètement et plus théoriquement on peut dire que la façon dont l'on s'oriente a changé en 2018 : Nous nous localisons en permanence et nous guidons souvent (google map, GPS) par des espaces numériques et non des lieux dont nous avons fait l'expérience physique de l'orientation (ou du déboussolement). L'expérience que nous avons d'un lieu réel n'est cependant pas la même que celle que nous avons d'un lieu impalpable : Le lieu se définit par sa position géographique, mais aussi par notre propre corps et le fait que nous l'habitons pendant un temps court ou long. Dans le cas de ce que j'appelle un lieu virtuel il est intéressant de coupler la photomodélisation à l'expérience immersive.

Dans le cadre du lieu virtuel, nous n'habitons pas le lieu, mais le lieu vient à nous, pas dans son aspect géographique (il ne se déplace pas), mais en ce qu'il incarne. On peut parler d'expérience du lieu, car nous vivons ce lieu au travers de notre ressenti, mais pas que nous l'avons habité par notre présence. Aucune traces de notre passage, même infime soit-elle est effective dans ce lieu.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 1) Film de science fiction 2048 Virtual reality / virtual revolution : Film futuriste)dans lequel la quasi totalité de la population vit la population vit connectée en permanence à des mondes virtuels

(fig 2) première salle de cinéma dediée à la réalité virtuelle en France - Paris au MK2 AFP PHOTO/BERTRAND GUAY –AFP

J.F.Coulais[1] parlera de *« "lieux anthropologiques qui sont indissociables de la dimension géographique »"*. On peut se demander si la terminologie est bonne alors d'évoquer un "*'lieu virtuel'*". Est-ce que c'est vraiment un lieu, ou plutôt une simple interface ? Le lieu virtuel vient contredire la notion de lieux lui même, par son absence de positionnement géographique. Pourtant lorsque nous percevons et utilisons l'interface immersive, notre corps est bien dans une zone précise, nous sommes bien dans un lieu (sa chambre, un musée, une salle de classe etc). L'interface ne vient qu'offrir une apparente dimension alternative : un lieu virtuel. Cependant la notion de lieu n'est pas exacte encore... En effet ce lieu virtuel peut posséder plusieurs facteurs tel que sa mobilité et son ubiquité.

Tout ce qui est numérique possède la faculté intrasèque de se multiplier (en nombre conséquent).
On parlera de l'ubiquité d'un lieu, c.a.d sa faculté à être perçu à deux endroits distincts géographiquements et/ou virtuellement. En cela, la mémoire "virtuelle" d'un lieu est proportionnelle aussi au nombre de fois où ce lieu et son évocation se sont multiplié. Internet y joue un rôle prépondérant au même titre que les espaces tels que les musées possédant des dispositifs scénographiques appropriés pour leur diffusion au public. Le principe d'ubiquité est ancien mais aujourd'hui se généralise à tous les domaines :

''Paul Valéry écrit en 1928 dans 'la recherche de l'ubiquité' que l'art était sur le point de subir un changement important. (...) Au lieu que l'art vienne à l'utilisateur, c'est l'utilisateur qui va dans des musées virtuels. ''[2]

La photomodélisation étant l'évocation spatiale d'un lieu (par la 3D, par la VR), elle contribue à démocratiser aussi l'accès de cette mémoire auprès de personnes ne pouvant se déplacer pour

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1 Coulais, J. F. (2014). Images virtuelles et horizons du regard : Visiblités calculées dans l'histoire des représentations (Ed. rev.). Generve, Suisse : MétisPresses.

2 Pedatte, K. (2016-2017). Dispositif d'ubiquité. Récupéré sur http://pedatte.com/portfolio/Memoires/Memoire_Pedatte_Kevin_M2-Dispositif_dubiquite.pdf

voir eux-mêmes ce lieu. L'ambiance et l'histoire du lieu réel se diffusera plus largement à un public, par le lien virtuel qu'il a avec le dispositif, qu'il ne peut supporter dans le réel avec une présence humaine (pour des raisons spatiales, de préservation etc)

L'ubiquité de ces dispositifs et des lieux virtuels engendrent :

- L'Archivage : Le but est de pérenniser les données pour une réutilisation future
- La sauvegarde : la sauvegarder dans un espace virtuel sûr afin de pouvoir la retrouver en cas de bugs
- La capture : C'est sa faculté à être capté pendant un bref instant et recopié
- Reproduction numérique : La démocratiser depuis une autre interface

L'ubiquité permet de délocaliser une partie de l'essence du lieu pour la faire correspondre géographiquement à notre position. Ignorant la notion de voie terrestre, seul compte la position du récepteur (ordinateur, portable, etc.). Le lieu virtuel, en pendant du lieu réel, se caractérise également par son éphémérité contrairement au lieu reél. Le lieu réel (bien sûr modifiable et qui s'altère), est amené à évoluer puis se détruire. Ceci est du à son aspect immatériel et impalpable. En effet en un click, le lieu virtuel disparaît, alors que le lieu réel garde sa composante géographique et sa mémoire (traces archéologiques pour exemples). On se rappelle qu'à cette position exacte, il y avait un lieu. Le lieu virtuel est en fait ce qui permet au lieu réel de se pérenniser dans le temps. Le lieu virtuel tend doucement, à non pas vouloir le remplacer, mais le préserver et à le mettre en valeur. On peut parler de mondialisation de l'image, car c'est ce que fait le lieu virtuel : Il se multiplie et fait partie de la mondialisation : Il multiplie la mémoire d'un lieu à un maximum de personnes. Il est cependant important de noter que l'image n'a pas de lieu, mais que les reconstitutions 3D/immersives en ont un. Car elles ont pour but de prolonger notre perception binoculaire de l'espace : Elles ''tentent'' de reproduire notre dimension.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

 Dans le cadre de la 3D et du patrimoine, le lieu virtuel est porté

par un regard symbolique du lieu réel qu'à l'usager du dispositif. JF. Coulais fait partie des nombreuses personnes mettant aussi en garde sur la multiplicité des images numériques ou des lieux virtuels qui viennent dénaturer la signification de lieu réel. La perte de sens de l'image est en effet un risque que l'on peut associer à la multiplicité comme à l'aspect désincarné du numérique.

''Pour qu'elle crée un sens cette relation doit se construire par des aller-retour et des échanges incessants entre nos expériences visuelles et nos images mentales, entre regards, pensée et imagination symbolique »''[3]

P. Jaccottet fait aussi partie de ceux déclarant que l'image ne doit pas se substituer à la chose, mais être un levier en nous donnant les clefs afin de les percevoir à la place de ce que nous percevrions si nous étions présents sur les lieux. L'aspect sensoriel que nous avons du lieu réel est décrit comme *<<horizon du regard, une articulation entre espace du corps, espace du visible et espace du mental »*. C'est cette articulation qui est si délicate à retranscrire dans un lieu réel afin d'aller vers une transcription fidèle du lieu existant.
Pour faire perpétuer de manière entière la mémoire d'un lieu : l'expérience immersive doit traduire :

- Son aspect visuel le plus fidèlement possible
- Son essence
- Sa capacité à stimuler un imaginaire
- S'affranchir le plus possible de son support
- Reprendre les principes anthropologiques d'orientation

La perspective d'un lieu virtuel qui ne soit pas une copie, mais un véritable <<cousin » du lieu réel, effraie, car il apparait contre nature dans un premier temps dans notre esprit, de pouvoir comprendre tous les aspects du réel à travers un dispositif fait d'images assemblées par notre simple force de connaissance.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3 Coulais, J. F. (2014). Images virtuelles et horizons du regard : Visiblités calculées dans l'histoire des représentations (Ed. rev.). Generve, Suisse : MétisPresses.

SONO VISION —« 'Réalité virtuelle au musée : Seppia et Holo3 immergent le Annik Hémery. (2016, 1 décembre). Réalité virtuelle au musée : Seppia et Holo3 immergent le patrimoine.

Annik Hémery. (2016, 1 décembreb). Augmented Reality Sperm Whale. festivaleureka.ca

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DU PAYSAGE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

b La question de l'archivage numérique

L'émergence du patrimoine numérique reste relativement récente tout autant que son archivage. La perte de matérialité et le manque de palpabilité ont pour cause de nombreux cas de réticence vis a vis de ce médium. Car leur sauvegarde est souvent liée à l'entreprise du numérique en tant que tel. On peut prendre pour exemple encore une fois l'immense base de données Sketchfab. Cette entreprise s'affirme en premier plan dans son rôle officieux de sauvegarde de ces données mondiales. Pour le moment, aucune base de données d'Etat n'a vu le jour.

L'archivage pose aussi la question de la source et des acteurs de la fabrication de ces modelés. Le processus doit-il émerger d'un vase clos d'individu, ou se baser sur une communauté, localité et ainsi devenir un projet commun (on peut faire référence aux plateformes communautaires telles que sketchfab).
Selon le site archéosphère, un modèle 3D est doté de plusieurs caractéristiques notamment celui d'être pérenne, opérable c'est-à-dire sa faculté à pouvoir être utilisé par tous les autres acteurs, et ce, de manière fluide. Ceci peut être fait par des logiciels faciles d'utilisation ou des navigateurs (ex. : Plateforme sketchfab), mais tout ceci inclut de considérer dans chaque projet les formats d'enregistrements. La mémoire numérique est liée en effet au médium utilisé. pour sa lecture : nous sommes dépendants de l'ordinateur pour décrypter ces données impalpables. Les données numériques ne sont pas « auto explicatives » [1]contrairement au modelé papier/écrit,

1 Boydens, I. (2004). La conservation numérique des données de gestion (Ed. rev.). https://doi.org/10.3166/dn.8.2.13-22

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE MARNE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

car il y a un accès indirect: "*'Elle repose en effet sur un complexe chaîne de médiation à la fois matérielle et logicielle (Masanes, 2003)* »

Une obsolescence des données semble alors inévitable dans le futur, mais nous pouvons nous demander comment le ralentir ou du moins, créer un processus commun afin d'éviter un éparpillement des méthodes d'encodage et de format afin de faciliter sa lecture. Certaines données, datant des débuts de l'informatique, ont déjà été victimes de ces problèmes de <<perspective » dans leur classement et aujourd'hui souffrent d'un manque de logiciels pour les lire (source : Discussion avec un chercheur au Département de recherche du Musée d'Art Préhistorique). On trouve ce problème de classement informatique dans d'autres domaines de cartographie telle que la cartographie militaire et qui fait alors l'objet de dispositif financier important afin de récupérer ces données (Emplacement de bombe au Viet Nam devenu illisible)[2]. Ces soucis de lecture sont dus à :

- *Un manque de backward compatibilité.*
- *Non-réédition du logiciel/médium de lecture*

Dans cet archivage numérique, on ne peut dissocier la mémoire numérique de son support physique, en serveur, en disque dur, etc.L'entièreté physique de la mémoire est liée à son cycle de vie ou de conservation, au même titre que d'anciens écrits se doivent d'être conservés méticuleusement. Au même titre que les disquettes, qui paraissaient révolutionnaires il y a quelques années, sont d'ores et déjà quasi illisibles par nos ordinateurs portables, nous devons alors nous poser la question du support de conservation (et de son cycle de vie) de ces données. Un disque dur, un serveur ? Malheureusement les avancées technologiques permettent de faire peu de schémas à long terme. Elles sont plus tributaires des marchés financiers que de normes étatiques même si plusieurs réglementations existent [3], or c'est le long terme qui nous intéresse dans la préservation de la mémoire de ces données. Pour l'instant les méthodes mises en place sont le Refreshing (transférer vers un stockage plus récent

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENTS SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

2 *idem 1*

3 *idem 1*

et moins dégradé), la migration de données (enregistrement dans une autre version avant son obsolescence), ou encore un projet utopique d'un musée d'ordinateur et des technologies qui réunirait tous les software et hardware (Kleinberg et coll., 2002).

''Plus l'environnement d'une donnée est simple, plus celle-ci est 'pérenne' ; c'est ainsi que les microfilms sont parfois envisagés pour le long terme en dépit de leur passivité fonctionnelle, bien qu'en ce qui concerne les larges volumes de données structurées, un médium digital reste requis. »' [4]

Dans le cas de la sauvegarde de modèle 3D, les recherches et conclusions de ces recherches en termes de sauvegarde informatique sont quelque peu préoccupantes. Le modèle 3D devrait donc alors être assez opérable et pérenne à la fois pour en retirer d'autres documents (élévations, orthophotos, etc.) des dizaines d'années plus tard pour des réutilisations scientifiques/valorisation, mais aussi pour éviter tout processus de récupération couteux en temps et argent.

''S'il est nécessaire de prendre en compte cette abondance sans précédent (Dougherty et coll., 2010), la fragmentation, la propagation et la dématérialisation engagent 'une rupture épistémologique à la fois pour l'archiviste et le chercheur qui considèrent désormais des ressources' ou des 'données' davantage que des documents' (Mussou, 2012). »' [5]

Une fois une 3D crée, sous forme de métadonnée, le risque peut être aussi l'archivage qu'il inclut. En effet la patrimonialisation de ces sites ne doit pas se finir par un simple relevé numérique mais par une réutilisation de ces données et modèles au profit de scénographie, muséographie et autre processus de médiatisation. La finalité d'une sauvegarde numérique ne se fait alors pas à la

4 Boydens, I. (2004). La conservation numérique des données de gestion (Ed. rev.). https://doi.org/10.3166/dn.8.2.13-22

5 Francesca Musiani et Valérie Schafer, « Patrimoine et patrimonialisation numériques », RESET [En ligne], 6 I 2017, mis en ligne le 18 octobre 2016, consulté le 06 août 2018. URL : http://journals.openedition.org/reset/803 ; DOI : 10.4000/reset.803

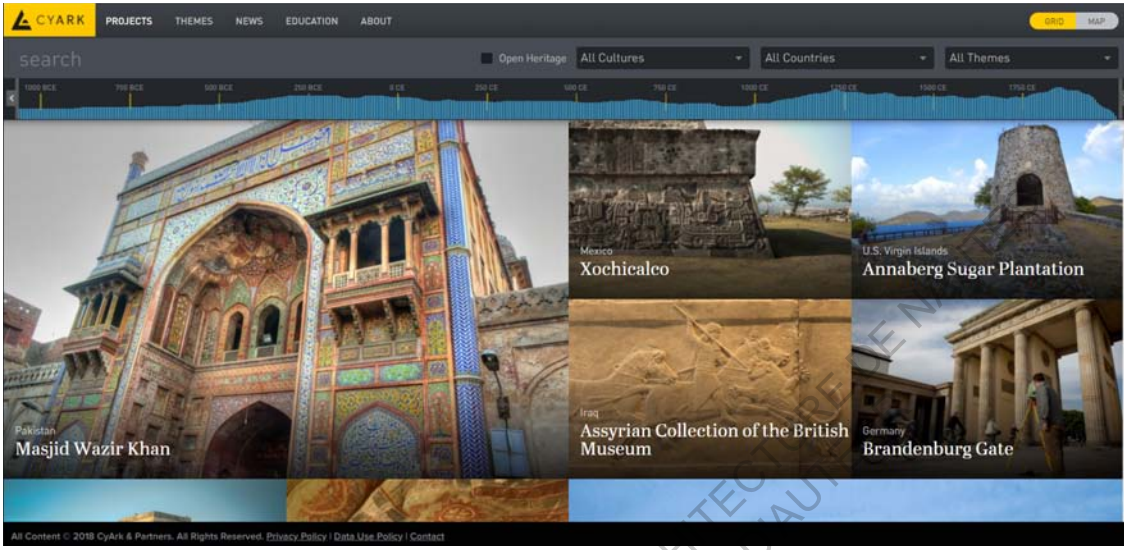
ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

fin des calculs par l'ordinateur mais lorsque la mémoire qu'ils contiennent a été transmise au public.

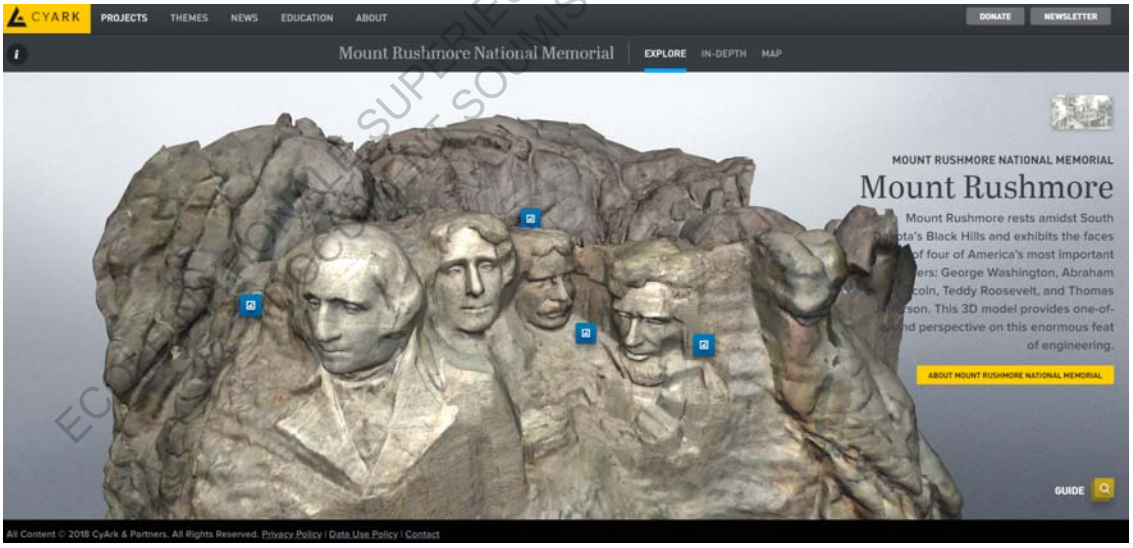
''Pour Philippe Queneau, le virtuel est présent, d'une manière réelle et actuelle : c'est un art qui fabrique des imitations dont on peut se servir'' [6]

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

6 Tisseau, J. (2001). Realite e Virtuelle — autonomie in virtuo —. Récupéré sur https://www.enib.fr/~tisseau/doc/hdr/hdrJT.pdf



Page du site cyark présentant une bibliothèque de leurs projets



Page du site cyark présentant une bibliothèque de leurs projets

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

C À qui appartient la mémoire numérique des sites patrimoniaux?

Si la mémoire que nous avons de certains lieux ne tient qu'à un lieu virtuel il est nécessaire de se poser des questions :
Quel est le propriétaire de ces modèles? Appartient-il à leurs concepteurs ? À l'humanité ?
Ces questions peuvent être mises en perspective avec la problématique de ce mémoire sur les sites patrimoniaux, souvent associée à un patrimoine régional, national ou mondial. Si le site sensible ne possède plus d'entièreté physique (démolition) ou qu'il n'est plus accessible (par préservation) et qu'il ne reste de lui qu'un modelé virtuel pour sa diffusion au public : Le public doit-il payer pour avoir accès à cette visite ou peut-il y accéder librement et gratuitement ? La notion de gratuité est-elle inhérente à l'accès à la connaissance? Si l'on en croit les récentes politiques occidentales en la matière, la diffusion du patrimoine est au coeur des questions de mixité mais aussi de mondialisation.
Dans l'étendue du marché de l'archivage numérique, et plus précisément l'archivage 3D, peu de règlementation semble opérer même si des initiatives de grand groupe « semi-publics›› offre d'ores et déjà leurs services :

Des entreprises telle que CyArk, délivrent sous licence créatives-commons, ses relevés cartographiques en 3D (par laser ou photogrammétrie) à tout demandeur, ou gouvernement. Elle offre en téléchargement libre pour le moment une des plus grandes archives web réunies en matière de relevés de sites patrimoniaux en péril, en partenariat avec «*'google launch open heritage»*'. De même, comme d'autres entreprises, ils viennent récemment de lancer leur application de

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

visite VR en accès libre. Un utilisateur s'exprime sur sa visite en VR des projets de cy ark:

'I would have gladly paid $20-$30 bucks for this app. The fact that it is free and is full of content is astonishing. The tours are absolutely jaw-dropping. Amazing use of 3D photogrammetry. And it's not just great visuals, there's nice ambient sounds and the knowledgeable tour guide sound recordings. In case you're wondering, you get to tour Mesa Verde (US Pueblo), Peru, Thailand, and Mount Rushmore. This is a must download, even if you aren't into historical sites. This is an app you will want to show off to friends and family to get them excited about VR and the possibilities of being transported anywhere in the universe.' Utilisateur de Cyark

Les créateurs de Cyark (comme de toutes les plateformes 3D exploitant la photogrammétrie) agissant sur les réseaux sociaux sortent du processus d'archivage classique réalisé par les archivistes. Le principe de la barre de recherche, permettant en un clic d'accéder à un contenu, amateur comme professionnel, remet en cause le contrôle, économique comme culturel, sur ces données. Dans *''faire mémoire des traces numériques''*, ces logiques marchandes sont détaillées : *«jeux, achats, échanges ou créations constituent autant de terrains où se dépose la mémoire numérique, par captation de nos traces d'usage »*. Louise Merzeau[1] expose que cette dissémination s'éloigne de l'image de la mémoire homogène interconnectée, par la disparité des données. La pratique mémorielle et la transmission au futur deviennent alors incertaines par leur obscurité.

«La mémoire publique "dépersonnalisée et dissociée des logiques marchandes qui nous circonscrivent et nous prédisent [...] recrée ici le lien entre individu et communauté politique, dans le temps ouvert d'une réfléxivité collective" (Merzeau, 2012) et peut ainsi réconcilier des initiatives communautaires (Derrot et al., 2012) 1

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1 Merzeau, L. (2012, juin). Faire mémoire des traces numériques. Récupéré de https://www.ina-expert.com/e-dossier-de-l-audiovisuel-sciences-humaines-et-sociales-et-patrimoine-numerique/faire-memoire-des-traces-numeriques.html#23

a Historique : de la photogrammétrie à la photomodélisation

Nous nous concentrerons ici à évoquer la photogrammétrie d'un point de vue technique, mais aussi historique en retraçant brièvement sa chronologie afin de comprendre ses aboutissants en 2018. Car en effet la photomodélisation découle de la photogrammétrie. C'est cette birfucation qui serait intéressante à questionner de tous les points de vue : sociétal, méthologique etc. Car elle s'est faite sur un temps relativement court et aujourd'hui seulement ces méthodes se démocratisent. Peut-on dire que la photomodélisation est à la portée de tous ? La photogrammétrie est une des technique dites les plus «simples» en terme de relevé numérique, bien que d'apparente facilité pour des objets réduits (sculpture, meuble etc) elle s'avère plus complexe sur des édifices batis, notamment ceux semi-enterrés ou en désuétude de par leurs nombreuses asperités. Ces relevés se concrétisent (quasiment) toujours par une photomodélisation depuis que l'analogique n'existe plus. Nous évoquerons aussi les perspectives d'avenir d'un point de vue technique et l'actualité autour de cette méthode.

On pourra d'autre part considérer la partie technique de cet encart comme nous donnant les clefs afin de comprendre la seconde partie de ce mémoire qui est un cas appliqué de photogrammétrie d'un sites archéologique (La grotte du Poisson – Eyzies de Taiyac). En outre chaque image sera tirée de cette expérience qui sera décrite pas à pas.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

« La photogrammétrie constitue un moment capital dans l'évolution de notre regard au réel à travers l'image, car elle substitue la photographie à l'expérience du regard situé dans le processus de mesure et de modélisation.» [1]

Historique :

Le premier bond pour la photogrammétrie, et qui a marqué ses débuts, a commencé fin 19ème et a subi des changements au cours du siècle relatif à d'autres technologies ayant chamboulé elle même les représentations du monde actuel. La première évocation date de 1893 avec la création d'archives métriques. [2]
Scheimpfiug (1865-1911) est le premier à développer cette règle officiant toujours: *« la connaissance de trois points identifiables sur un couple de photographies est sufflsante pour déterminer la position absolue du couple »*
Elle a longtemps été dévolue au domaine des géomètres et de la cartographie par images aériennes, notamment dans le domaine militaire pendant la première et seconde guerre mondiale [3]. Sur les autres domaines elle reste plus marginalisée au debut du 19eme : les relevés des fouilles archéologiques pour exemple se font encore manuellement. Les usages non topographiques sont rares.
On va distinguer 3 types de photogrammétrie : La photogrammétrie analogique, (fig 1) analytique (1975-1990) et numérique. La photogrammétrie numérique est celle que nous utilisons principalement en 2018 et qui correspond à la phomodélisation.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1 Coulais, J. F. (2014). Images virtuelles et horizons du regard : Visiblités calculées dans l'histoire des représentations (Ed. rev.). Generve, Suisse : MétisPresses.

2 GRUSSENMEYER, P. (2016). Photogrammétrie : bilan et perspectives de 150 années d'histoires. Colloque SFPT Photogrammétrie numérique et perception 3D, .

3 Kraus, K. (2007). Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans. Walter de Gruyter

Le restituteur de Von Orel ou encore de Vivan Thampson permet de mesurer spatialement et de déterminer des repères et c'est cette machine qui marquera le début de la photogrammétrie analogique. Cependant les principes géométriques de triangulation, de perspectives, de centre optique ou encore de repères ont été étudiés bien avant et notamment appliqués à la cartographie maritime lors des conquêtes et grandes explorations. [4]

En 1968 a eu lieu le premier CIPA (comité mixte ISPRS & ICOMOS), ce comité marque le début de l'application de la photogrammétrie à l'architecture. [5] ICOMOS publiera "Etude sur la photogrammétrie appliquée aux monuments historiques / Application of photogrammetry to historic monuments", attendu dans le milieu (d'après sa bibliographie scannée) comme permettant de combler le vide de connaissance technologique dans ce milieu par les architectes. La science de la photogrammétrie jusque là dévolue aux cartographes permet de manière scientifique d'inventorier et d'appréhender le patrimoine architectural à sauvegarder. (fig 2) Cette époque correspond à la photogrammétrie analytique permettant d'avoir un gain de productivité mais entraînant un coût important.

Le début des ordinateurs dans les années 80 a permis à la photogrammétrie de se combiner à cette "nouvelle" science. C'est la combinaison entre des principes mathématiques de Poncelet et les nouvelles méthodes de calculs algorythmiques qui ont permis cela. [6] En réalité ce sont tous les systèmes de

4 *idem 1*

5 ICOMOS. (1968). Etude sur la photogrammetrie appliquee aux monuments historiques / Application of photogrammetry to historic monuments. Récupéré de https://www.icomos.org/fr/ressources/publications/publications-papiers-gratuites/157-articles-en-francais/ressources/publications/401-etude-sur-la-photogrammetrie-appliquee-aux-monuments-historiques--application-of-photogrammetry-to-historic-monuments

6 L. de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles. L. de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

mesures qui se sont déconnectées du mode analogique pour aller vers l'électronique puis l'informatique. A partir des années 90 émerge les écrans graphiques, carte graphique, premier appareil photos numériques, GPS etc.

L'INRIA jouera un rôle prépondérant dans cette étape grâce à leur rapport de recherche en 1993 (*''What can two image tell us about a third one''*) de robotique, image et vision. Ils viseront à faire comprendre le déplacement d'une vidéo ou d'une photographie par les ordinateurs et leur principe bilinéaire, afin de les faires concorder et ainsi de les interpréter en 3D. On parlera de *''géométrie d'images multiples''* et de *''prédiction de points et de lignes''*. [7] On évoquera dans des ouvrages qui théorisent la photogrammétrie[8] les *''primitives''* qui correspondront au parallélisme de droites, à leur coplanité ou othogonalité, tangeante etc.

Plusieurs autres expériences seront menées dans différentes université pour élaborer des logiciels de façonnage numérique de scènes tridimensionnelles qui va s'enrichir de la possibilité de texturer celle ci. La propention de la photogrammétrie à se développer est donc proportionnelle au dévelopemment des capacités de calcul des machines et notamment à leur démocratisation au grand public. C'est d'ailleurs à cette même période (1990/ 2000) qu'émerge la photogrammétrie terrestre: la photogrammétrie accessible aux non spécialistes. On peut considérer que c'est probablement à partir de ce moment que le tournant commencera (avec la création d'internet en 98) vers l'émergence des plateformes 3D communautaires de partages. Les orthophotos, provenant de photogrammétrie, apparaissent à partir des années 2000. L'évolution de ces captations aériennes est propulsée par le drône et le Lidar. [9] Aujourd'hui, en 2018, la

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

7 FAUGERAS, O., & ROBERT, L. (1993). What can two images tell us about a third one (Rapport de recherche n 2018). Récupéré sur https://hal.inria.fr/inria-00074653/document

8 L. de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles. L. de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles.

9 *idem 2*

(fig 1) Photogrammétrie ; restituteur analogique
Phot. L. Polidori, droits réservés

prise de photos aériennes (et donc la photogrammétrie aérienne) devient partiellement accessible avec l'apparition de drônes trouvables en grandes surfaces au public (Fnac, Boulanger etc).

Avant l'archéologie la photogrammétrie est traditionnellement attribuée à l'étude architecturale de bâtiment ancien. [10] Borel, Egels & Laroze exposent dans leur récente recherche que le médium de photogrammétrie s'applique de moins en moins à des projets ''prestigieux'' :
''*elle est devenue un outil accessible aux professionnels de l'archéologie (Almagro 1999) (...) Par exemple, la capacité à traiter, dans un certain laps de temps, un plus grand nombre de données permet de s'intéresser à des sujets qu'il n'était autrefois pas concevable d'aborder ; l'efflcience modifle le point de vue et ainsi l'intérêt qu'on*

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

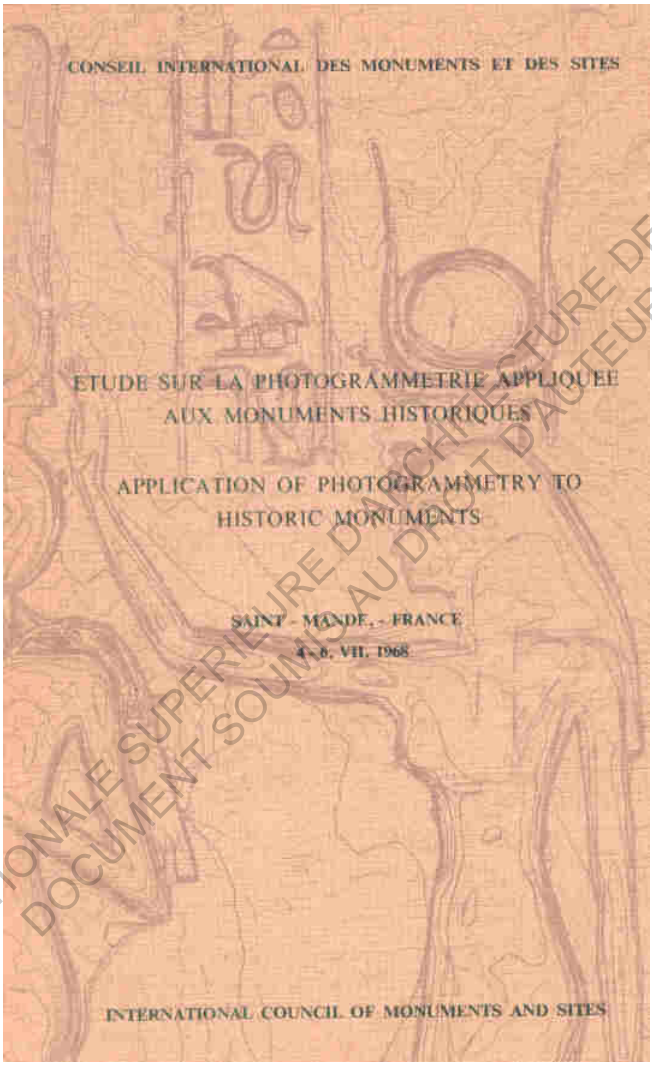
10 Borel, L., Egels, Y., & Laroze, E. (2017). PHOTOGRAMMÉTRIE APPLIQUÉE À L'ÉTUDE ARCHITECTURALE ET ARCHÉOLOGIQUE, EXEMPLES DE QUELQUES CHANTIERS RÉCENTS EN ÉGYPTE. Archeologia e Calcolatori, Supplemento 5, 137-148.

peut porter à un sujet d'étude.''

Plus récemment, la photogrammétrie a été explorée dans un processus inhérent au dispositif des maquettes BIM. D'ores et déjà des entreprises développent cette solution pour proposer des maquettes prêtes à l'emploi à partir de nuage de points.[11] Cette évolution laisse à penser selon H. Marcher que les modes d'acquisitions telles que nous les concevons (photogrammétrie, lasergramétrie) sont destinés à évoluer vers une génération de nuages de points par simple corrélation de milliers d'images. Une autre évolution serait la venue d'une multitude de capteurs dont leur données s'incorporeraient automatiquement à la maquette numérique (exemple : capteur thermique). Le lidar , appareil de captation qui émet un faisceau laser et en reçoit l'écho, permet de déterminer la distance d'un objet. Ce type de laser deviendrait une technologie qui fusionnerait avec la photogrammétrie afin de faire notamment des estimations de structures naturelles comme construites.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

11 Marcher, H. (2017). Du nuage de points à la maquette numérique de bâtiment : reconstruction 3D semi-automatique de bâtiments existants (Ed. rev.). Paris, France : Thèse de doctorat : Topographie — Géomatique : Strasbourg..



ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 2)Couverture de Etude sur la photogrammétrie appliquée aux monuments historiques édité par ICOMOS en 1968

b Techniques et méthodologie : de l'acquisition jusqu'au mapping

Ici nous décrirons la méthode d'acquisition photogrammétriaue en l'illustrant par le cas pratique de ce mémoire : L'Abri du Poisson. Les manipulations ont été faites par agisoft photoscan.

Trois phases sont à distinguer dans cette chaîne opératoire du relevé numérique et qui construiront un modèle à plusieurs niveaux tel que :

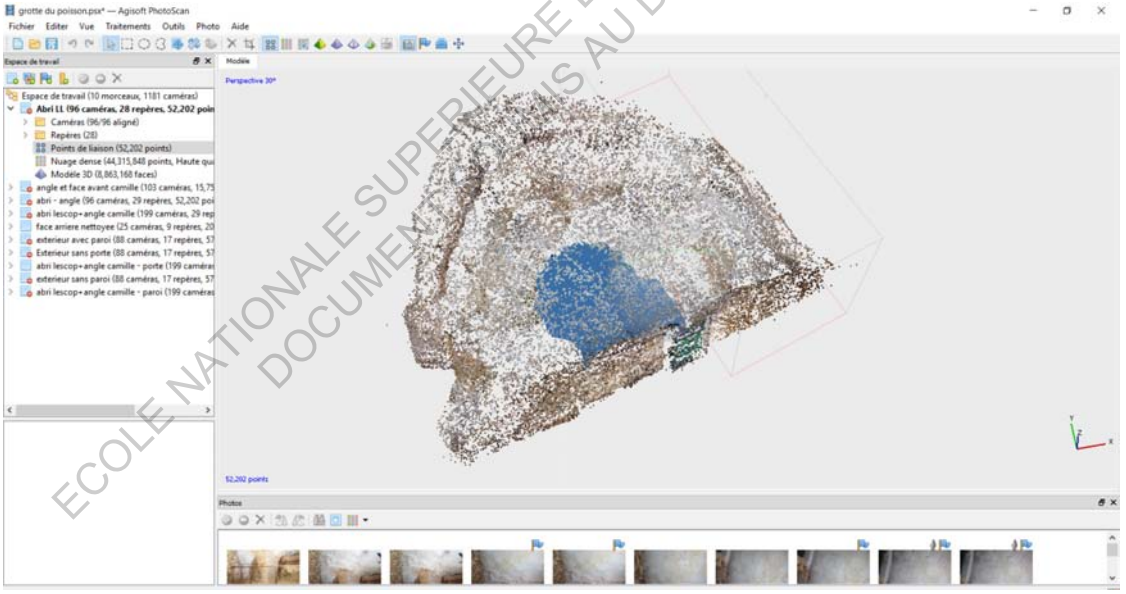
1. L'acquisition photos et des repères (géoréférencés)
2. La construction tridimentionnelle (avec le maillage *« fll de fer »* et *« surfacé »)*
3. La texturisation du modèle 3D par acquisition photographique

L'idée d'un espace 3D est avant tout une représentation numérique de notre perception binoculaire de l'espace, c'est à dire que c'est une projection de l'espace tel que nous le percevons : selon des droites, des axes, des repères, ou des primitives géométriques tel que le décrivait Livio de Luca. [1]
L'espace se contruit alors autour de 3 axes, 3 axes qui caractérisent aussi notre propre spatialité par ailleurs : XYZ. Le but du relevé numérique est également de mettre en exergue un objet par rapport à son environnement, proche ou lointain et d'avoir un regard omniscient dessus.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

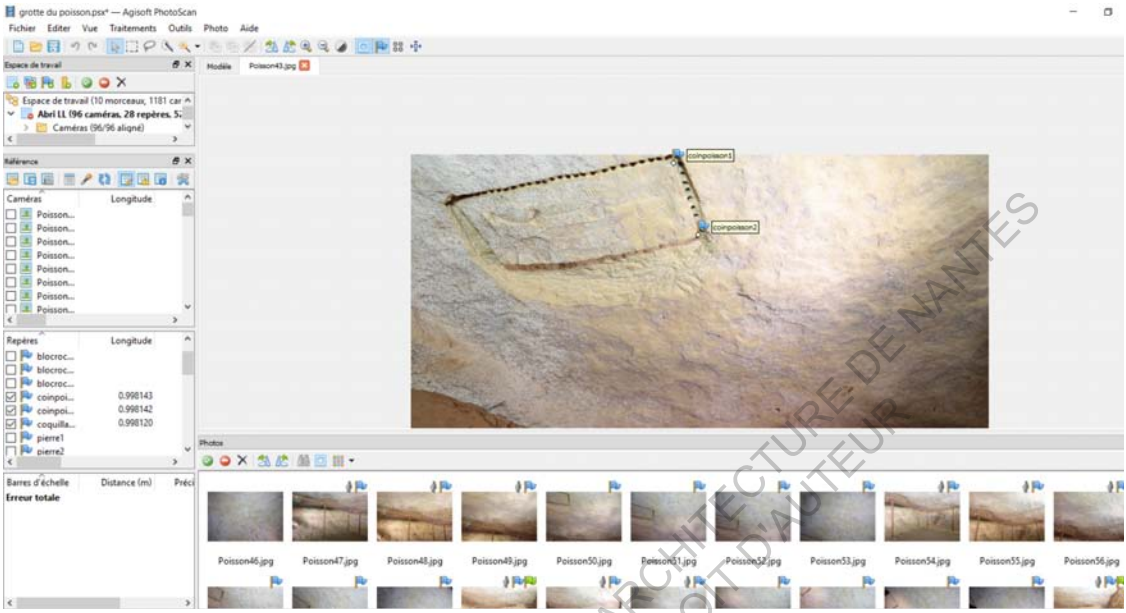
1 L. de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles. L. de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles.

(fig 1) Etape 1 : Acquisitions des photos

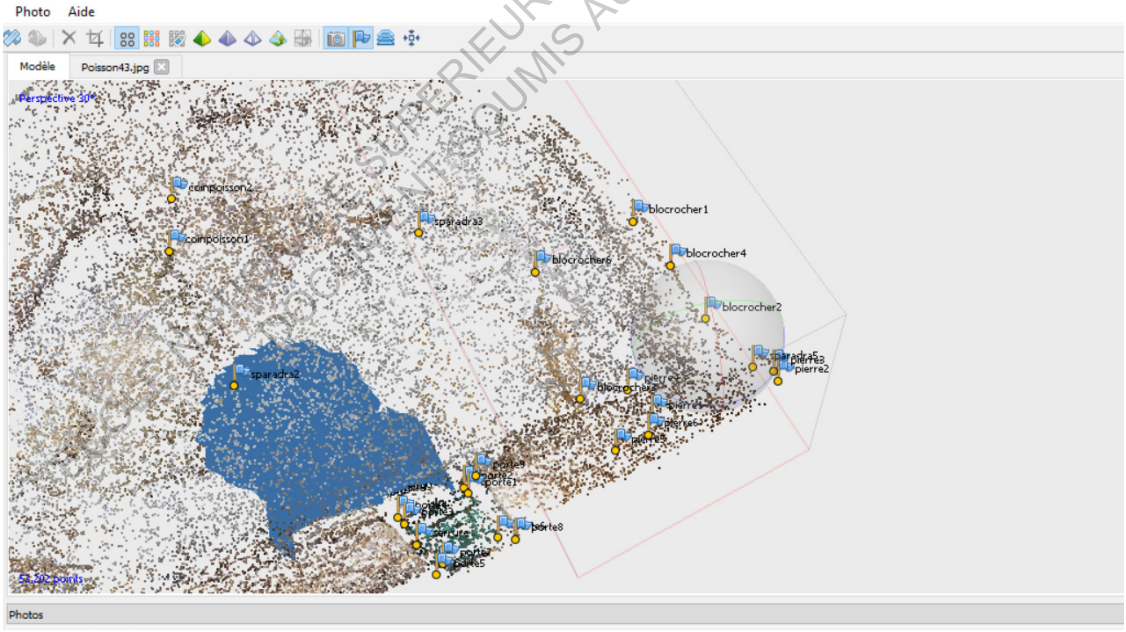


(fig 2) Importation des photos dans Agisoft et alignement des photos : On peu voir que les premiers points de liaison apparaissent.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANCY
DOCUMENT MIS AU DÉPÔT



(fig 3) Interface agisoft où l'on place les repères manuelement. Le volet repère à gaucher permet de configurer leurs coordonnées XYZ.



(fig 4) Interface agisoft où les repères sont visibles (petits drapeaux)

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT PROTÉGÉ PAR LE DROIT D'AUTEUR

Etape 1 : L'acquisition photos et des repères (géoréférencés)

La phase d'acquisition doit se faire de préférence lors d'une même session, par une lumière homogène, avec une même focale. Plusieurs guides conseillent de faire plus de photos que pas assez: une moyenne de 50 à 100 photos pour un objet de taille moyenne. En effet Il est important qu'un point soit visible sur deux caméras (deux photographies) minimum afin d'avoir un minimum de continuité (80 % de recouvrement est préconisé) (fig 1).

Il existe différentes manières de prendre les photos qui viendront créer notre maillage. (fig 5) Cependant une bonne acquisition photo découle préalablement d'une bonne compréhension de la géométrie du sites étudié. On parlera alors de « *compréhension morphologique* » afin de trouver quelle méthode convient à quelle morphologie. Certains sites patrimoniaux présentent des discontinuités ou des morphologies complexes mais d'une manière générale on pourra parler de la présence de plan dominant dans chaque acquisition.
On peut voir sur ce graphique (fig 6) que la méthode d'acquisition varie en fonction de la planéité de l'objet à modéliser, de sa taille et de sa morphologie. C3DC définit ces méthodes comme la ''prise de vue en axes parallèles (stratégie linéaire), la prise de vues convergentes ou divergentes (stratégie circulaire), ou mixte (stratégie aléatoire) [2]

Une fois cette étape de terrain réalisée on peut aligner les photos et obtenir un nuage montrant les points de liaisons trouvés entre les photos (fig 2)
Le fait que la photomodélisation est une technique de relevé indirect n'exempte pas le fait que la prise photographique peut être associée à une prise de relevé et de mesure manuelle afin de

2 C3DC. (s.d.). Culture 3D Cloud est une plateforme d'informatique en nuage pour la numérisation 3D, la documentation, la conservation et la diffusion du patrimoine culturel. Récupéré de http://www.tapenade.gamsau.archi.fr/Culture3DCloud_UsersGuideline.pdf

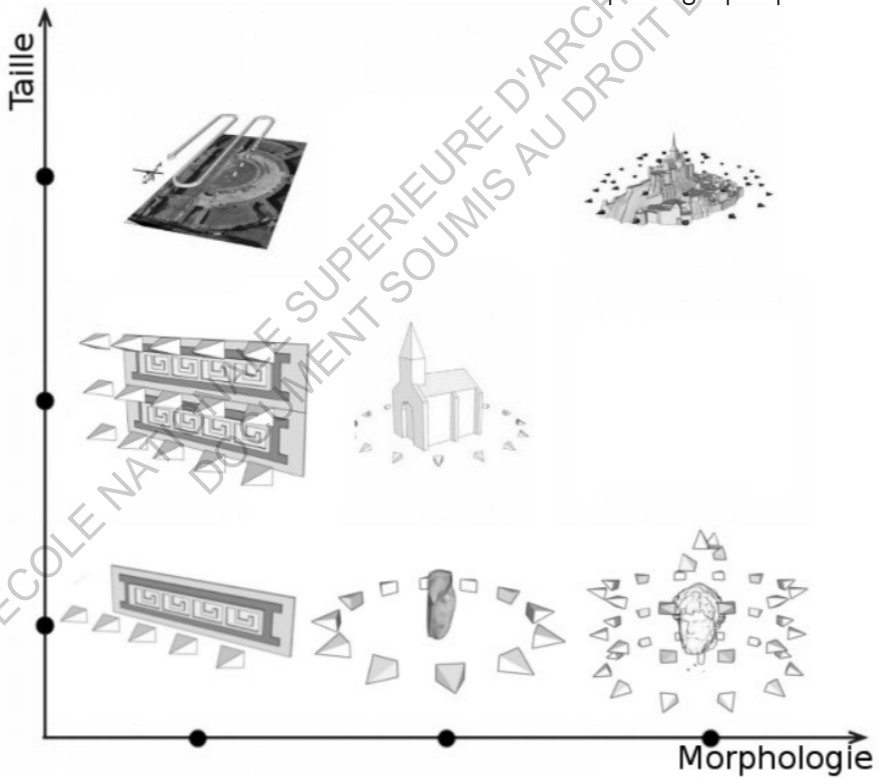
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

fiabiliser ses recherches (établir un schéma de l'environnement) Par rigueur il est conseillé de prendre des longueurs de références en notes et d'appliquer un processus systématique dans ses méthodes d'acquisitions photographiques. Il sera possible de les reporter plus tard dans le modèle.

Agisoft permet également de placer des points de repères préalablement (à des endroits stratégiques, exemple : Une tâche, un angle) qui pourront plus tard ou pendant le processus d'acquisition être géoréférencé. Ici je les ai placés manuellement à partir de chaque photo (fig 3). Placer les repères sur des photos permet de reporter automatiquement ces repères sur le modèle 3D. Il est possible aussi de déterminer les coordonnées (voir les valeurs estimées) d'autres repères dans le modèle si l'on possède déja au minimum 4 repères géo référencés. (fig 4)

C'est grâce à ces repères que différents modèles pourront être combinés en l'absence de recouvrement photographique.

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



(fig 6) Nuage dense de points (44 Millions) — Photogrammétrie L.Lescop

Etape 2 : La construction tridimensionelle

C'est le pixel en tant qu'unité de mesure qui va définir la qualité d'un maillage tridimensionnel. A partir des points de liaison le logiciel va construire un nuage de points denses. Sur un plan théorique 1 pixel= 1 coordonnée, bien qu'aucun ordinateur ne soit assez puissant pour le moment pour calculer ce ratio. C'est ainsi que pour une méthode d'acquisition nous pouvons utiliser un simple smartphone 12mpx comme un appareil reflex avec un objectif d'une qualité bien plus supérieure. (fig 6)
Ensuite il sera possible de construire un maillage surfacé (fig 7) à partir de ce nuage de points qui sera notre base pour l'Etape 3 : le mappage texturé. Le maillage correspond au nombre de face. Tout comme le nuage dense il est possible de le parametré.

Etape 3 : Le mappage texturé ou texturisation [3]

La mapping des textures en photogrammétrie correspond dans la majorité des cas au mapping de texture réel prise par photographie. (fig 8) (fig 9)
Livio de luca dans son livre [4] explique que l'on peut considerer l'application de texture réelle comme étant elle-même une interprétation de la machine, qui comporte ainsi potentiellement des incohérences par endroit de par sa complexité mathématique. On parlera de surface polyédrique pour les surfaces que l'on obtient, et il peut être possible d'avoir des rendus de texture appliquée trop « anamorphosés » pour correspondre à la réalité. Cependant ces soucis de cohérence peuvent être gommés par une rigoureuse prise de repères associés à une qualité de photo optimum. On va donc associer une image 2D (plane) un

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3 Maumont, M. (2010). L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie. Insitu : Revues des patrimoines,

4 L. de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles. L. de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles.

polygones ou a une forme paramétrique, et ce plaquage de texture s'effectue simultanément entre toutes les caméras. Ceci explique que le processus est relativement long lorsque l'on veut obtenir un résultat satisfaisant, voire impossible lorsque le matériel n'est pas adapté.
Différents modes d'application sont possibles en fonction du volume : Générique, orthophotos, orthophotos adaptatives.

Technique propre à l'archéologie :

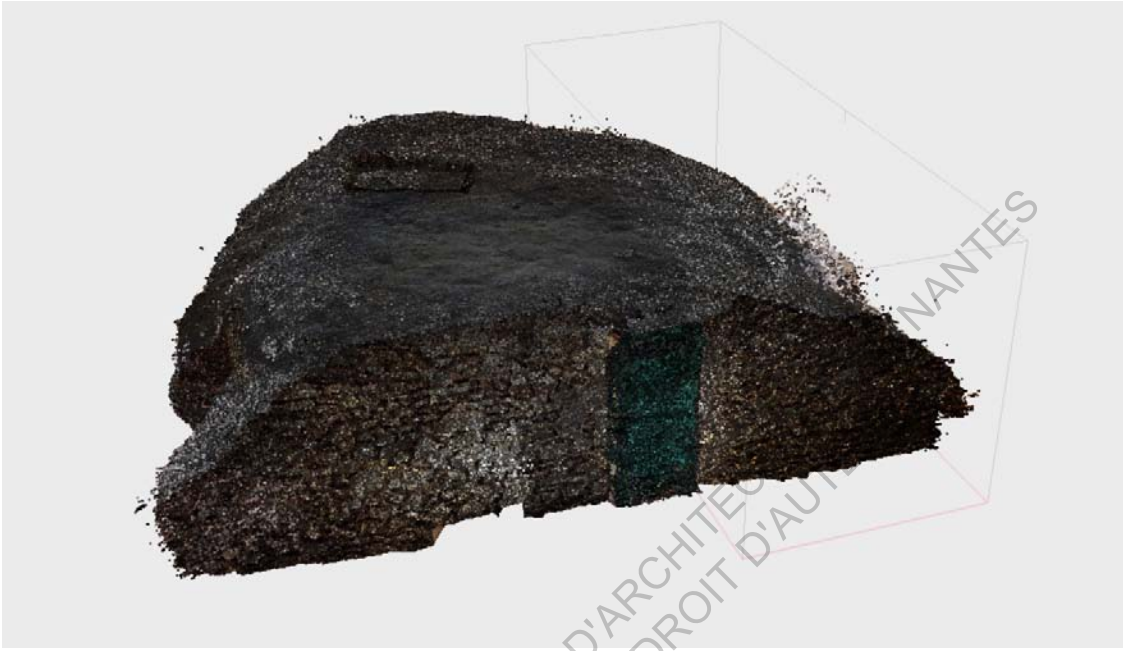
Dans le domaine de l'archéologie appliquée à la photogrammétrie un rapport de recherche[5] détaille quelques modalités intéressantes à explorer pour faciliter l'acquisition :

- l'utilisation mixte de la vidéo et de la photo pour une acquisition rapide ;
- l'utilisation de la macrophotographie pour la modélisation de petits objets ;
- l'utilisation d'objectifs à bascule pour la modélisation des objets plans ;
- la modélisation de petits artéfacts en limitant le nombre de prises de vues ;
- le développement d'une technique d'éclairage rasant « légère » (utilisable en lumière naturelle).

M. Samaan développe dans ce rapport que la photogrammétrie pour le moment est limité dans la mise en valeur de détails fins, notamment lorsqu'il n'y a pas de recours à une technique d'éclairage rasant (mise en valeur de microtraces).

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

5 Samaan, M. (2017). La photogrammetrie rapprochee au service de l'archéologie preventive. Récupéré sur https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01547923/document



(fig 6) Nuage dense de points (44 Millions) – Photogrammétrie L.Lescop

(fig7) Construction de maillage surfacé – 8 M de faces - Photogrammétrie L.Lescop

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
TOUS DROITS RÉSERVÉS

(fig 8) Plaquage de texture – Modele 8 M de faces – Photogrammétrie L.Lescop

(fig 9) Plaquage de texture – Modele 8 M de faces – Photogrammétrie L.Lescop

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

C Le caractère sacré du modèle numérique ?

Une tendance s'opère à mieux considérer le numérique que des relevés graphiques et à donner plus de véracité aux calculs numériques. Pour autant le relevé manuel, graphique, analogique permettait de se poser plus de problématiques que les modèles numériques qui auront tendance à les occulter de par le fait que l'on se «repose» sur la capacité de la machine. On peut appeler cela le caractère sacré que nous donnons à ce qui ressort de la machine. Pourtant nous le verrons dans le cas de la grotte du Poisson. Dans le domaine de la recherche, mais dans les faits, les aller-retours, afin de comparer constations de visu/Model numérique sont nécessaires.

"'L'appareil photo devient machine à capturer la réalité»'

Cette phrase de 2009 prononcé par Livio de Luca [1] n'a jamais été aussi vraie, car l'appareil peut maintenant non seulement figer le temps, au même titre que les clichés argentiques début 19e, mais également le dérouler spatialement, en lui donnant une forme, un lieu fictif, un lieu virtuel.

M. Maumont dans ses récentes recherches affirme que la domination du numérique sur le graphique occulte certaines questions, et notamment la supériorité d'exactitude totale qu'aurait le numérique :

1 Luca, L. Livio de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

«Il faut aussi reconnaître que nous attribuons au numérique une résonnance particulière, quelque chose d'un peu 'spécieux' dans ses facultés. Nous imaginons toujours que les chiffres sont plus précis que le graphique. Or le graphique et ses représentations généraient des questions, alors que le numérique a tendance à les occulter. Pourtant, ce mappage, cette texturation 'vraie', s'avère absolument indispensable pour se repérer dans la représentation d'un objet en trois dimensions. C'est le produit vers lequel il faut tendre et oeuvrer pour ses développements.»[2]

Dans *«images virtuelles et horizons du regard»* [3] le postulat est pris que l'image, son traitement, permet ''une meilleure compréhension, une intelligibilité du visible». Plusieurs référents se heurtent dans ce processus. Celui du réel et celui de la logique mathématique pure. Dans le cas de la photomodélisation, nous sommes dans ce paradigme entre ce que nous voyons, et ce qui est ''ressorti»' des calculs de notre logiciel. Le lieu virtuel peut être modifié selon notre bon vouloir (modification du nuage de point pour exemple avant la phase de reconstitution), on peut également y joindre des données scientifiques qui vont venir modifier l'image numérique (dans le cas d'un processus de recherches). Aussi l'image numérique tend vers un modèle théorique, mathématique qui peut venir requestionner notre expérience de ce lieu virtuel.
Ces images, ces modèles 3D sont devenus essentiels en 2018 dans la recherche, la médiation, etc., aussi bien qu'à présent le domaine de la recherche est en lien avec l'évolution du numérique et de l'imagerie. On peut extrapoler cela à la photomodélisation, mais cela concerne plutôt le principe de caméra, des outils qui permettent de percevoir notre environnement. Plusieurs domaines, perdent ainsi un certain contrôle sur leur propre domaine, car leur dépendance à un autre est devenue trop forte. On parlera d'industrie de l'image : une industrie qui va venir assujettir d'autre domaine à son évolution.

2 Maumont, M. (2010). L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie. Insitu : Revues des patrimoines,

3 Coulais, J. F. (2014). Images virtuelles et horizons du regard : Visiblités calculées dans l'histoire des représentations (Ed. rev.). Generve, Suisse : MétisPresses.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Pourtant, le numérique possède ses détracteurs, et ceux de tout domaine : Serge Tisseron parle de ''super illusion'' en parlant de la réalité virtuelle et certains universitaires d'une ''opposition soit avec le potentiel, soit avec l'actuel, soit avec le tangible''. Il y a de cela quelques années il était abérrqnt de conjuguer ''virtuel et réel, fiction et histoire, jeu et devoir de mémoire'' : Des domaines que tout semble opposer : l'une par son goût pour sa projection et son évolution dans le futur et l'autre par son attachement au passé et à la mémoire. Ainsi nous sommes en présence d'une opposition des temporalités propres à chacunes des discipline. Une contradiction se retrouvant dans les acteurs de ces domaines ayant parfois des rapports non pas de force, mais des objectifs différents. *Schedae*, revue de la presse universitaire de Caen[4], expose que d'autre part, qu'il faut considérer les problématiques qui sont de l'ordre de la conception et de la diffusion de ces mediums.

Pour la conception, on peut évoquer alors les acteurs de ces domaines ''soumis' (ceux perdant le contrôle de leur diffusion) et se poser de légitimes questions : Sont-ils préparés à pouvoir exploiter les images et à manier les processus de fabrication de l'image ? Dans le cas de notre mémoire et de manières plus claires : les acteurs en lien avec le patrimoine ; archéologue, architecte ; ont-ils les clefs pour comprendre cette technologie de plus en plus émergente ? Ou doivent-il devenir assujettis à une autre profession maniant mieux les méthodes (Infographistes, topographe). Le manque de partenariat entre ceux qui exploitent les données et ceux qui les créent expliquerait alors possiblement le manque de <<générosité » et d'ambiance de certaines initiatives de reconstitution 3D (ou autres processus d'image numérique).

''Une autre difflculté réside dans l'impression que les gens peuvent avoir, à priori, d'une facilité d'utilisation de l'outil informatique. La vulgarisation des outils, leur accessibilité, à la fois flnancière et technique, tendent à laisser penser que chacun peut tout faire.

4 Prépublications de l'Université de Caen Basse-Normandie. (2008). La mise en valeur du patrimoine culturel par les nouvelles technologies. Schedae, 10 (10), 50-60.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

La réalité est toute autre, et l'outil 3D, en particulier, ne souffre aucun amateurisme, tant le travail de restitution, s'il prétend à un quelconque intérêt scientiflque, est d'une grande complexité.''[5]

Mariam Samam dans sa thèse de doctorat *''La photogrammétrie rapprochée au service de l'archéologie préventive''* estime que malgrè les solutions de démocratisation de l'outil, un accompagnement est nécessaire dans certaines situations délicates[6]:
« En effet, il existe aujourd'hui, et nous pensons que cela restera longtemps le cas des situations limites dans lesquelles ces solutions tout automatiques ne fonctionnent pas encore. Dans ces problèmes limites, la connaissance fine des contraintes de la photogrammétrie pour mettre au point un ensemble cohérent 'protocole d'acquisition et flux de traitements dédiés reste nécessaire. »'

Pour conclure le relevé analogique, manuel du patrimoine bati est une étape nécessaire dans la compréhension que nous faisons d'un bâtiment. En préalable à un relevé photographique (ou au laser) elle permet également de comprendre les éléments d'un édifice et la géométrie descriptive de celui-ci afin d'avoir la meilleure acquisition possible. [7] A côté de cela, l'étude récente de H.Marcher en 2017, démontre que le processus de photogrammétrie tend à aller vers toujours plus d'automatisation en se détachant du nombre important d'étape de traitements.[8]

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

5 Prépublications de l'Université de Caen Basse-Normandie. (2008). La mise en valeur du patrimoine culturel par les nouvelles technologies. Schedae, 10 (10), 50-60.

6 Samaan, M. (2017). La photogrammetrie rapprochee au service de l'archéologie preventive. Récupéré sur https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01547923/document

7 L. de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles. L. de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles.

d La réalité du terrain : entre topologie des sites et réalité économique

Si la photogrammétrie dans la théorie semble peu complexe, elle vient souvent s'opposer à la réalité du terrain que ce soit sur un plan topographique ou humain : terrains escapés, difficile d'accès, conditions météo, spatialité trop réduite pour permettre un recul dans les phases d'acquisitions, etc., etc. On pourra classifier ces obstacles tels que :

- Obstacles naturels : Arbres, Végétations, rocher, formes naturelles complexes : Pente escarpée, manque de «primitives géométriques » et de plan de projection qui amènent souvent à un manque de repères.
- Délabrement (qui amène des relevés supplémentaires)
- Manque d'éclairage naturel (on préférera un éclairage homogène)
- Détails à relevé trop précis pour l'acquisition 3D
- Matériel volumineux à déplacer (Éclairage, perche)
- Compétence nécessaire en photographie pour l'acquisition (Gestion de la balance des blancs, de l'exposition, du contraste, de la mise au point ou encore de la sensibilité, netteté)

On pourra alors rapidement évoquer l'alternative de la lasergrammétrie, que l'on décrira pas plus en détails mais qui apparait comme une solution plus adéquate que la photogrammétrie pour certains sites, et notamment les grottes (Michel Maumont –L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie). La partie pratique de ce mémoire confirmera son observation.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

"Nous savons également par la pratique que la photogrammétrie, encore plus précise, est plus lourde à mettre en oeuvre dans le domaine des grottes. Hormis quelques cas spécifiques, nous devons aujourd'hui considérer que la lasergrammétrie présente le meilleur concept en conciliant capacité, rapidité d'acquisition (parce qu'automatisée) et bonne précision, offrant donc un coût de revient avantageux. Dans certains cas, il est néanmoins possible d'imaginer la complémentarité des deux techniques (MNT laser et MNT par corrélation avec calage topométrique succinct), notamment pour le suivi microbiologique dans certaines cavités. ''[1]

M.Maumont a conclu dans son rapport que ces deux techniques sont efficientes pour les relevés d'art rupestre (en caverne) mais ceux au vu de la topologie du site et des ''envies'' et réutilisation qui se feront de ce modèle. En effet, il apparait important aussi de se questionner sur la qualité de ces rendus 3D et de ne pas sur-estimer les instruments sans quoi le projet 3D pourrait aboutir à une''précision relative fictive et inutilement onéreuse"'. Il ajoutera que définir en amont les objectifs et besoins scientifiques/ pédagogiques permet dès le début de choisir les meilleures techniques et définitions pour le projet, au risque sinon d'occulter le fait/questionnement scientifique par la simple création systématique de plusieurs médiums de travail numérique, parfois inutiles.

Bien que la photomodélisation se soit démocratisée et soit maintenant "''facile"'' d'accès, elle pioche des compétences de plusieurs domaines, classant ainsi ses utilisateurs dans le domaine de ces "nouveaux métiers" du numérique. En effet, à mi-chemin entre l'infographie, les compétences du géometres, de photographe, intrinsèquement elle est liée aussi à l'architecture par l'analyse des espaces. Aussi elle occasione des partenariats entre Archéologue/Architecte donc le cas pratique de ce mémoire fait partiellement état.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1 Maumont, M. (2010). L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie. Insitu : Revues des patrimoines,

<< Concernant les collaborations (archéologue-architecte), je n'en ai pas encore assez vu pour me faire une idée globale de la pertinence. Ce que je vois aujourd'hui c'est que des archéologues se transforment en archéomaticiens. Certains se passent désormais de géomètres sur les chantiers et utilisent eux-mêmes d'autres moyens d'acquisitions comme la photogrammétrie ou le scanner-laser : souvent par souci d'économie ou pour faire le chantier dans les temps.
(...)
Parfois, des archéologues pensent avoir sufflsamment de connaissances pour produire les données qui répondent exactement à leur besoin mais ce n'est pas toujours le cas. Et les personnes qui reprennent la suite se rendent compte bien plus tard que les choses ne vont pas. Bien évidemment, il y a aussi des archéologues qui maîtrisent les aspects de la topographie et donc cela ne pose pas de soucis. Mais ceux qui maîtrisent la topographie et la photogrammétrie sont plutôt rares...
PhotoScan et bien d'autres logiciels permettent de faire facilement de la photogrammétrie aujourd'hui cependant qualifler les données produites demande des compétences en plus de savoir utiliser le soft et le piège est que l'on peut vite produire un résultat qui visuellement est correct mais qui ne répond pas peut-être pas aux objectifs flxés. (...) La qualité des données est importantes surtout dans les systèmes ou l'on automatise des analyses >>

Etudiant de M2 en géomatique – ENSG

Xavier Muth (Get In Situ), topographe du projet de l'Abri du Poisson me délivre un contast similaire. Hormis pour les projets de grandes envergures possédant des financement importants (ex : Lascaux), il y a peu de financement notamment dans le domaine de l'archéologie pour des projets de numerisation poussée par photogrammétrie pour le moment : le marché reste relativement restreint.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

e Les relevés archéologiques : Du manuel au numérique — aller vers plus de complémentarité

Les récentes technologies nous interrogent sur l'avenir du relevé manuel. Les drones et l'optimisation des caméras d'acquisition jouent pour beaucoup car l'on obtient à present de meilleur résultat par le numérique que par le dessin.
Les compétences de guidage de drone ou celle de photographe s'ajoutent à la palette de la personne souhaitant faire un relevé photogrammétrique. De ce fait la photogrammétrie n'est plus si accessible que cela et est souvent assimilée au métier de géomètre, géomaticien etc. On peut se demander pour le métier d'archéologues si ceux ci restent sur l'ancienne methode du « relevé » manuel ou préfèrent le relevé numérique ? Et si oui, sont-ils aptent à le faire par eux-mêmes?

Il est particulièrement intéressant comme dispositif pour palier aux problèmes de terrain évoqués plus tôt telles que les pentes escarpées, mais également pour pouvoir faire des acquisitions «vues du ciel afin de capter toutes les faces d'un édifice. D'autres start-ups font le fer-de-lance de cette technique comme Iconem, entreprise de cartographie numérique ne cache pas ses ambitions de pouvoir créer un jour "'une sorte de wiki »' qui deviendrait une base de données pour l'UNESCO[1].

''L'utilisation de relevés en trois dimensions dans le cadre des interventions archéologiques est moins fréquente.

1 De Senneville, V. (2018, 25 mai). Iconem, la start-up qui sauve le patrimoine. Récupéré de https://www.lesechos.fr/week-end/business-story/enquetes/0301710294925-iconem-la-start-up-qui-sauve-le-patrimoine-2178620.php

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

D'une part, les moyens techniques nécessaires sont encore assez onéreux et, d'autre part, l'étude archéologique d'un édifice en élévation se fonde avant tout sur l'analyse stratigraphique de l'ensemble avec un objectif et une méthodologie bien distincts de l'approche patrimoniale. Dans ce contexte, le relevé en plan et en élévation est généralement suffisant pour créer des supports graphiques à des fins archéologiques. Toutefois, le relevé en trois dimensions possède quelques attraits que nous illustrerons à travers deux études d'édifices en élévation. '' [2] *Simon Bryant*

Simon Bryant corrobore les dires de l'étudiant à l'ENSG et mes observations sur le terrain (partie 2 du mémoire) en expliquant que l'apparent désintérêt des archéologues pour la 3D tient au fait que les compétences nécessaires sont en décalage avec la formation initiale/continue ce qui amène les archéologues à sous traiter majoritairement.

''Dès lors, les archéologues risquent de se voir marginalisés face à la tendance du 'tout technique' de ces cabinets d'ingénieurs, capables de fournir de belles images mais sans réelle valeur archéologique ou historique car créées sans analyse technique et stratigraphique''

Les partenariats avec architectes du patrimoine, géomètres, infographiste etc semble nécessaire en amont du processus afin de garantir la fidélité des documents 3D sur lesquels ils peuvent avoir peu de contrôle lors de leur édition.

Il existe également un clivage entre les archéologues et les intervenants du patrimoine, qui se fait ressentir jusque dans les représentations des projets. Pour exemple les archéologues n'étaient pas présents à la table ronde des négociations en 2001[3] avec pourtant pour thème : *''méthodes de relevés et de*

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

2 Simon Bryant, « Relevé et restitution en 3D. Quel intérêt pour l'archéologie ? », Archéopages, 35 I 2012, 84-87.

3 Le CIPA (International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage)) fait figure de proue pour ce qui concerne cette documentation manuel ou numerique. – Table ronde en 2001 a

cartographie du patrimoine''. Dans ce contexte la photogrammétrie a été facilement applicable au domaine de l'architecture du patrimoine mais fut plus hasardeuse pour l'archéologie. Les archéologues ne nécessitant parfois que des élévations et plan, le relevé manuel parait suffisant. Bien que l'intérêt de la 3D fut démontré sur certains chantiers. [4] [5] le relevé manuel ne doit pas pour autant être relégué :

''En même temps la diversité des flnalités de l'étude monumentale justifle le recours conjoint à des méthodes complémentaires, ou le relevé manuel centré sur des problématiques spécifiques trouve tout son sens, pour répondre efficacement à la nécessiteéd'identifler, de mesurer et de carthographier systématiquement les objets de la recherche dans un temps donné''[6]

Dans cet extrait de leur projet de recherche, Andreas Hartmann-Virnich, Heike Hansen, évoquent en 2015, la complémentarité que la technique manuelle et numérique offre à l'archéologie bien qu' ayant un parti pris en faveur du manuel. Il explique notamment que le débat ''pour'' ou ''contre'' est biaisé et obsolète du fait de l'avance technologique ''incontrôlable'' (en faveur du numérique) et que ce faux débat a éclipsé la notion de complementarité, endiscréditant auprès d'autres acteurs cette technique.

Dans le domaine de l'archéologie certaines thèses portées sur l'utilisation de la photogrammétrie concluent que *''Cet outil, jumelé aux technologies d'intelligence artifcielle [GUMERMAN et*

Postdam http://cipa.icomos.org

4 idem 2

5 Goudet, J. L. (2018, 1 janvier). Chronique du futur : drones et réalité virtuelle stimulent l'archéologie. Récupéré de https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/homme-chronique-futur-drones-realite-virtuelle-stimulent-archeologie-53399/

6 Hartmann-Virnich, A., & Hansen, H. (2015b). Techniques, stratégies et finalités du relevé numérique et manuel : l'exemple de l'étude de l'ancienne abbaye de Saint-Gilles-du-Gard (projets de recherche AEGIDIANA-AEGIMAIOR). Récupéré sur https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01211429/document

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Jableh theater – syrie
http://iconem.tumblr.com/page/8

al. 2000] et avec les logiciels open source actuels (GRASS GIS, POST SIG,...) [BEZZI et al. 2006] permettront peut-être à terme de faire revivre le passé, à la manière d'une machine à remonter le temps, à la recherche de comportements anciens à hautes valeurs culturelles [BARCELO et al. 1999 et 2000].''[7]

La photogrammétrie apparait comme un outil prométteurs, permettant actuellement aux archéologues de découvrir de nouvelles choses mais qui révolutionnera, avec le temps, le milieu de la recherche.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

7 Samaan, M. (2017). La photogrammetrie rapprochee au service de l'archéologie preventive. Récupéré sur https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01547923/document

Sa réutilisation est multiple, source de nombreuses interrogations. Elle permet de pérenniser un lieu dans le temps, d'être support de recherches scientifiques comme elle permet d'être support pédagogique ou d'être vecteur de démocratisation à l'accès au patrimoine par son caractère d'ubiquité.
Le modèle 3D vient offrir une plasticité modifiable à l'infini en phase de création et l'on pourrait dire que cela ne concerne pas le patrimoine. Pourtant elle nous intéresse en cela que le modèle tridimensionnel se finalise souvent dans un but de recherches ou d'outil pédagogique en reconstitutions. La photogrammétrie sert de basent de modèle qui pourront être modifiables.

Les reconstitution se base sur des hypothèses elles-même faites par des équipes de scientifiques, d'archéologues, d'historien ou d'architecte BAF. Ces dispositifs de reconstitution font parfois l'objet d'un travail plus poussé tel que l'ajout des ambiances (lumineuse, mobilité des personnages). Le modelé tridimensionnel va pouvoir permettre de s'affranchir de la notion de présence et ainsi nous amener à explorer un lieu en 3D à l'infini sans répercussions directes. Pour le moment le modèle 3D reste un support au travers d'un médium (Ordinateur, tablette, smartphone). Bien que la récente venue sur le marché de casque oculusrifte et autre interface immersive vient requestionner le statut de ces lieux numériques. Hormis l'outil scientifique, sa forme se simplifie et s'épure pour l'outil pédagogique, venant inclure l'histoire et l'ambiance du lieu à cette interface virtuelle. On pourra noter que de plus en plus de musées se détachent de leur support classique pour tendre vers ces interfaces numériques.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

a La photomodélisation comme support de recherches

En tant que support de recherches, plusieurs manières de l'exploiter sont possibles dans différents domaines : archéologie, architecture patrimonialle, cartographie militaire, spatiale, historique.

L'acquisition d'un modelé dans la recherche s'accompagne d'autres données à mettre en lien avec ce modèle tridimensionnel, et pourra éventuellement en créer de nouveaux, plus complexes et plus détaillés afin de répondre aux problématiques des chercheurs. En architecture du patrimoine la photogrammétrie permettra aux chercheurs d'inventorier, ausculter et établir des programmes de sauvegarde.
Les chercheurs pourront être amenés à observer, comprendre et analyser :

- Observer les surfaces, des distances dans leur environnement immédiat ou lointain
- Comprendre les transformations qui ont été opérées (anciens travaux, anciennes fouilles, etc.)
- Localiser les réseaux et cavités ou en déduire. En mettant en lien certaines zones étudiées et leur localisation dans l'espace évaluer l'état de dégradation d'une partie ou de l'entièreté d'un site grâce au zapping observer en détail (avec une bonne qualité de photos lors de l'acquisition) chaque détail du site.
- Évaluer si un site doit être amené à être préservé
- Déduire les phénomènes naturels qui ont eu lieu ou qui possiblement occueront sous peu via des modélisations numériques d'événements
- Comprendre des modes sociétaux par l'étude de topologies spatiales de sites.
- En sortir des orthophotographies à étudier

En outre on pourra simuler, modifier et interpréter selon des documents historiques ou des relevés scientifiques la forme qu'avait un site à un instant T pour le restituer.
Des domaines tels que la climatologie souterraine ou encore la géologie iront de pair avec des études dans la préservation de sites patrimoniaux sensibles.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

b Reproduction en fac similé : Les grottes de Lascaux

À la croisée des questions de recherche, de conservation et de diffusion le fac-similé utilise des technologies innovantes comme des savoir-faire artisanaux. Mis en place il y a de nombreuses années, ce mode de scénographie et de représentation permet de créer une solution au tourisme de masse qui a tant abimé certains lieux touristiques. Elles ont donc été conçues avant tout pour donner accès à un patrimoine devenu inaccessible, mais aussi pour pérenniser la mémoire d'un espace. Que le fac similé soit à distance ou proche de la grotte, l'expérience muséographique se veut sensible. Cette forme de média est en plein développement, car de plus en plus de sites patrimoniaux sont limités ou fermés au public. On peut considérer sa position assez ambivalente : car si l'original vient se prolonger à travers son existence, il le remplace aux yeux des visiteurs.

De nombreux musées et centres archéologiques possèdent des reproductions partielles, de certaines parties, et d'autres passent par internet pour mettre en place des visites virtuelles afin de diffuser l'accès a ce patrimoine.

« "L'art pariétal n'a jamais été visible que depuis qu'il a été caché »"[1]

En l'occurrence la grotte de Lascaux, grotte d'art pariétal connu mondialement, est un exemple en lien avec notre cas pratique et particulièrement

1 Paroi, Pigment, Pixel - Reproduire une grotte ornée - Pôle International de Préhistoire - Exposition du 24 mai 2017 au 7 janvier 2018 prolongée au 21 mai 2018 - Les Eyzies-de-Tayac

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Photo de la phase de chantier du fac similé de lascaux - Source: Département 24 - D.nidos - ART PARIÉTAL : PREMIÈRES PAROIS ORNÉES SUR LE SITE DE MONTIGNAC-LASCAUX

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE VERSAILLES
DROIT D'AUTEUR

Photo lascaux 4 - Source: Département 24 - D.nidos -
ART PARIÉTAL : PREMIÈRES PAROIS ORNÉES SUR LE SITE
DE MONTIGNAC-LASCAUX

Photo lascaux 4 - Source: Département 24 - D.nidos -
ART PARIÉTAL : PREMIÈRES PAROIS ORNÉES SUR LE SITE
DE MONTIGNAC-LASCAUX

illustratif. Leur découverte est une des plus ‹‹romantiques » de l'archéologie. Elles ont été découvertes en septembre 1940 à Montignac en Dordogne par 4 garçons et leur chien au hasard de leur route. Elles ont été ouvertes entre 1948 et 1963.
Les concepteurs ont décidé de reproduire la grotte dans son état actuel, incluant les aménagements opérés pour faciliter la visite. Le fac-similé reproduit ainsi à l'identique, l'intégralité de la partie visitée jusqu'en 1963. Mais, la réalisation d'un fac similé n'est pas une copie à l'identique d'une grotte existante, mais avant tout l'interprétation d'un état particulier de l'original, basé sur les relevés et interprétation des archéologues.

À Altamira, les concepteurs de la Neocueva ont choisi de ne pas reproduire la grotte dans son état actuel. Celle-ci a en effet connu d'importantes modifications : une succession d'éboulement depuis le paléolithique et d'importants aménagements en vue de son ouverture au public. Neocueva, le fac similé, restitue la grotte telle que les artistes paléolithiques l'avaient connue (et non dégradée comme la découverte fin XIXe siècle).[2]

Le fac-similé revient à créer un nouveau lieu dans le réel, à partir du relevé numérique d'un autre lieu similaire. Son impact sur le public est différent, car la notion de lieux virtuels est éludée, on ne passe pas par un dispositif immersif et ses contraintes. Dans son ouvrage sur les représentations des images virtuelles, Jean François Coulais conclut[3] après ses observations que l'expérience première des lieux reste encore une évidente nécessité pour notre esprit. Ainsi le fac similé est une bonne alternative d'un dispositif concret qui s'appuie sur les technologies actuelles.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

2 Paroi, Pigment, Pixel – Reproduire une grotte ornée – Pôle International de Préhistoire – Exposition du 24 mai 2017 au 7 janvier 2018 prolongée au 21 mai 2018 – Les Eyzies-de-Tayac

3 Coulais, J. F. (2014). Images virtuelles et horizons du regard : Visiblités calculées dans l'histoire des représentations (Ed. rev.). Generve, Suisse : MétisPresses.

C La cartographie par photomodélisation comme support de planification urbaine

La photogrammétrie aériennne, différente de celle terrestre dont la méthodologie fut illustrée, permet aujourd'hui la planification urbaine, opérationnelle et financière. On associe généralement ce type de reconstruction 3D à grande échelle au domaine des géomètres.
Certaines de ces opérations se rapprochent de notre problématique de conservation des sites patrimoniaux en périls et illustrent comment la photogrammétrie sert à conserver mais aussi à inventorier :
Pour appuyer ce propos cet encart s'illustrera avec le projet actuel de reconstitution de Mossoul. Les Émirats ont financé à hauteur de 50,4 millions de dollars l'UNESCO pour reconstruire cette seconde ville importante d'Iraq. Moussoul fut pour mémoire quasiment détruite par de récents conflits armés. La ville se trouve alors aux croisements de problématiques sociales importantes tels que le relogement des populations, la sécurité de la ville, redynamisation de son économie.
Lors de la récente conférence en février entre l'UNESCO et le gouvernement irakien, la ville a fait le choix de se tourner en partie vers ce qu'on lui a arraché brutalement (son patrimoine architectural) afin de préserver ce qu'il en reste pour faire perdurer son rayonnement culturel.
« La reconstruction ne réussira et l'Iraq ne retrouvera son rayonnement que si la dimension humaine est érigée en priorité : l'éducation et la culture en sont les maîtres mots. Ce sont des forces d'unité et de réconciliation » Directrice Générale de l'UNESCO.[1]

1 Kaci, L. (2018, 14 février). L'UNESCO lance une initiative phare pour faire revivre l'esprit de Mossoul. Récupéré de https://fr.unesco.org/news/unesco-lance-ini-

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS À DROIT D'AUTEUR

Cette initiative méconnue de «*faire revivre l'esprit de Mossoul*» s'attache à reconstruire son patrimoine (exemple : mosquée Al Nouri [1172] et son minaret). Actuellement et pour l'année, l'UNESCO réalise un déblayage ainsi qu'une cartographie en documentant l'état actuel de la ville. Pour le moment, peu d'information filtre, mais on évalue à 20 000 batiments touchés ou détruits, un niveau de destruction que l'Unesco dans une vidéo [2] juge sans équivalent depuis la seconde guerre mondiale. Se suivra une planification nouvelle à l'échelle de la ville, reprenant le tissu urbain actuel, mais en implantant de nouvelles structures.

Pourquoi avoir eu recours à la photogrammétrie et à l'acquisition par drone ? Cette cartographie concerne le centre historique, la vieille ville de Mossoul qui longe le Tigre. Dans ce tissu urbain, toutes les routes n'ont pas été déminées. Le tissu urbain demeurait ainsi inaccessible pour quelque acquisition que ce soit. La cartographie s'effectue actuellement transect par transect, maison par maison. Différentes méthodes d'acquisition sont employées, car pour le moment 65 000 photos à des échelles différentes sont ressorties.
L'idée n'est pas seulement de reconstituer physiquement en un modèle spatial, mais également de comprendre les altérations structurelles qui ont été subites lors des confiits. De plus l'objectif est de conserver la mémoire des sites principaux, tout autant que » l'architecture vernaculaire arabe. [3] La reconstruction de la mémoire n'a pas pour but seulement de reloger ses populations mais aussi de leur permettre de se reconstruire psychologiquement. La préservation de la mémoire ici joue un rôle de tuteur et de redressement du pays, par la sauvegarde des traditions et du passé encore présent. Le projet est encore en cours de développement avec plusieurs réunions scientifiques et de donation (juin et septembre 2018).

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

tiative-phare-faire-renaitre-esprit-mossoul

2 UNESCO. (2018, 16 mai). La vieille ville de Mossoul, un patrimoine en grand danger [Fichier vidéo]. Récupéré de https://www.youtube.com/watch?v=5ZlJtiVQm3M

3 idem 1

Utilisation des environnements pris par photogrammétrie en jeux vidéos

Il y a encore quelques années, il paraissait impossible de retranscrire avec une géométrie (nombre de trinagle) et un nombre d'images par seconde fidèle, la réalite de notre monde dans un jeu vidéo.
La création de contenu pour les jeux vidéo a traditionnellement impliqué la sculpture manuelle et la peinture d'objets. C'est une tâche qui demande beaucoup de temps et qui reste dépendante du « geste » et de l'interprétation de l'artiste. Le balayage/scanning 3D a remplacé partiellement cette technique « manuelle » depuis les années 90 pour certaines parties de jeux vidéos importantes tel que le visage mais restait minoritaire et relevait plus de l'expérimentation partielle ou venait palier une difficulté technique pour sculpter des visages fidèlement. Au fur et à mesure que la communauté des joueurs demandait plus de réalisme dans les graphismes, se posait la question alors de généraliser le scanning 3D au jeu entier. Le 3D scanning correspondait respectivement à la technique de lasergrammétrie ou photogrammétrie utilisés dépendament des éditeurs. Si vous recherchez sur google rapidement vous trouverez de nombreux studios qui fournissent des services de numérisation des humains. Ces studios ont des configurations de balayage à 360 degrés qui utilisent une gamme de caméras haut de gamme calibrées pour capturer chaque détail de la personne instantanée, mais ce n'est pas un processus généralisé pour des environnements ou architecture dans ces dévelopements graphiques.
Le scanning des objets, animaux, voitures est présent dans l'industrie du film et la publicité mais peu jusque là dans le monde du jeu vidéo et ce afin de s'adapter au problème de faire tourner ces 3D sur des

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ordinateurs grands publics.
Andrzej Poznanski est un des précurseurs avec son éditeur dans le 3 D scanning d'élément d'environnement ou d'architecture et sa généralisation pour les principaux éléments du jeu vidéo the vanishing of ethan carter (rocher, maison etc) (2014)

« Dans le monde physique, pas deux briques de pierre sont exactement identiques. La poussière s'accumulera dans des endroits spécifiques en fonction du vent, les érosions des surfaces seront perceptibles à cause de la pluie ou du traflc humain, etc. Le monde réel est plein de petits détails. C'est l'absence de ce détail dans le monde virtuel qui brise immédiatement l'illusion. Sculpter et peindre ces détails subtils est presque impossible à obtenir, ou, d'un point de vue économique, pas réalisable en raison de la quantité folle de travail et de temps qu'il prendrait. (...)
Avec la photogrammétrie, nous ne créons plus de mondes isolés du monde, entourés de murs et d'écrans. On se lève, on sort et on prend des photos, plein de photos. »
Traduction de l'anglais — Andrzej Poznanski [1]

D'autres projets tel que get even fait par Farm 51, reroll de Pyxiul, les jeux vidéos de la franchise Battlefield, The Talos : principe, des studios qui peuvent se permettre l'investissement initial pour réaliser des jeux utilisant la photogrammétrie. Mais l'exemple le plus récent et le plus « esthétiquement parfait », qui utilise la photogrammétrie comme la méthode principale pour générer les environnements, est le derniers Star wars battelfront.

Star wars Battlefront en 2015 est un exemple du principe de photogrammétrie, réutilisée pour generer des mondes virtuels. La franchise qualifie cette nouvelle méthode comme la clé du succès du réalisme des graphismes (acclamé par différents sites critiques de jeux vidéos).

1 Andrzej pornanski est un des createur de « 'the vanishing of ethan carter »', un des premiers à utiliser la photogrammetrie pour le developpeur polonais The atronauts —Dans son blog il decrit le chemin parcouru pour faire de la photogrammétrie de differents éléments, les difficultés rencontrées. http://www.theastronauts.com/2014/03/visual-revolution-vanishing-ethan-carter/

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Screenshot the vanishing of ethan carter – Andrzej Poznanski Blogpost –Source: www.theastronauts.com

Screenshot the vanishing of ethan carter – Andrzej Poznanski Blogpost –Source: www.theastronauts.com

Plusieurs téraoctets de références ont été utilisés pour créer des visuels du jeu et les environnements des différentes maps (100 000 photos, 2000 ressources différentes, 14 h de vidéos). Il est intéressant de constater que la photogrammétrie se démocratise maintenant au-delà du réalisme des personnages mais aussi sur le terrain et les environnements.

Chaque maps est en fait un patchwork de plusieurs éléments pris par photogrammétrie (fig 2)
La période d'acquisition des photos a été longue et fastidieuse : du casque des stroomtroopers aux rochers, arbres et feuillages. La méthodologie a été exactement la même que celle expliquée précédemment dans ce mémoire. Au final, les développeurs ont obtenu des résultats étonnants, ils ne se rapprocheront pas plus des films originaux que Battlefront car tous les détails ont été capturés à partir des vrais prototypes de costumes de films ou des sites de tournage (fig 1) (fig 2) (fig 3) (fig 4)

Les sites ont été dénichés aux 4 coins du monde et sont tous des sites d'exception comme nous en visitons peu dans notre vie.
Cependant l'immersion du joueur tient pour beaucoup au fait que ces sites ne sont pas créés de toute pièce par l'imaginaire des créateurs mais que leur configuration, topologie, matériaux, texture et éléments constituant etc sont retranscrits fidèlement d'après l'existant. En passant de la captation d'un monde réel à un monde virtuel l'immersion se détache partiellement de l'effort que les développeurs doivent avoir pour obtenir un rendu cohérent et «logique» lorqu'ils partent de zéro. La question des ambiances est d'ailleurs totalement présente dans leur projet :

« *Nous avons vu deux climats extrêmes lorsque nous visitions des endroits comme Finse, en Norvège, et Death Valley, en Californie. Lorsque nous avons décidé de créer Hoth et Tatooine, nous voulions vraiment que ce sentiment revienne dans le jeu, pour que les joueurs puissent aussi expérimenter ces conditions extrêmes.* »

Traduction de l'anglais — Andrew Amilton [2]

2 80 level. (2014, 4 mai). Achieving the Authenticity of Star Wars Battlefront with Photogrammetry. Récupéré de https://80.lv/articles/

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 1) Image de terrain : l'equipe de photogrammétrie sur le terrain ayant servi pour générer l'environnement de star wars battlefront – Dice team à Muird wood en californie – Image issue de "The making of star wars battlefront" –

(fig2) Image de terrain – Presentation by Andrew Hamilton and Ken Brown from DICE at GDC 2016

(fig 3) Image de terrain – Presentation by Andrew Hamilton and Ken Brown from DICE at GDC 2016

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 4) Image de terrain – Presentation by Andrew Hamilton and Ken Brown from DICE at GDC 2016

Le principe d'acquisition photogrammétrique est joint à une méthodologie pour mener ces projets de référencement à grande échelle :

- Créer une bibliothèque complète des éléments constituant ou texture de toutes les planètes.
- Acquérir seulement ce qui est essentiel, pas tout ce que nous voyons.
- Capturer des variations et des caractéristiques significatives
- Visiter les véritables lieux de tournage pour une véritable inspiration et compréhension.

''Notre ambition est que les joueurs aient le même sentiment que lors de nos voyages : avoir vraiment l'impression d'être dans le cinéma en jouant sur ces lieux emblématiques. Aussi, nous voulons ouvrir les yeux sur de nouvelles expériences et de nouvelles planètes''
Traduction de l'anglais — Andrew Amilton [3]

Les développeurs sont passés par agisoft photoscan, meshlab puis maya, éditeur 3 D. Leur projet s'accompagne d'un traitement poussé des éclairages pour insérer de manière cohérente chaque modèle individuel dans la scène du jeu vidéo.

Le principe de photogrammétrie était particulièrement logique pour retranscrire fidèlement l'univers d'un film Star wars, mais ce principe pourrait se répliquer pour des franchises de jeux vidéos avec un univers propre comme assasin's creed se basant sur notre monde. Assasin's creed mettant souvent un point d'honneur à retranscrire fidèlement les architectures des villes dans lesquelles se déroulent les aventures, le jeux vidéos s'est appuyé sur des historiens et des photogrammétries déjà existantes pour certains

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

achieving-the-authenticity-of-star-wars-battlefront-with-photogrammetry/

3 STAR WARS BATTLEFRONT. (2015, 19 mai). How we used Photogrammetry to Capture Every Last Detail for Star Wars™ Battlefront™. Récupéré de http://starwars.ea.com/starwars/battlefront/news/how-we-used-photogrammetry

monuments[4].

''Nous utilisons une montagne de références, dont une grande quantité de monographies historiques et de publications de musées.''

Assassin's Creed Unity – Screenshot du jeu vidéo

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Depuis fin 2017 la photogrammétrie dans les environnements de jeu vidéos a pris un nouveau tournant. Unity, un logiciel d'édition axé autour des jeux vidéos et des visites VR accessibles partiellement open source (gratuité pour les projets générant

4 Doucet, D. (2017, 20 novembre). Un conseiller historique sur «Assassin's Creed» nous raconte son travail. Récupéré de https://www.lesinrocks.com/2017/11/20/jeux-video/la-vie-réelle-des-jeux-vidéo-assassins-creed-au-c ur-de-lhistoire-111009035/

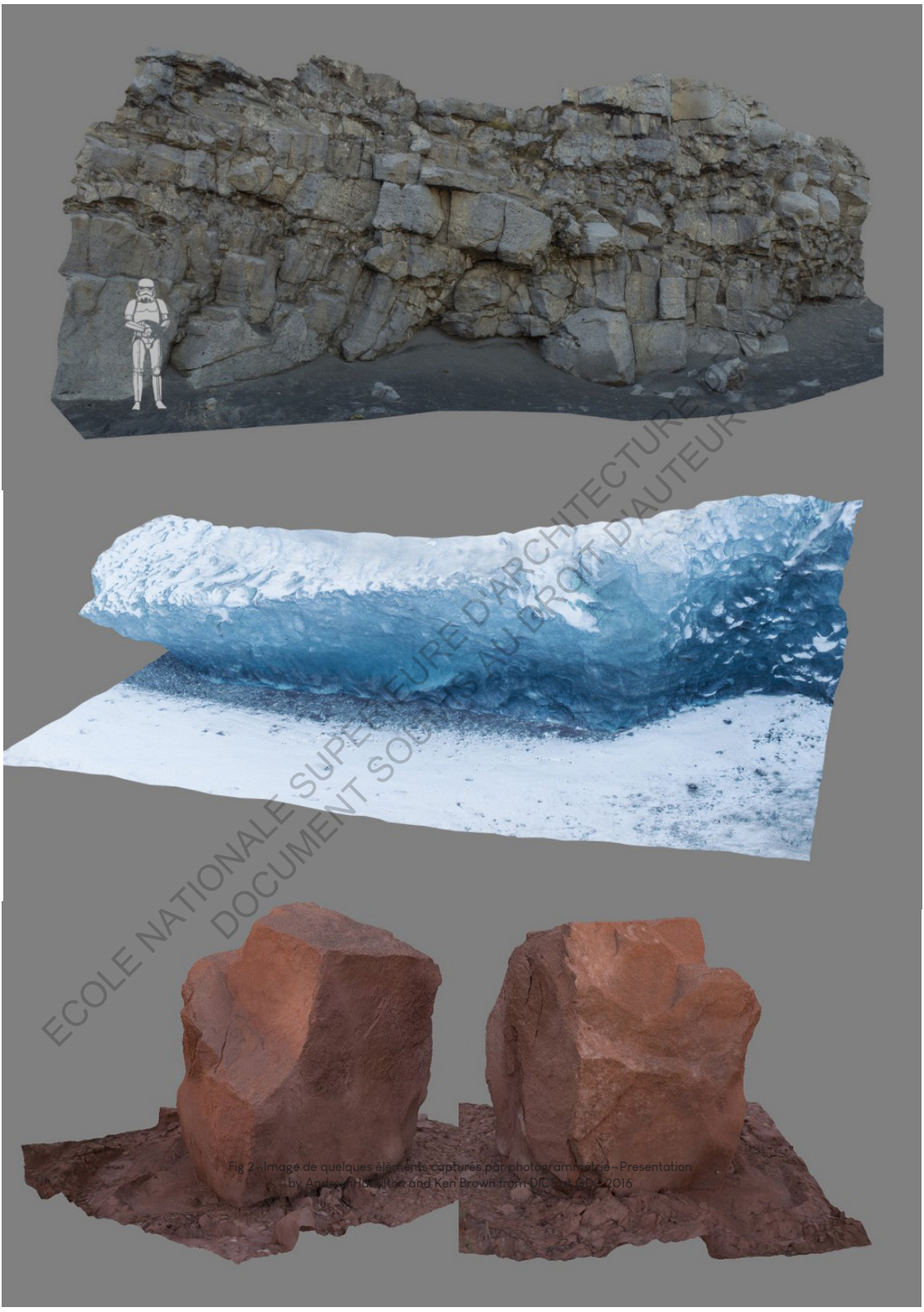
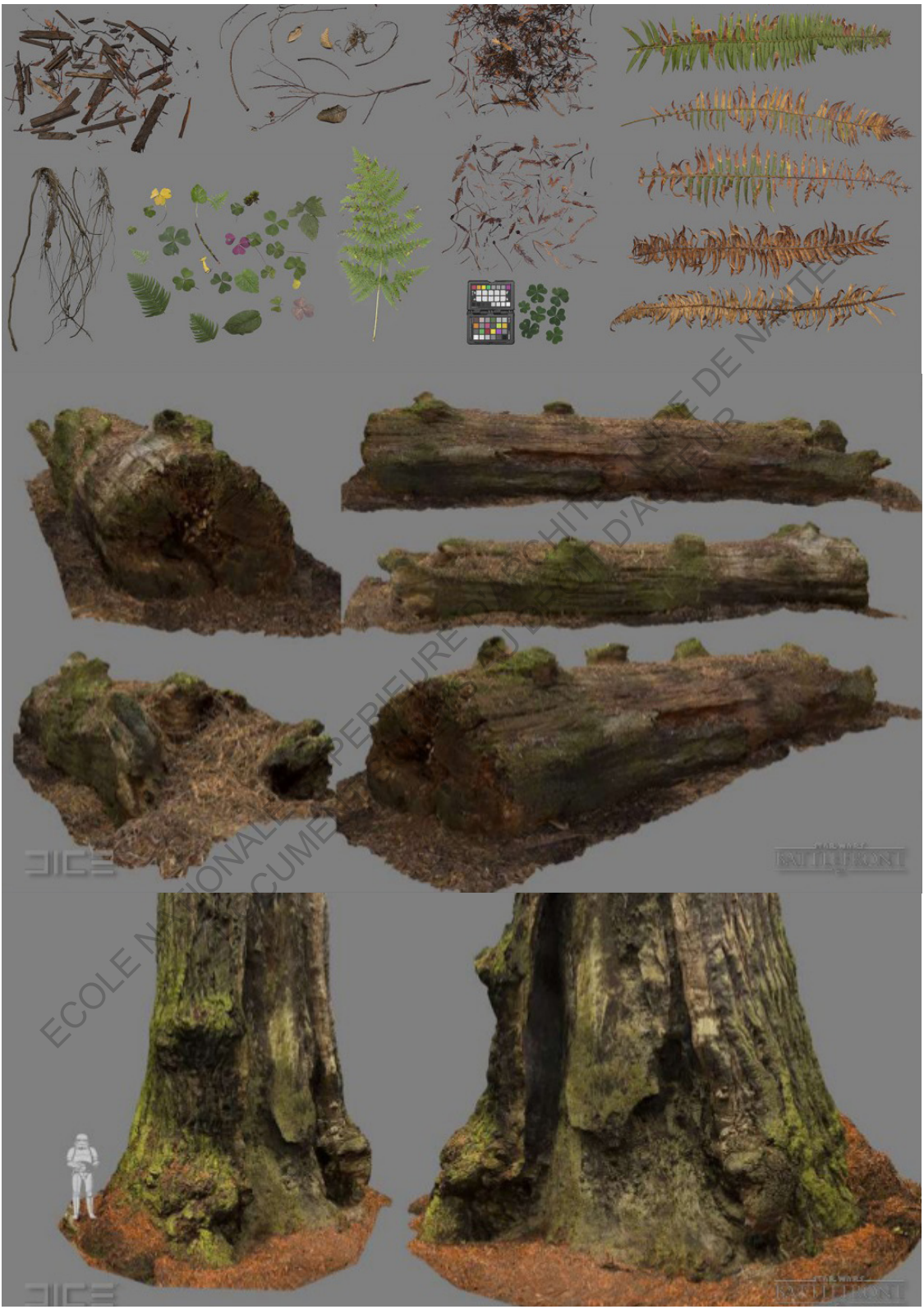


Fig 2 - Image de quelques éléments captures par photogrammétrie - Presentation by Andrew Hamilton and Ken Brown from DICE - GDC 2016

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR


STAR WARS
BATTLEFRONT
STAR WARS
BATTLEFRONT

STAR WARS
BATTLEFRONT
EA

Image du jeu videos – "Achieving the Authenticity of Star Wars Battlefront with Photogrammetry" – Art station
Pour plus de photos : https://www.artstation.com/artwork/exxmP

ECOLE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE LA VILLETTE
DOCUMENT SOUMIS AUX DROITS D'AUTEUR ET DROITS VOISINS

ECOLE NATIONALE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT PROTÉGÉ PAR LE DROIT D'AUTEUR

Image du jeu video — Source: gameranx.com

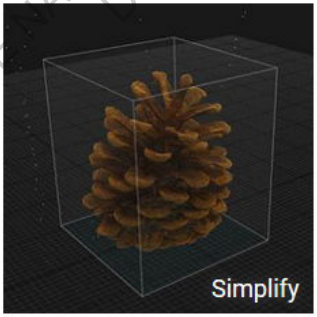
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES

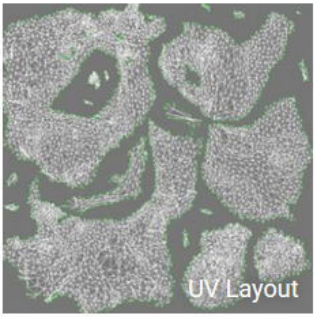
moins de 100 000 dollars de revenus par an) a lancé un ebook sur la photogrammétrie. Cet ebook en libre accès contient une centaine de pages sur la méthodologie de la photogrammétrie jusqu'aux traitements de la lumière pour inclure les éléments dans une scène de jeux vidéos. Accompagné de cela elle lance un outil de delighting.

''La solution proposée par Unity contourne ce problème : les conditions d'éclairage sont déduites directement à partir de la texture de l'objet, et il n'y a donc pas de données à capturer soi-même.'' 3DVF [5]

Afin de tester les possibilités, quelques tests avec ce logiciel ont été effectués dans la partie 2 de ce mémoire avec l'Abri

5 3DVF. (2017, 10 juillet). Photogrammétrie : Unity lance un outil de delighting. Récupéré de http://www.3dvf.com/actualite-20655-photogrammetrie-unity-lance-un-outil-delighting.html





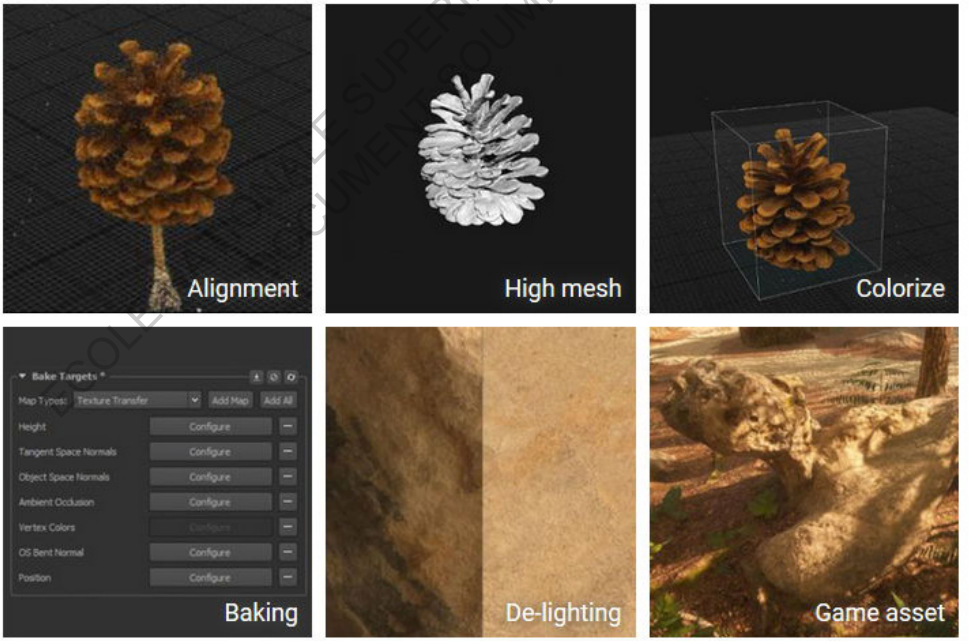
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

du Poisson.
Si la photogrammétrie analogique puis informatique existe depuis plus d'une centaine d'années, sa fusion récente, pleine d'avenir et de possibilités, avec les jeux vidéos permet à certains environnements du monde réel de se matérialiser virtuellement, et ce de facon quasi exacte, dans des interfaces virtuelles vidéos-ludiques. Le passage réel-virtuel et sa matérialisation semblant de plus en plus ''facile'', des scénarios comme celui du film Virtual reality (70 % de la population ne vit plus que dans des univers virtuels) s'éloignent de plus en plus du film d'anticipation lorsque l'on s'intéresse de près au développement du virtuel en 2018.[6]

6 Katerji, A. (2016, 11 octobre). « Virtual Revolution » : la réalité, quel bordel ! Récupéré de https://www.nouvelobs.com/rue89/rue89-bad-taste/20161011.RUE2401/virtual-revolution-la-realite-quel-bordel.html

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Unity tutorial



ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Certaines limitations qui auparavant faisaient défaut à la photogrammétrie, sont aujourd'hui annihilées. En effet aujourd'hui il est faux de dire qu'en terme de reconstruction 3D les logiciels peinent à reconstruire des modelés ne présentant pas de discontinuité évidente comme des sculptures, des voutes, des formes complexes. Cette évolution et cette optimisation des maillages a fait augmenter l'abondance des documentations d'objets ou sites patrimoniaux en tout genre comme sur le sketchfab par exemple : un espace communautaire proposant des projets tridimensionnels d'objets comme de lieux réalisés à partir de logiciels 3D ou de photogrammétrie. Ces applications que l'on pourrait appeler «*application mondialisé*» intègrent la notion de partage planétaire et d'ubiquité, tandis qu'en parallèle, les moyens de captation (casque VR, drone, qualité d'image des caméras) tendent vers un objectif qui paraissait utopique il y a de cela quelques dizaines d'années : un photoréalisme parfait nous permettant de retranscrire notre monde réel dans un monde fait de pixels

Légitimement certaines questions se posent sur les méthodes actuelles de relevés manuels sur le terrain : Bien qu'elles soit encore efficientes, sont-elles vouées à disparaître au profit du numérique ?

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

a Des plateformes communautaires 3D et la réalité virtuelle

Une plateforme communautaire est à la croisée entre le réseau social tel que nous le concevons (Facebook, twitter) mettant en lien des personnes de tout horizon et un diffuseur de contenu à l'échelle planétaire utilisant le réseau internet. On utilisera le terme « human network » en anglicisme, mais qui révèle la dimension humaine que possèdent ces plateformes.
Plusieurs plateformes de ce type existent, sketchfab, p3d.in, ou encore Aioli actuellement en béta test qui se concentrent sur la création d'une bibliothèque d'objet et de sites patrimoniaux.

La plus connue et la plus utilisée reste sketchfab, tel youtube elle prend la majorité des parts de marché et de visibilité dans son domaine.
Comme la deuxième partie de son titre l'indique «FAB» comme «fabrique», sketchfab est pour le moment terrain d'expérimentation à tous les niveaux. C'est le HTML5 et le WebGl qui rendent possible pour nos moteurs de regarder différents formats de scènes tridimensionnelles. Elle est facile d'accès, facile d'usage, ergonomique et facilite l'accès à une bibliothèque en ligne, riche de plusieurs centaines de milliers de modèles. En quelques clicks une photogrammétrie peut être uplodée.

Cependant cette plateforme communautaire issue d'une startup française ne s'arrête pas là, en proposant à ses utilisateurs de revivre ces projets en réalité virtuelle, munis de casque ou de carb board, simplement connectés à leur application smartphone ou leur ordinateur. Il est possible aussi d'expérimenter son oeuvre d'art en réalité virtuelle et en trois dimensions avec Tilt Brush. On peut y pénétrer, tourner

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

autour, contempler au même titre qu'un édifice reconstitué. De ce fait on qualifiera couramment Sketchfab de ''YouTube 3 D'' et ce au vu également de ses partenaires comme HTC, Microsoft Hololens, The British Muséum, etc.

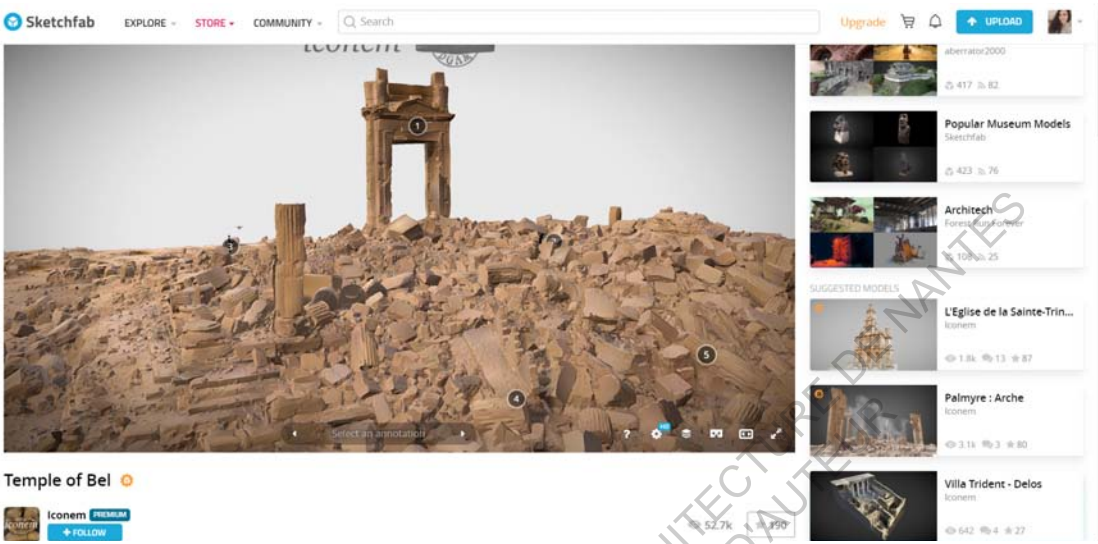
''La réalité virtuelle repose alors sur l'interaction en temps réel avec des objets virtuels et sur la sensation d'immersion dans les mondes virtuels ; elle s'apparente à une interface multisensorielle [Burdea 93], instrumentale [Cadoz 94b] et comportementale [Fuchs 96]. »' [1]

Le business modèle est pour l'instant assez simple : une inscription gratuite suivie d'un abonnement payant si besoin pour partager des fichiers. Alban Denoyel annonce qu'il souhaiterait monétiser totalement le contenu[2] pourtant c'est le principe de gratuité qui fait la plus-value de ces supports. Une «place de marché» est cependant déjà mise en place à la demande de certains utilisateurs, permettant de demander une participation financière pour accéder à leur création. Ceci pourrait possiblement être l'émergence d'un business modèle «intra» Sketchfab à l'instar du business modèle des youtubeurs générant un revenu depuis leur plateforme de diffusion.
Pourrait-on penser alors que l'accès et la visite des sites patrimoniaux célèbres (ou moins célèbres) en VR devienne un business monétaire plutôt qu'une plus-value dans le libre partage des connaissances ?
Au final nous ne sommes pas si loin de la vérité. Le mois dernier, Sketchfab a lancé une boutique en ligne qui permettra aux créateurs d'acheter et de vendre des modèles 3D. Les 1,5 million de professionnels créatifs de la plateforme peuvent monétiser leur travail et les clients qui travaillent sur une série de projets 3D, auront la possibilité d'acheter des dizaines de milliers de modèles et de textures 3D de haute qualité, VR, éléments architecturaux

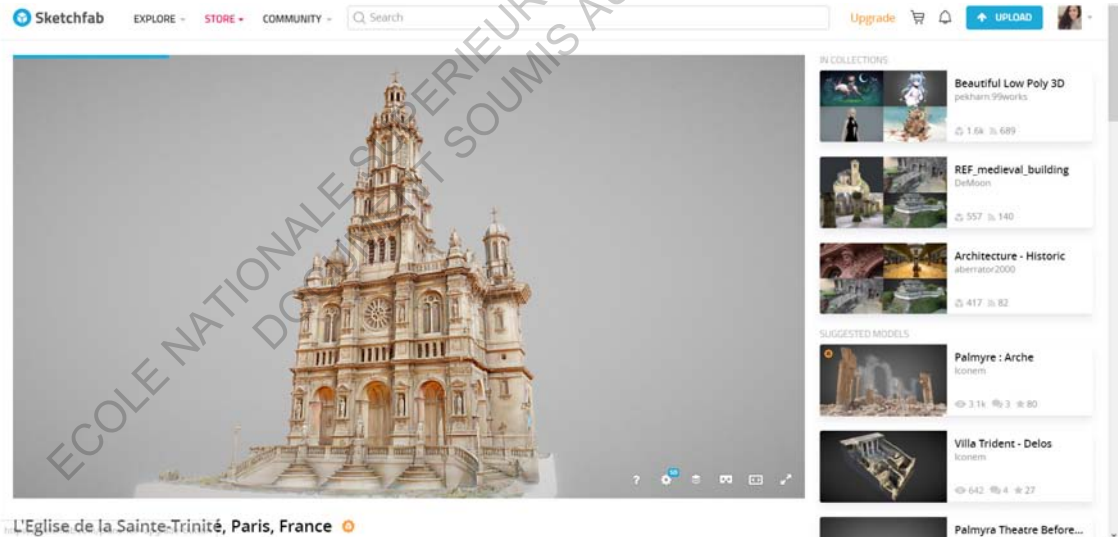
1 Tisseau, J. (2001). Réalité Virtuelle – autonomie in virtuo –. Récupéré sur https://www.enib.fr/~tisseau/doc/hdr/hdrJT.pdf

2 Gourdon, J. (2015, 18 juin). Sketchfab, la start-up des fichiers 3D, lève 7 millions de dollars. Récupéré de https://frenchmorning.com/sketchfab-start-up-fichiers-3d-leve-7-millions-de-dollars/

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



Screenshot du temple de bel par Iconem
Photogrammetrie accèsible sur sketchfab



Screenshot du temple de bel par Iconem –
Photogrammetrie accèsible sur sketchfab

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

comme personnages 3D. [3] Le nouveau lancement comprend également un 'inspecteur de modèle'', le premier sur le marché.[4]

En effet nous parlions récemment de démocratisation du contenu et d'ubiquité des espaces, sketchfab réemploie ces problématiques pour créer une ‹‹sorte›› d'open cloud, ou chaque donnée est accessible par de nombreux d'utilisateurs (chiffre non dévoilé, mais potentiellement important). On prévoit le dépassement de la barre des 5Milliard d'ici 2019 dans le monde des utilisateurs de smartphone[5]. Un carboard coutant 10euros nous permet de supposer que le principe de la VR se démocratisera et ne se limitera plus aux adeptes de nouvelles technologies.

Pas besoin de participer en postant du contenu, l'utilisateur peut simplement profiter des projets tout en :

- s'affranchissant des barrières géographiques
- s'affranchir des barrières du temps (d'un voyage) de coût (d'un voyage également)
- Pérenniser auprès d'un maximum de personnes l'existence d'un lieu en le sortant de l'ombre et en le mettant en valeur
- Partager sur d'autres réseaux sociaux des contenus
- Faciliter sa recherche d'objet ou sites similaires en utilisant cette archive numérique
-

Dans une interview[6] le fondateur de sketchfab nous dévoile que l'intention première fut de permettre aux artistes de partager

3 Yoska, K. (2018, 4 juillet). Sketchfab launches a new 3D Model Marketplace. Récupéré de https://3dadept.com/sketchfab-launches-a-new-3d-model-marketplace/

4 Sketchfab. (s.d.). marketplace 3D models tagged marketplace. Récupéré de https://sketchfab.com/tags/marketplace

5 Statistica. (s.d.). Nombre d'utilisateurs de smartphone dans le monde entre 2014 et 2019 (en millions). Récupéré de https://fr.statista.com/statistiques/574542/utilisateurs-de-smartphone-dans-le-monde--2019/

6 3DTEST. (2013, 10 juin). INTERVIEW : SKETCHFAB. Récupéré de http://www.3d-test.com/contenu.php?id=2715

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

leurs travaux afin de palier à leur difficultés de se faire entendre. Il évoque entre autres la notion de protection des modèles, problématique importante également dans la notion d'archivage et de sécurité.

''Dès que vous voulez publier quelque chose en ligne, et l'afficher sur l'ordinateur de quelqu'un d'autre, vous devez le donner d'une manière ou d'une autre, et un hacker malin peut en obtenir une partie. Nous ne faisons aucune magie à ce sujet, les modèles peuvent être utilisés n'importe où si les gens qualifiés veulent vraiment faire cela. Vous avez la même préoccupation avec toute industrie en ligne : films, musiques, etc... et tout service de publication de contenu : YouTube, soundcloud.... Vous pouvez essayer de cacher les données autant que possible, mais quelqu'un sera toujours capable de le prendre »'
Traduction de l'anglais [7].

Leur application permet en un click de regrouper par catégories tous les types d'objet, de lieux, d'espace. On peut légitimement se poser de nombreuses questions vis à vis de cet archivage de masse. Après avoir éventuellement servi de support de recherche, d'outil pédagogique, etc., sketchfab peut alors s'ouvrir comme une ''fin de vie'. Il peut marquer un rangement définitif, un oubli de ce qui fait l'individualité d'un espace, un projet précis dans cette immensité d'informations. De ce fait ces projets 3D peuvent perdre également de leur attrait et de leur sensibilité par leur aspect inerte dans une collection de projets. Au lieu de percevoir sketchfab comme un moyen de faire perpétuer la mémoire des lieux, on peut aussi le percevoir par son effet comme un mouroir de connaissance.
L'application sketchfab permet de facilement monter son projet en VR. Le but de la réalité virtuelle semble être d'aller vers plus de réalisme en accompagnant l'usager dans sa visite, sans déposséder le lieu ou l'objet visité de son histoire et de sa

7 SKETCHFAB TEAM. (2012, 26 juillet). Why WebGL? [Publication d'un blog]. Récupéré de https://blog.sketchfab.com/why-webglwe-get-this-question-a-lot-why-webgl-with-subsequent-questions-likewhat-about-security-what-about-standardwell-we-believe-webgl-will-become-the-standard-to-display-3d-content-online-in-the-br/

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

sensibilité : la question des ambiances est au centre de ces processus d'immersion.

''Ces dispositifs permettent de ne pas avoir d'intermédiaire filmant le décor pour ensuite placer dans celui-ci les données, mais de les afflcher directement dans notre champ de vision. Cette technologie permet donc au virtuel de s'intégrer dans notre réalité directement par notre vision. Grâce à celle-ci, toutes les informations qui étaient disponibles sur notre téléphone portable deviennent directement connectées à la réalité que nous percevons.'' [8]

Ces rendus tridimensionnels doivent rester de simples supports visuels, appuyant un discours, mais il apparait que l'attrait de l'image déposséde le fond des sujets de certaines résonnances qu'ils pourraient avoir. Force est de constater que pour l'instant vivre un lieu par soi même, au travers de notre vision binoculaire, est encore différent que visiter un lieu en VR (bien que l'expérience soit fascinante).

''Du côté de la création 3D, la start-up anticipe une explosion du nombre de fichiers dans les années à venir, liée à la démocratisation d'outils de cartographie de l'environnement (Intel RealSense, Google Project Tango, PrimeSense et Linux chez Apple...) » [9]

Intel Real sensé (dévoilé en 2014) pour exemple est une technologie rendant tout ordinateur, tablette smartphone capable d'interpréter son environnement et d'en comprendre la dimension 3D, et ce grâce à un système de caméra. Les usages pourront être multiples, pour le moment il permet principalement de scanner son visage puis de le restituer en 3 D.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

8 *Pedatte, K. (2016-2017a). Dispositif d'ubiquité. Récupéré sur http://pedatte.com/portfolio/Memoires/Memoire_Pedatte_Kevin_M2-Dispositif_dubiquite.pdf*

9 Pontiroli, T. (2015, 17 juinb). Sketchfab, le «YouTube du fichier 3D», mise sur la réalité virtuelle. Récupéré de https://www.clubic.com/pro/actualite-e-business/actualite-770738-sketchfab-youtube-fichier-3d-realite-virtuelle.html

Aujourd'hui des scanners avec des prix et des publics cibles différents sont en vente permettant de scanner des visages ou des objets comme des sculptures (le scanner 3D XYZ ou tablette avec différentes caméra F200, R200 et SR300). Ce sont des médiums faciles d'utilisation, dépourvus de trépied ou autres systèmes capables entre autres d'exporter texture, couleur, etc. et de faire un mapping de ces textures. La gestion de la lumière semble restée comme acquisition photogrammétrique ''classique» un souci et les capteurs de profondeurs restent limités d'après les tests. Cependant cette technologie qui peut s'appliquer à d'autres modules tels que les drones, qui ont déjà leurs premières créations (drone Yuneec Typhoon H et Segway Robot) [10].

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

10 Stevenson, A. (2016, 6 janvier). Intel CES 2016 Press Conference: Robots, drones and Curie wearables Read more at https://www.trustedreviews.com/news/intel-ces-2016-press-conference-all-you-need-to-know-2937033#b33l3SWy5kWGE1BO.99. Récupéré de https://www.trustedreviews.com/news/intel-ces-2016-press-conference-all-you-need-to-know-2937033

D Maillage de points et multiplicité des sources pour l'acquisition

---

Le principe de multiplicité des sources est un principe qui découle de l'ubiquité des dispositifs de lieux virtuels et du numérique de manière générale. La délocalisation entraine selon Monique Simard une « mondialisation des regards ». Le lieu virtuel s'étant affranchie de la notion de présence géographique, tout le monde peut à présent y participer ou y accéder depuis un point géographique différent.

Dans le cadre de reconstitution 3D, il arrive aussi que la documentation et l'acquisition ne soient pas homogènes dans leur format. Ainsi dans certains projets des photographies très précises d'archéologue doivent côtoyer des photos plus « hasardeuses » de touristes afin de recréer l'environnement. Doivent se côtoyer également des relevés, faits par des architectes comme des dessins de voyageur du 18e. Toute cette documentation graphique ne date pas de la même époque, n'est pas prise avec le même point de vue. ICONEM en a fait l'expérience et a réalisé grâce à la multiplicité des sources la reconstitution d'un des temples (Temple de Bel), récemment totalement détruit de Palmyre. Ce principe se généralise depuis quelques années, permettant de s'affranchir du principe d'acquisition unique fait par une seule personne, avec un type d'appareil dans un temps précis.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

L'archivage des numérisations d'objets/sites patrimoniaux possède des spécificités permettant de catégoriser ce domaine. Aïoli est une «*plateforme collaborative qui a pour vocation de réunir les acteurs de la documentation, de la sauvegarde et de la diffusion du patrimoine culturel autour de nouvelles pratiques pour une meilleure compréhension des objets patrimoniaux.*»

La plateforme invite une ontologie de domaines à venir enrichir des modélisations générées automatiquement par l'application et référence toute la connaissances disponible autour d'un objet ou d'un site. Cette application reprend le principe de sketchfab, du cloud etc... tout en promouvant le principe de '' la propagation multidimensionnelle d'annotations sémantiques spatialisées''. Le principe de ''science participative'' qui semble être amené à se généraliser dans toute forme de ''réseaux sociaux'' est appliqué à ce processus de documentation. Le principe de l'archivage n'est plus aloué spécifiquement à une catégorie d'acteurs mais est résolu à faire participer un panel d'individus. Une nouvelle méthodologie émerge alors. Le site n'hésite pas à employer le terme d'écosystème pour caractériser sa nouvelle forme de processus.
Le site est actuellement en béta testing (phase de test) et émerge de la collaboration de plusieurs laboratoires de recherches (MAP (Modèles et simulations pour l'Architecture et le Patrimoine, TAPEnADe; Culture 3D Cloud; Monumentum; Fiat Lux) et d'écoles (» ENSG (École Nationale des Sciences Géographiques, LMGC (Laboratoire de Mécanique et Génie Civil). Comme sketchlab elle a pour principe de pouvoir fonctionner comme une application sur smartphone, tablette etc

«*On peut également mesurer les phénomènes de dégradation grâce aux différentes notes laissées.* » Livio de Luca pour le journal du CNRS[1]

1 Koppe, M. (2017, 2 mai). De l'égyptologie aux robots, les sciences humaines innovent. Récupéré de https://lejournal.cnrs.fr/articles/de-legyptologie-aux-robots-les-sciences-hu-

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Les modèles numérisés dans cette plateforme sont alors voués à des éternelles ''mises à jour'' et ne sont plus partitionner dans des enquêtes de terrains ou acquisition au coup par coup. Les informations se superposent sous forme de ''calques''. Comme le présice l'archéologue Livio de Luca cela permettra d'avoir en temps réel des informations sur l'évolution du bien. Aioli pourrait alors se voire comme un processus avec une perspective à long voir très long terme si elle se pérennise:

''Cette approche présente deux caractères innovants : d'un côté l'idée de relier (et de rapprocher) la phase d'acquisition des données à celle de leur analyse et de leur interprétation; ''[2]

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

maines-innovent

2 idem 1

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

PARTIE 2

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

La semaine du 11 au 15 décembre j'ai eu la possibilité d'assister Madame Catherine Cretin, paléontologue et conservatrice du Musée des Eyzies de Tayac dans son travail de reconstitution de l'Abri du Poisson et son analyse d'une gravure et des couleurs (usage de Dstrech, relevé sur site extérieur et intérieur, comparaison, reconstitution de certains morceaux). J'ai pu découvrir ce monde, un peu éloigné de l'architecture, mais qui pourtant interprète et englobe tout autant que notre profession, l'espace et toutes ses problématiques.
Une partie de mon immersion fut consacrée au traitement de données issues d'orthophotos, photographies prises sur sites mais aussi à la découverte de ce domaine, de ses codes de représentations ainsi que l'historique du site.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

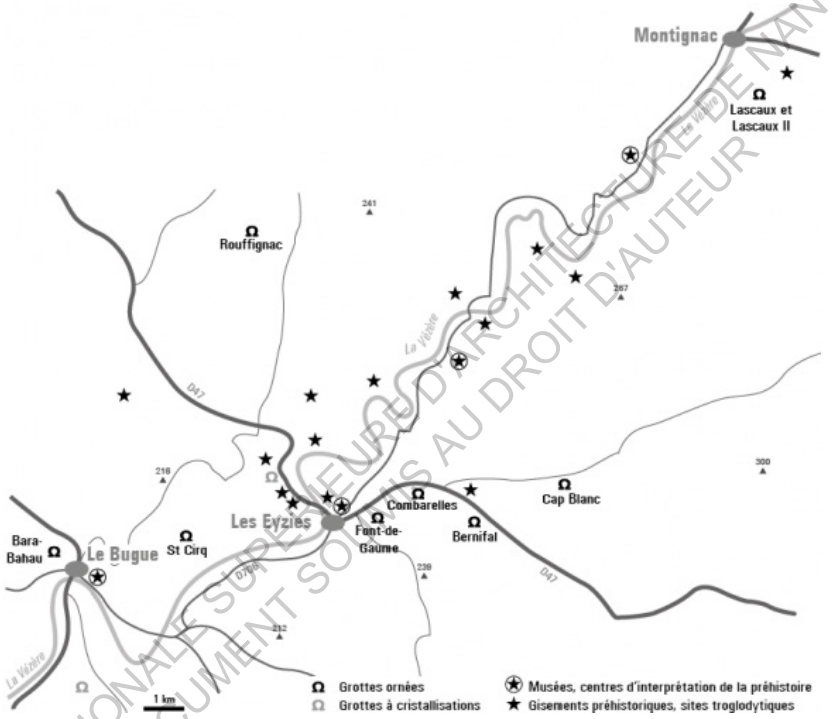
a Localisation

Dans le Périgord en Dordogne se situe la vallée de la Vézère, une vallée nichée entre différentes falaises de calcaires regroupant 25 grottes ornées et 147 gisements paléolithiques. Dans ces nombreux sites, 14 sont classés patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1979. Mais plus récemment, 11,5 hectares sur la vallée de la Vézère ont été classés, et 16 000 inscrits, en vue d'une labellisation et d'une reconnaissance nationale (grands sites) en 2018 puis possiblement par l'UNESCO. ICOMOS dans son classement en 79, reconnaissait les témoins uniques que représentaient les traces archéologiques de ces sites tout comme leur valeur précieuse d'accès à la connaissance et la découverte de nos ancêtres. Leurs contenus sont alors aussi importants sur le plan ethnologique, historique comme anthropologique.

La vallée de la Vézère a été investie très tôt par les hommes : Néandertal et Cro-Magnon y ont probablement cohabité. En période glaciaire, la vallée constituait grâce à son micro climat favorable une zone refuge. Les hommes y trouvaient de nombreux abris naturels creusés dans les falaises calcaires qu'ils s'appropriaient en réalisant, gravures, peintures et divers aménagements.
La sédimentation et les effondrements calcaires au pied des falaises ont recouvert ou fermé naturellement ces sites préhistoriques. Ces dépôts ont favorisé la fossilisation des restes biologiques et la conservation des objets laissés par les chasseurs-cueilleurs ainsi que la préservation de leur peinture.
Depuis 180 ans, la science de l'archéologie se développe et évolue dans la vallée de la Vézère grâce à des recherches et différentes fouilles.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

L'Abri du Poisson est une grotte ornée. Par grotte ornée nous sous-entendons : « *objet complexe dont l'état actuel est le résultat d'une longue histoire géologique et humaine. Elle ne constitue pas un modèle original, mais une succession d'état.* »[1] Comme 24 autres, il a été classé en 1979 par l'UNESCO.



Carte localisant les grottes de la région – Source: De l'invisibilité des géomorphosites à la révélation géopatrimoniale – Vol. 87/3-4 I 2012 Les sites d'intérêt géomorphologique : un patrimoine invisible ?

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

b Historique des précédentes opérations et descriptif

Catherine Cretin ainsi que Lydia V.Zovtica ont procédé à un relevé des traces d'art rupestre que possédait l'intérieur de la grotte. Dans cette opération elles ont bénéficié du soutien d'autres institutions. Dans ces participations on notera le concours de Laurent Lescop, chercheur au Crenau de l'ENSA Nantes et chargé de la cartographie 3D de la grotte, comme représentant de la profession d'architecte. Dans un rapport (Étude techno tracéologique) récemment rédigé elles référencent point à point les différents éléments qui constitue l'intérieur en des termes propres à l'archéologie.
Deux opérations ont eu lieu sur le site : un relevé de l'art rupestre et un relevé de la topographie extérieure. Mon intervention s'est alors située, dans le prolongement des travaux déjà entrepris par Laurent Lescop et Catherine Cretin, à la suite de récents relevés de coordonné géographique.

La grotte du Poisson n'est pas seulement considérée que comme site orné d'art pariétal, mais également comme habitat. À ces titres, il renferme une connaissance historique sur les modes d'habité de l'époque actuellement en étude grâce aux dernières techniques. En effet les dernières recherches sont anciennes, le travail de Catherine Cretin (et de tous les autres)se base partiellement sur ces travaux du

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

début/milieu du siècle. Dans les recherches, le modèle 3D et les documents découlant de ce type de relevé apparaissent importantes. Les missions propres à cette étude furent :

- Établir une étude techno tracéologique des aspérités et traces du plafond
- Nouveau relevé et inventaire précis de chaque trace
- Relevé des parois de la grotte et de sa conservation (géomorphologie, altérations)

L'utilisation de la photographie et plus précisément de la photogrammétrie prend son sens, car ce médium permet de se détacher de l'objet à analyser et ainsi, de ne pas altérer sa surface. En archéologie, selon le rapport de Catherine Cretin, les applications sont récentes pour l'art pariétal (2008, 2010, 2012). Ici l'objectif est d'aider à établir une volumétrie mesurable, voire des reconstitutions des blocs effondrés, puis aider l'étude techno tracéologique. Jusque-là, en restant dans le cas de l'Abri du Poisson dont nous possédons l'historiaue des précédentes découvertes, les fouilles manuelles et les différents déblais qui en sont ressortis ont pu altérer les parois.

Les chercheurs travaillant sur l'opération actuelle se basent sur de précédentes enquêtes et cartographie sur le terrain et les environs proches (Lartet à proximité).
Des relevés manuels, des esquisses et des textes alimentent leurs travaux, des travaux qui eux même reposent parfois sur les travaux de leurs prédécesseurs.[1]

- 1865-1875 Lartet et Christie
- 1892, Dr Paul Girod
- 1932 D Peyrony: La première évocation du lieu date de 1912
- 2017 Catherine Cretin et Lidia V.Zotkiva

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1 L'abri du Poisson : Une vision d'archive à partir du fonds d'archives publiques de D. Peyrony
Elena Man-Estier – Service régional de l'Archéologie – DRAC Bretagne – UMR 6566 CReAAH (Université Rennes 1)

ÉCOLE NA
TRE DE NANTES

Faute de photographie originales des fouilles du poisson cette photographie des fouilles en 1911 de l'abri de Cap Blanc (abri-sous-roche préhistorique) situé aux Eyzies de Tayac illustre comment les fouilles etaient menées

L'abri du Cap Blanc est Patrimoine mondial par l'Unesco depuis 1979 au sein des sites préhistoriques et grottes ornées de la vallée de la Vézère — Source : Wikipedia

Fouilles en 1908 de la Ferrassie qui illustre les equipes d'archéologies de l'époque

Fouilles du professeur MacCurdy à l'abri des Merveilles en 1926 avec René (petit garçon à gauche du professeur MacCurdy) et Marcel Castanet

ECOLE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE LA VILLE ET DES TERRITOIRES
DOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Descriptif de l'Abri

Le long d'une route, près de la commune des Eyzies-de-Tayac, une falaise calcaire, imposante par sa hauteur s'interrompt pour former une vallée (Gorge d'Enfer) dans lequel se situe le site. La vallée est dominée par la végétation et le chemin est assez escarpé pour arriver jusqu'à la grotte sur le flanc gauche. La grotte du Poisson n'est pas le "seul'' site, en effet il est poursuivi par une cavité, l'abri Lartet. D'autres cavités, plus éloignées, sont présentes dans la vallée. L'abri est relativement étroit [8mx7m], son fond de parois est en demi-cercle. Le plafond de la grotte est a 2,5 m de hauteur et est ‹‹sensiblement subhorizontal ».

Dans son rapport [2], et d'après les précédents relevés, le visage de la gorge d'enfer et des abords de la grotte auraient changé de manière importante. Certains relevés et schéma illustré paraissent même incohérents selon elle, au vu de la forme actuelle de l'environnement. Dans son rapport, elle résume en des termes propres à l'archéologie [Synthèse géologique, réflexion sur l'évolution géomorphologique] ses conclusions quand à la datation de la grotte et de la vallée en général, au vu des différents constats et d'observation de strates, faits depuis les premières missions archéologiques de la gorge d'Enfer.

‹‹*En dehors du fameux poisson, de nombreuses figurations fragmentaires, gravées ou peintes sont présentes. Leur lecture est très souvent problématique en raison de leur caractère fragmentaire ou altéré. Il faut aussi garder à l'esprit que le plafond était recouvert ''d'une importante couche de lichen et qu'il a été lavé à grande eau avec une brosse* [3]»

La grotte se compose d'après le rapport de C.Cretin de :

- Une gravure de poisson – Saumon bécarre (qui a fait l'objet d'une tentative de découpage). (fig 1)

2 Cretin, C., & V.zotkiva, L. (2017). Etude techno-tracéologique de l'abri du poisson (Opération archéologique n 027232). Récupéré sur aucun

3 Peyroni, D. (1932). Les abris Lartet et du poisson à Gorge d'Enfer.

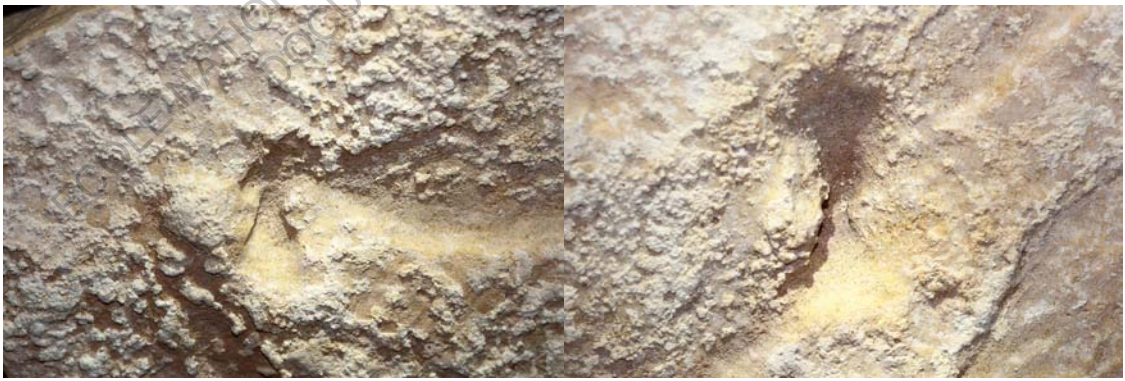
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(Fig 1) Gravure de poisson – Credit photo: C.Cretin

- Des anneaux cassés, déjà référencés partiellement par Peyrony [identification de deux anneaux au niveau du poisson].(fig 2)D'autres [1983] sont répertoriés par la suite. C.Crétin en fera un inventaire, avec L.V.Zovtica
- Le grand bloc orné effondré (fig 3): une grande dalle de 1,6m par 1,2m qui se situé près de la paroi. Sa proximité fait que son étude globale [numérisation] est difficile
- D'autres blocs avec plusieurs inscriptions, mais qui faute d'inventaire, sont difficiles à identifier. Plusieurs blocs présents dans un angle de la grotte conviendraient partiellement aux descriptions de D.Peyrony d'après Catherine Cretin. (fig 4)
- Fragments de voutes : ils ont été trouvés par D. Peyrony, permettant de dater notamment la décoration de l'abri des gravures intelligibles au plafond
- Extrait de gravures profondes ou superficielles
- Une main noire négative identifiable [Christian Archambault 1975 et Alain Rousseau] + plusieurs taches de peinture rouge et noire: des filtres de couleurs permettent de voir plus en détails ces traces (fig 5)

« En dehors du fameux poisson, de nombreuses figurations fragmentaires, gravées ou peintes sont présentes. Leur lecture est très souvent problématique en raison de leur caractère fragmentaire ou altier. Il faut aussi garder a l'esprit que le plafond était recouvert ''d'une importante couche de lichen et qu'il a été lave à grande eau avec une brosse » Peyrony 1932, p263

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DEPOT DE LA BIBLIOTHEQUE



(Fig 2) Anneaux 13 et Anneaux 12 – Photo: C.Cretin

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE
DOCUMENT SOUMIS

(Fig 3) Bloc effondré et gravures apaprantes sur sa surface

(Fig 4)photo de blos avec gravures – Crédit photo: C.Cretin

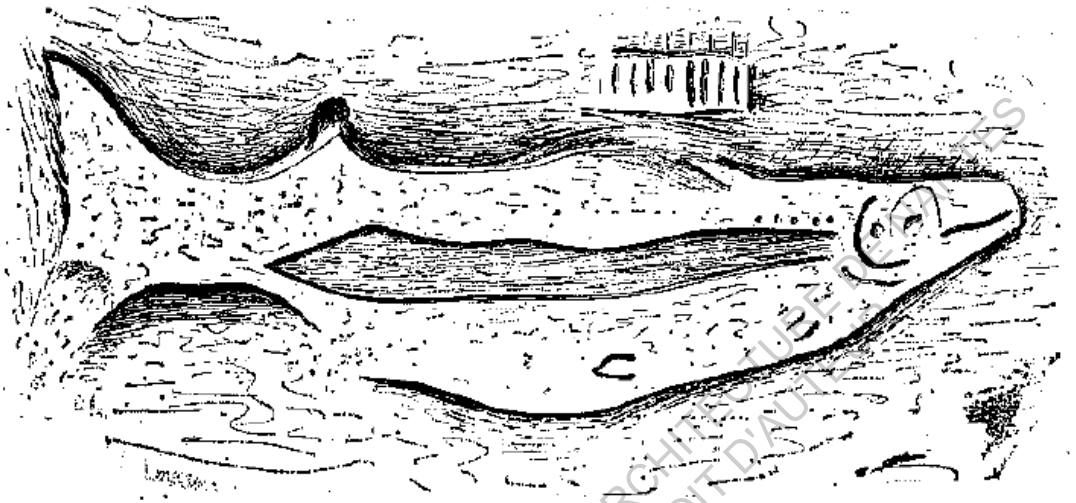
(Fig 5)photo du plafond: Trace de peinture noir et rouge – Crédit photo: C.Cretin

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANCY
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

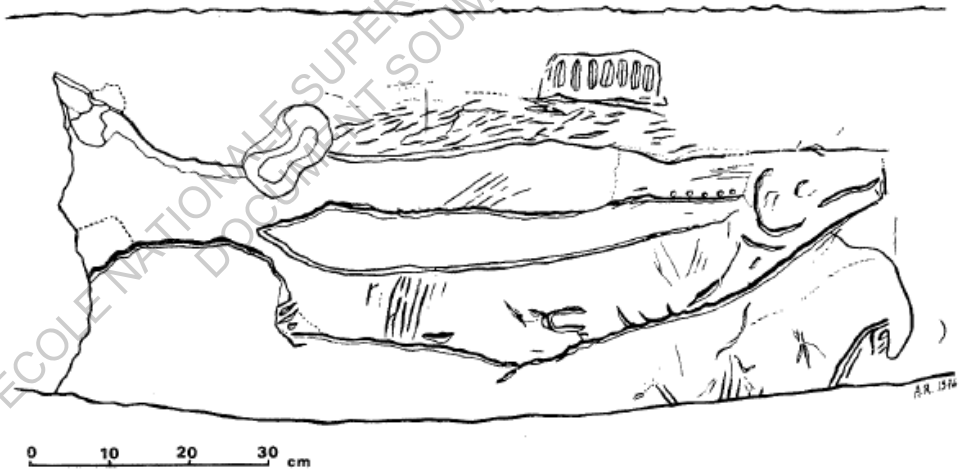
Les relevés archéologiques : Du manuel au numérique : les exemples de l'Abri du Poisson

Ici, suite au paragraphe sur les relevés archéologiques manuels et numériques, voici les principaux documents édités depuis la découverte de l'Abri du Poisson :
A noter que ces documents n'illustrent pas la totalité des relevés archéologiques et leurs méthodes mais sont une illustration de ce qui se faisait à l'époque. Par moment aucune annotation de longueur, d'épaisseur ou de largeur ne figure, tout comme la notion d'échelle. Il semblerait d'ailleurs que plusieurs codes de représentation existent en archéologie mais que aucun ne fait figure de référence pour « décrypter » des documents. De ce fait certains relevés possèdent une dimension artistique forte, à mi-chemin entre le relevé scientifique et l'interprétation artistique.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

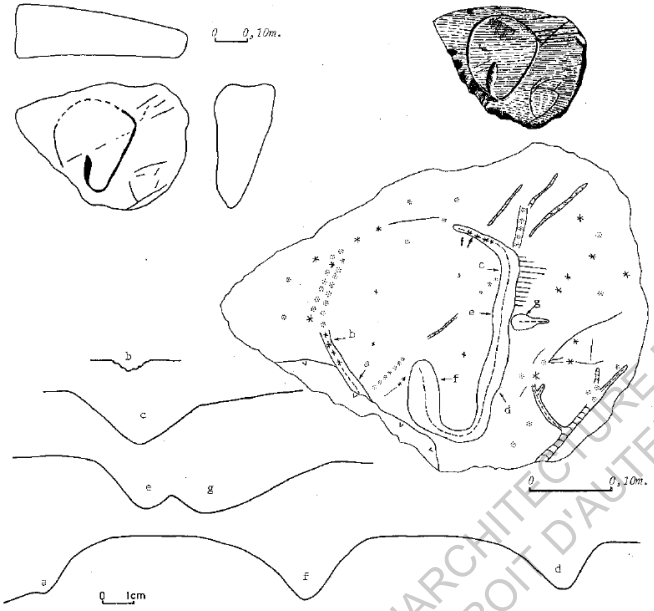


(fig 1) Saumon gravé sur le plafond – Breuil St Perier 1927 archive IPH

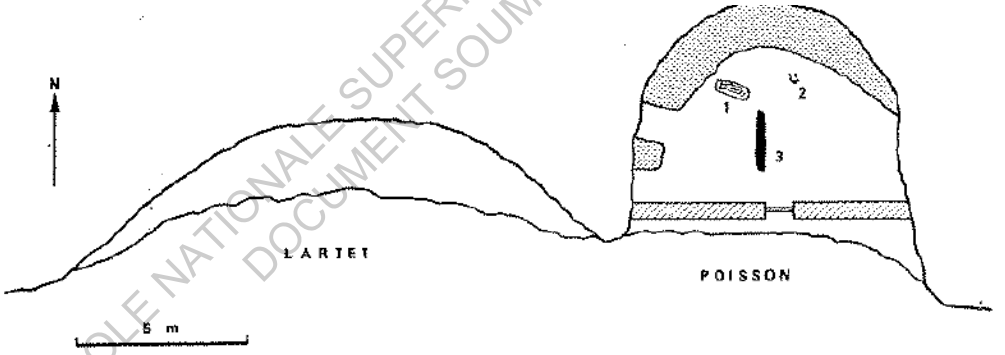


(fig 2) Saumon sculpté de l'Abri du Poisson avec repère d'échelle – C'est un déchiffrement fait à partir d'angles et d'éclairages multiples

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE PARIS-MALAQUAIS
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

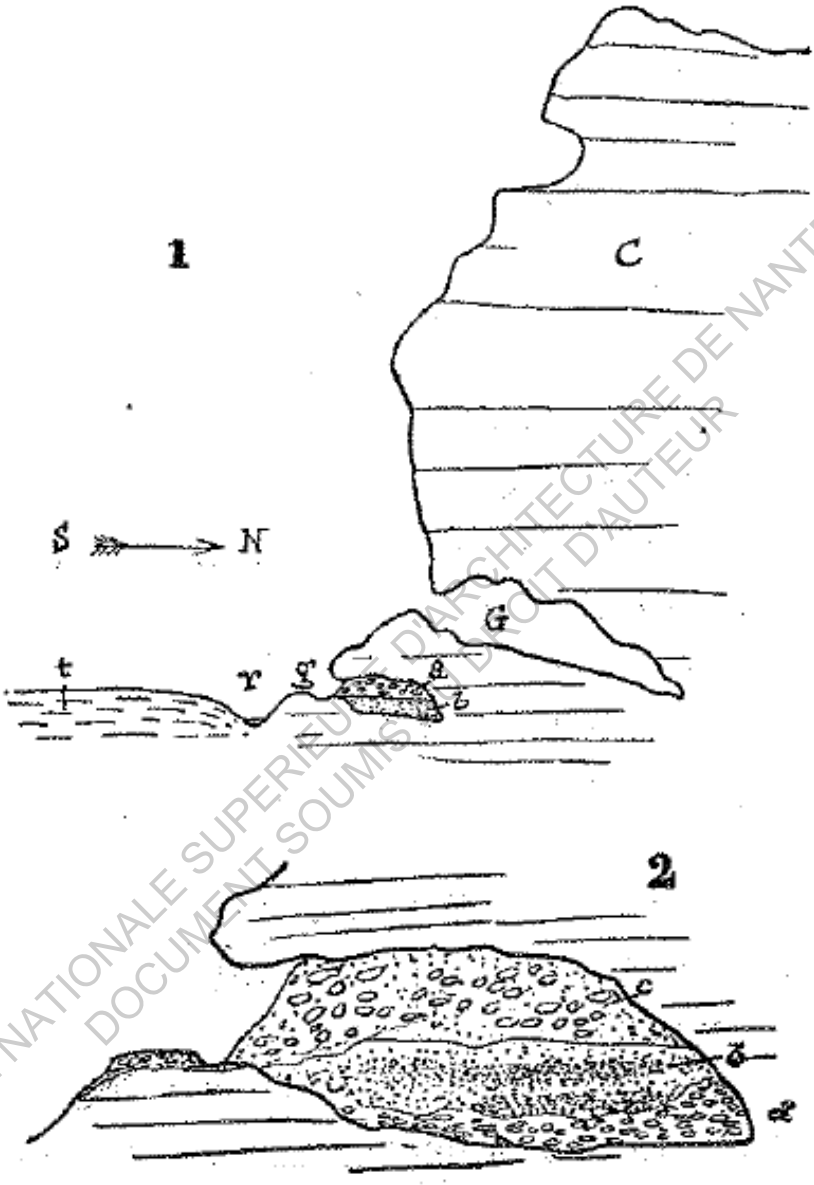


(fig 3) Abri du poisson bloc 1 – relevé et relevé shématique coupe de traits, relevé de D.Peyrony



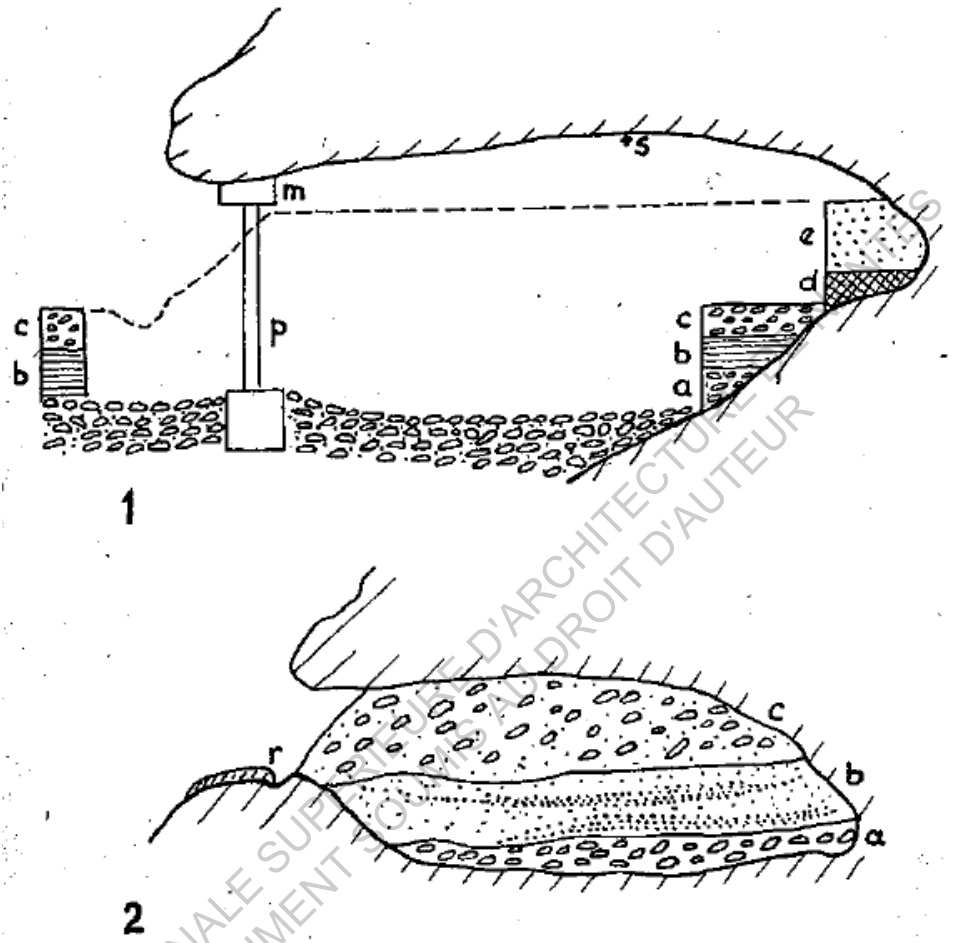
(fig 4) Plan de l'Abri du Poisson
Extrait de GIROD 1906 Stations poisson

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 5) Coupe de la station de la Gorge d'Enfer – Profil de l'ensemble stratigraphique – Extrait de GIROD 1906 Stations poisson



ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 6) Coupe de l'Abri du Poisson faite par D. Peyrony en 1932. Elle illustre la stratigraphie du site - Plus tard dans la partie 2 du mémoire, la coupe stratigraphique faite par autocad reprendra les éléments de ce travail.

a Déroulement de la dernière opération et matériel utilisé

La dernière opération sur le terrain s'est déroulée officiellement en deux temps majeurs et un troisième afin de visiter la grotte, faire des comparatifs visuels avec les documents et acquérir de nouvelles données photos.[1]

- Relevé topographique 10 et 11 octobre 2017 :

Une acquisition photo et de repères géoréférences le long de l'escarpement : réalisé par X.Muth. Un rendu tridimensionnel en est ressorti ce qui a permis de réaliser des orthophotos. Le terrain étant végétalisé, l'acquisition photo fut longue

- Relevé d'art rupestre 2017:

Un référencement minutieux de l'intérieur de la grotte fait par C.Cretin

- Déplacement sur site en décembre 2017 :

Relevé visuel des anneaux par C.Cretin – acquisition photos de l'extérieur et d'une partie de la grotte par Camille Medjkouh Boulain

L'enquête sur le terrain s'est accompagnée par la suite de :

- stratigraphie et étude de la nature de l'encaissement de la grotte. Pour cela un relevé précis a été fait pour identifier des éléments caractéristiques de certaines « couches » (fer, calcaires, etc). Le

1 Étude techno-tracéologique de l'abri du Poisson – Opération de relevé d'art rupestre – 1ère année Cretin Catherin eet Lydia V. Zotkina

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS À LA DROIT D'AUTEUR

modèle 3D a permis d'observer numériquement les desquamations et effondrements qui se sont faits au fur et à mesure. Le modèle 3D permet alors d'avoir une trace de sa morphologie exacte à un moment T.

- analyse tracéologique et étude technologique de la figure du poisson (Etudes des techniques, outils, aspect et gestes utilisés pour faire les gravures, anneaux et peintures). Ses études s'appuient sur des traitements colorométriques de photos, des orthophotos, des traitements Dstretch
-

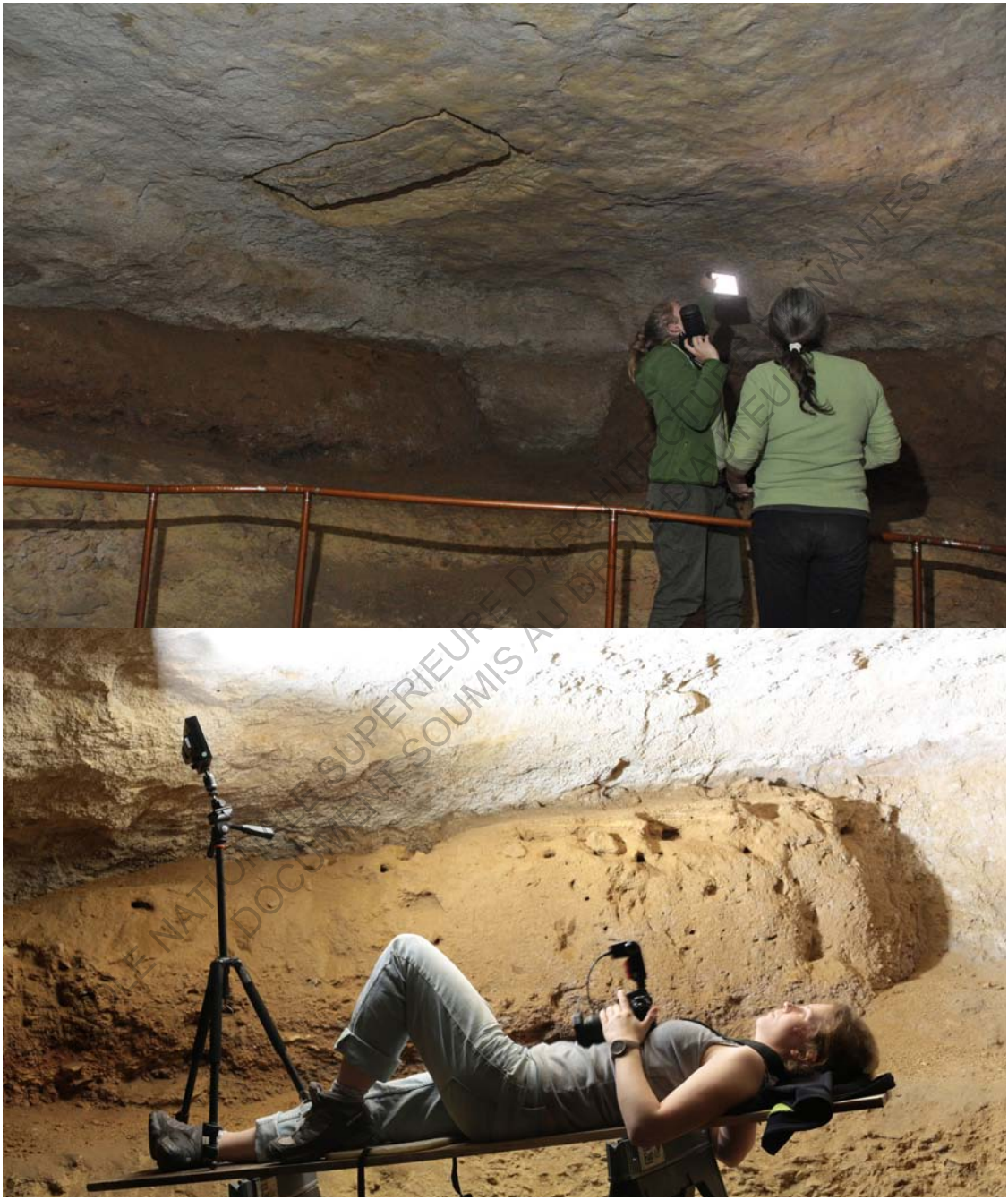
Selon le rapport l'opération a permit de révéler de nouvelle figures: Une gravure de cheva au plafond et d'autres sur les blocs. Mais aussi d'indentifier plus en détail les techniques de gravures du poissons et les tâches d'ocres. C.Cretin dans son rapport s'interroge sur la complémentarité de la grotte de Lartet et de celle du poisson, il parait alors cohérent d'établir un modèle reconstituant l'ensemble, des orthophotos, qui lui permettront possiblement d'établir un lien entre les deux.

Matériel utilisé

L'acquisition nécéssite un éclairage adapté au vu de la configuration des lieus. Les prises de vues ont été réalisé avec:

- un Nikon 750D (capteur 35,9x24mm, résolution 24,93 million de pixels) avec un objectif AF-S micro NIKKOR 60mm f/2.8G et d'un flash annulaire.
- macrophotographie faite avec: Boitier CANON 1000D 22x15mm avec objectif EF-S 60mm f/2.8 MACRO usm
- éclairage LED aurora max 5600

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



Photographie de l'opération d'acquisition photo – C.Cretin et L. V. Zotkina
sur la photo – Crédit : C.Cretin

b Réutilisation de donnée

Mon projet de 3D et les travaux de colorométrie réalisés se basent sur la cartographie 3D et les travaux :

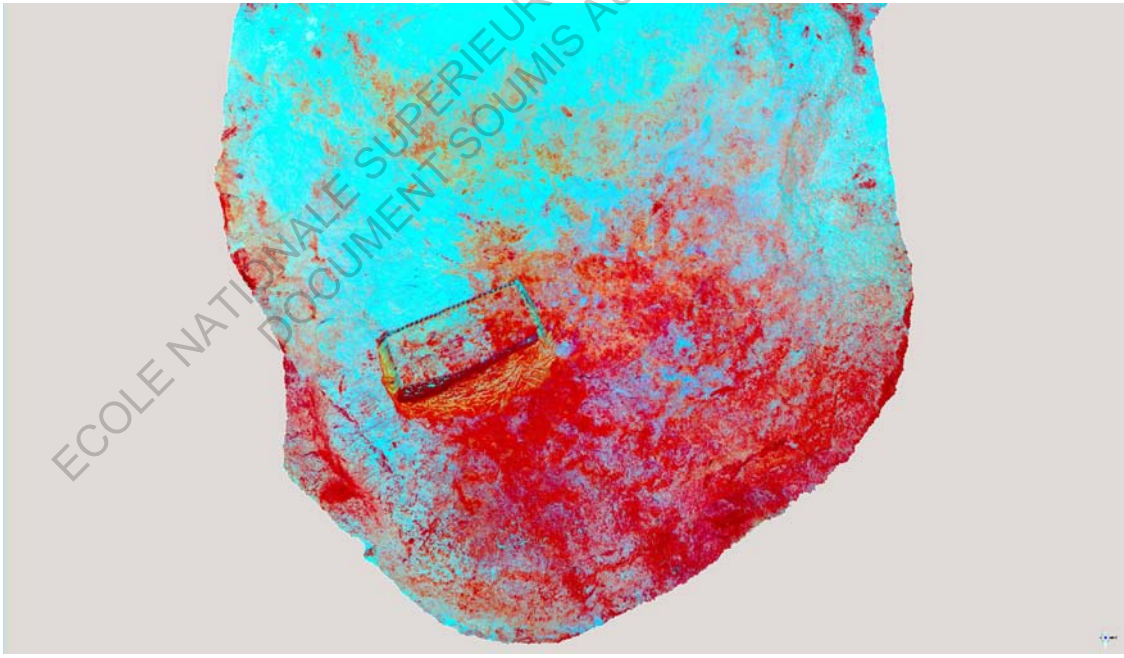
Laurent Lescop:
- Une photomodélisation de l'intérieur (fig 1)
- Une orthophoto du plafond + traitement Dstrech (fig 2)
- Photos de la 3D du poisson

Catherine Cretin:
- Un jeu de différentes photos, faites pendant une même session, mais avec des éclairages et des méthodes qui varient.

Xavier Muth:
- Coordonnées géoréférencées
- Photos extérieures

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 1) Orthophotographie du plafond et orthophotographie. Crédit: L.Lescop



(fig 2) Orthophotographie du plafond et orthophotographie avec Dstrectch:
Crédit: L. Lescop

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 3) Modele de cartographie 3D de l'abri du poisson. Crédit: L.Lescop

(fig 4) Une des principales irrégularité du modele de cartographie 3D de Crédit :L.Lescop

ÉCOLE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DROIT D'AUTEUR

a Traitement de photos par numérique

Traitement d'une photographie du plafond et traitée par :

- contraste
- sélection automatique des couleurs par Photoshop

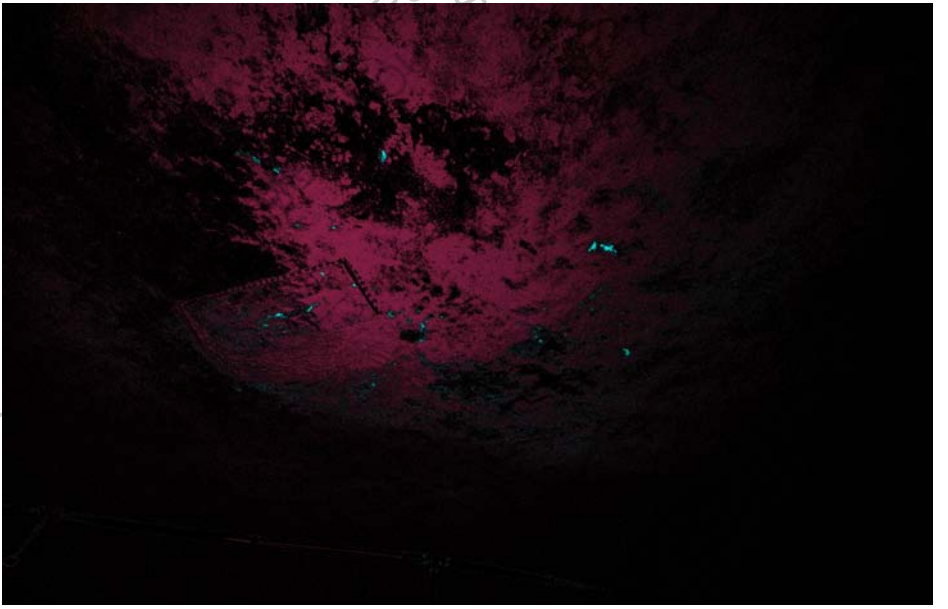
Ils permettent de révéler les traces de couleur rouge et les noirs de(s) mains, respectivement issus de peinture au fer ou au charbon.
Elles sont à mettre en comparaison avec le traitement de l'orthophotographie traité par Photoshop et Dstretch:
« DStretch peut faire ressortir de faibles pictogrammes invisibles à l'oeil nu. Cela fonctionne sur les images d'appareils photos numériques. Aucun filtre spécial ou éclairage n'est nécessaire. Stretch utilise l'étirement de décorrélation. C'est une technique d'amélioration d'image d'abord utilisée sur des photos aériennes. "[1]
Traduction de l'anglais : Camille Medjkoun Boulain

1 Harman, J. (s.d.). Rock Art Digital Enhancement. Récupéré de http://www.dstretch.com

Image sans traitement – Photo : Catherine Cretin

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Image contrastée par photoshop. Photo: C Cretin – Traitement couleur Camille Medjkouh Boulain



Isolation du pigment rouge apparaissant en turquoise: Photo: C Cretin – Traitement couleur: Camille Medjkouh Boulain

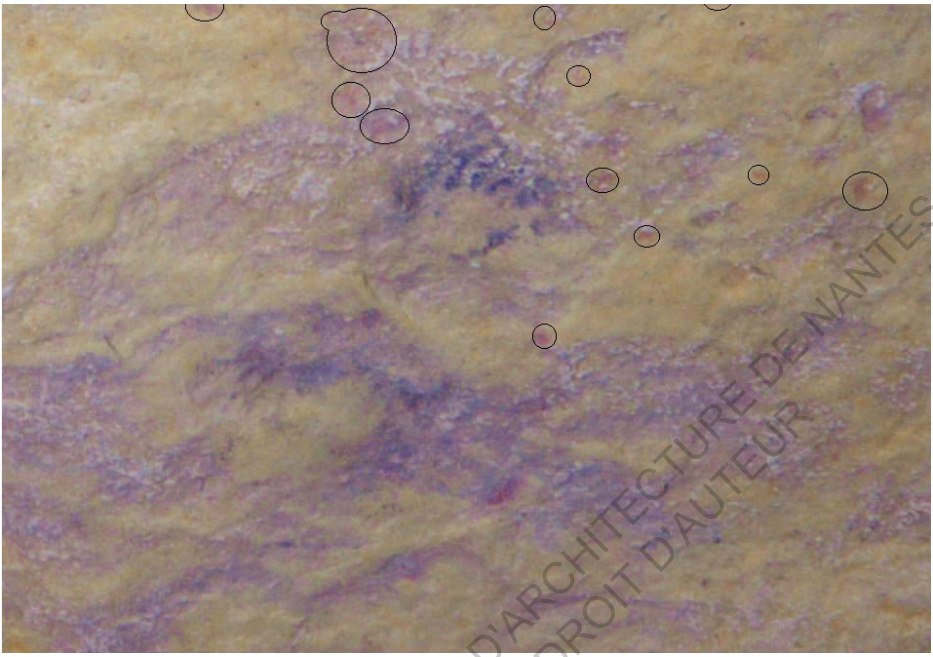


Image sans traitement – Photo : Catherine Cretin

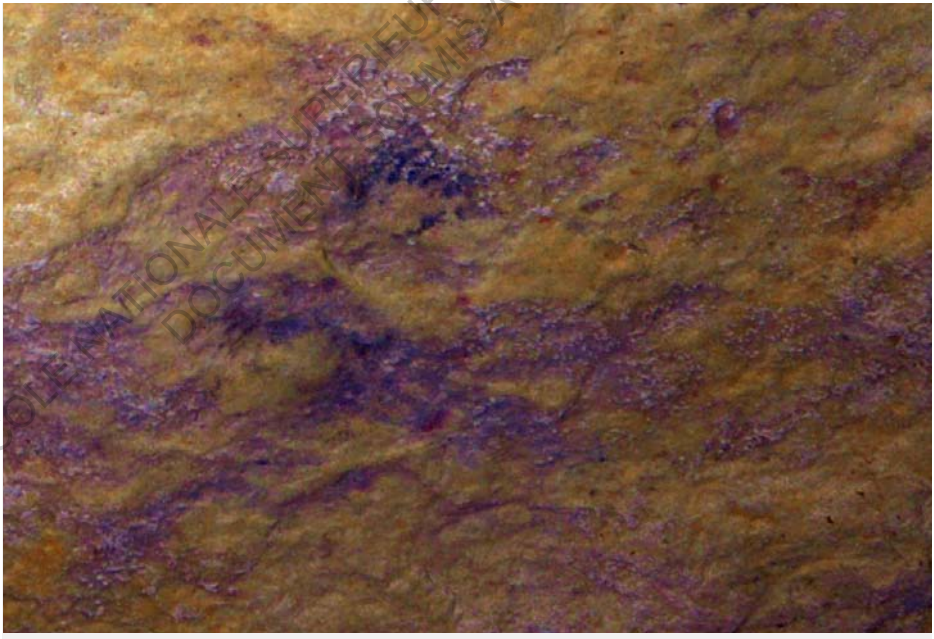


Photo: C.Cretin - Image contrastée par photoshop: Camille Medjkouh Boulain

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Photo: C.Cretin – Traces de peinture potentielle ayant servi pour les mains: Camille Medjkouh Boulain

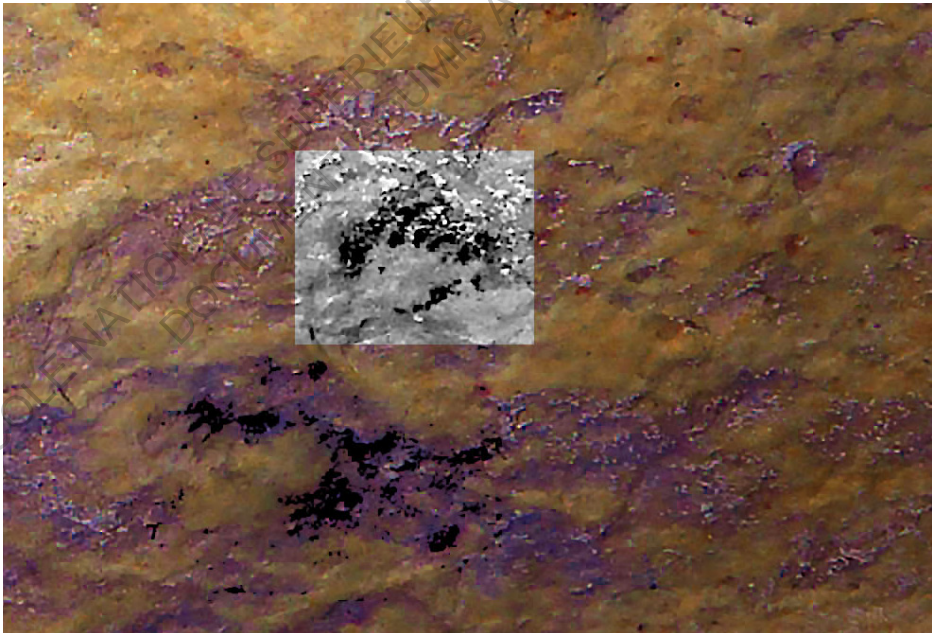
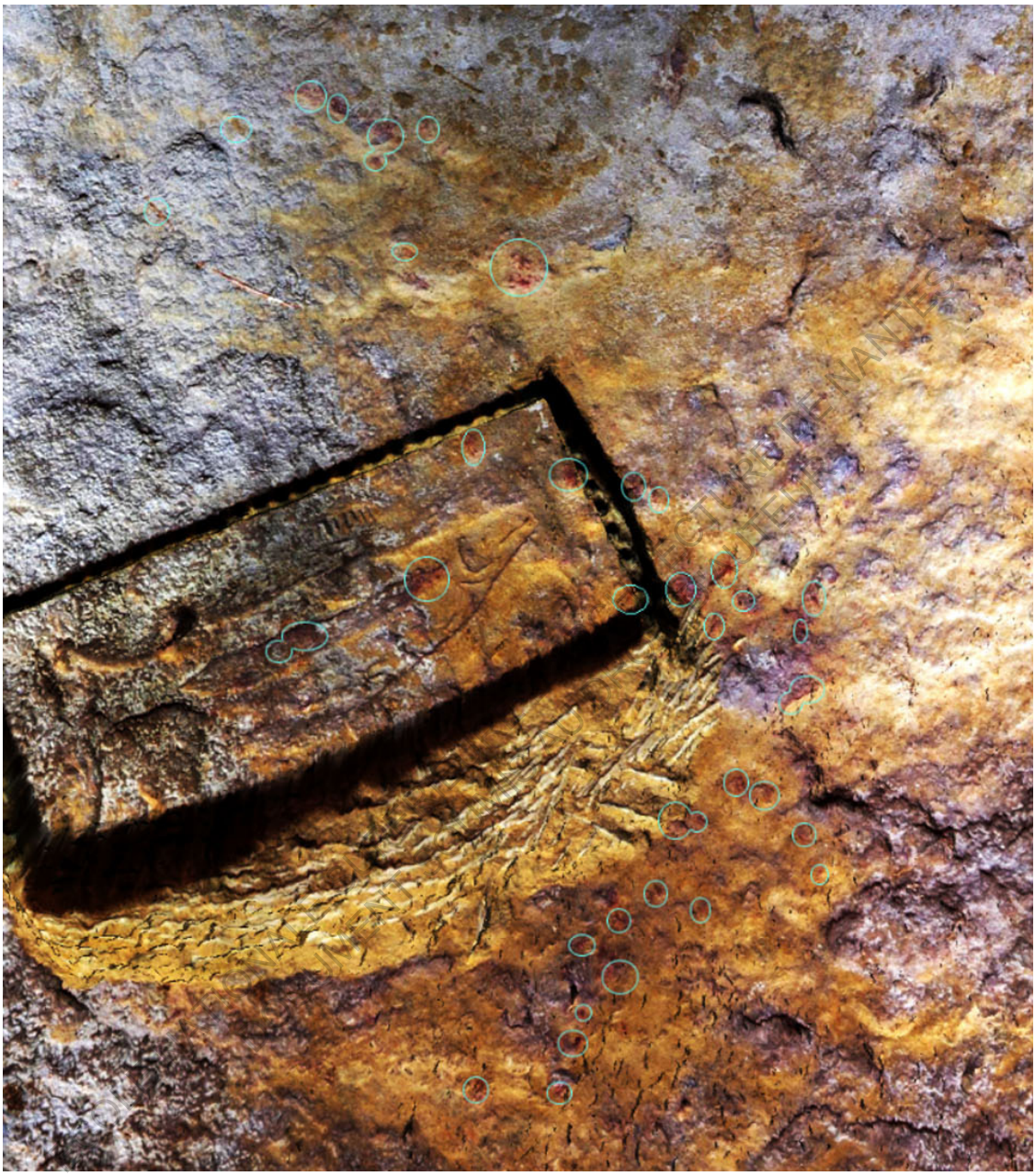
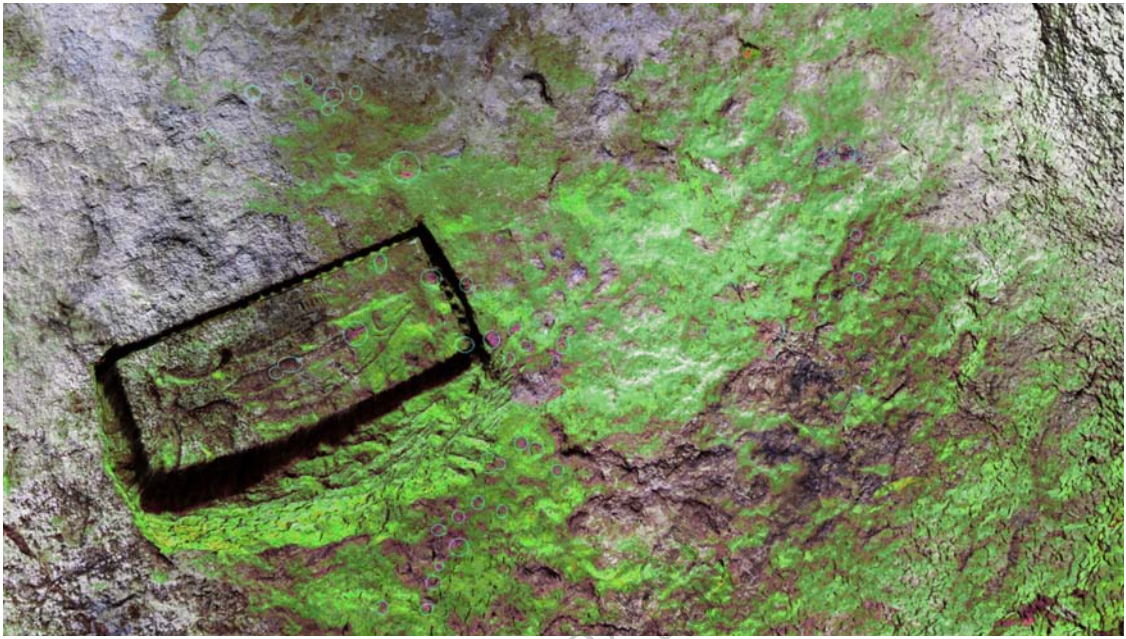


Photo: C.Cretin – Sélection de la couleur plus sombre par Photoshop: Camille Medjkouh Boulain

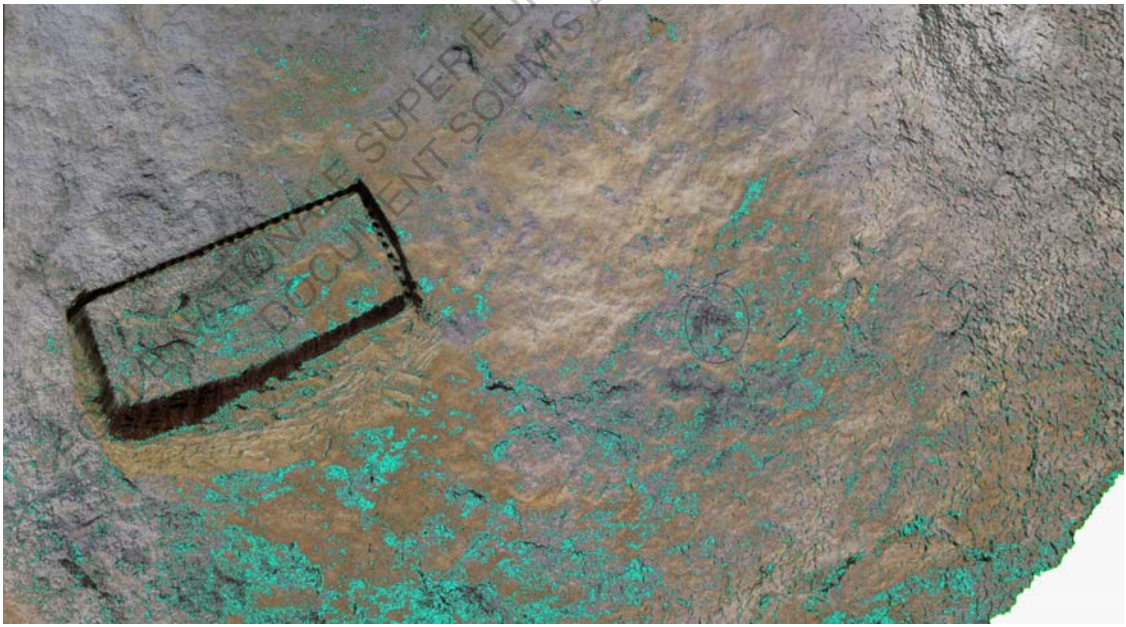
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT PROTEGE PAR LE DROIT D'AUTEUR



Gravure du poisson et environs proches – Othophoto: L.Lescop – Traitement photoshop
de mise en valeur des traces rouges et contraste: Camille Medjkouh Boulain



Gravure du poisson et environ proche – Othophoto: L.Lescop – Traitement photoshop de mise en valeur des traces rouge Camille Medjkouh Boulain



Orthophoto: L.Lescop – Selection des pixels comportant des tendances de rouge: Camille Medjkouh Boulain

REPRODUCTION INTERDITE SUPERIEURE DU DOCUMENT SOUMIS AU DR

Gravure du poisson- Image: L.Lescop - Traitement photoshop de mise en valeur des traces rouges: Camille Medjkouh Boulain

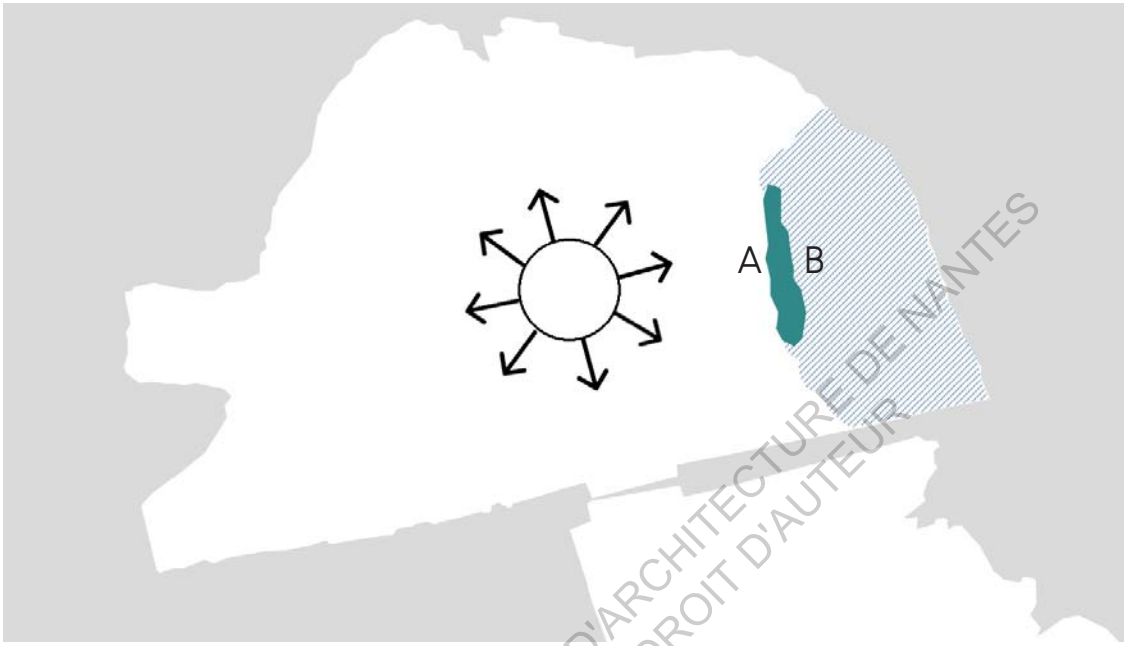
ECOLE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

b Création d'une photomodélisation et géoréférencement

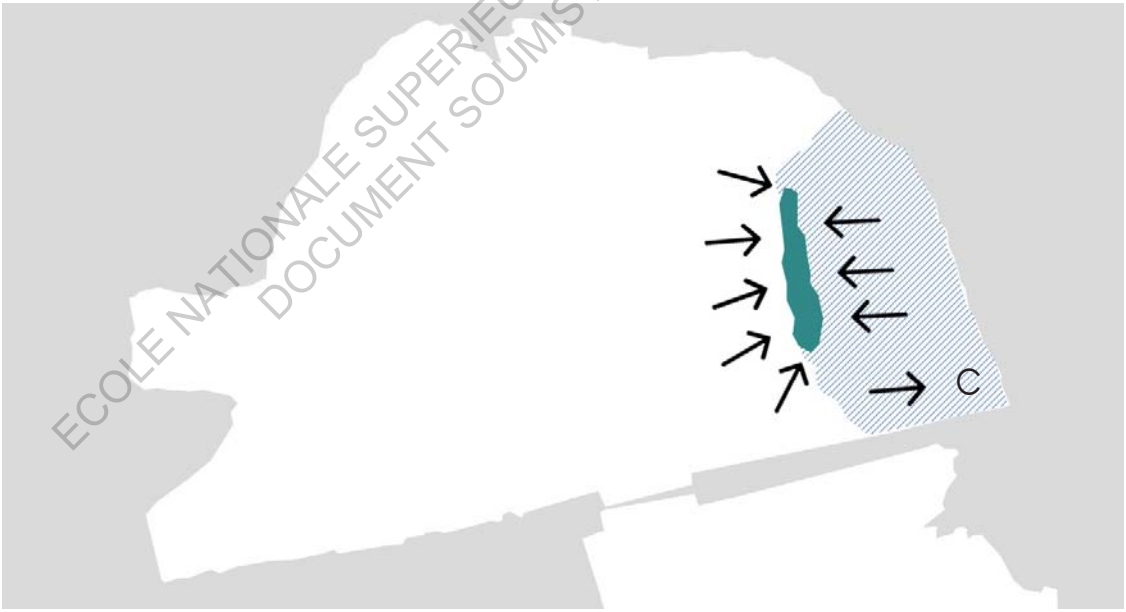
La création de la photomodélisation s'est faite en plusieurs étapes et plusieurs morceaux. En effet la modélisation étant lourde, il était nécessaire de faire les calculs partie par partie (chun) puis de les assembler ensemble. Mais le challenge résidait surtout dans la configuration du lieu : un abri sous rocher avec des parois non linéaires, à ne pas toucher et un pan de plafond effondré, rendant le placement du photographe complexe.
De ce fait, l'abri ne permettait pas de faire une acquisition avec une méthodologie unique en une seule fois.

La modélisation de Laurent Lescop était alors partiellement complète, car le recouvrement des photos de la première acquisition faite par C. Cretin ne permettait pas de capturer l'angle, le fond de paroi et la face arrière du bloc effondré.
En effet ce bloc, proche des parois, ne permet pas d'avoir assez de recul pour avoir un recouvrement que ce soit en largeur (proche paroi) ou en hauteur (plafond) (fig 1). On peut voir en bleu le rocher d'environ 1m de hauteur, barrant la vue de l'angle inférieur droit et le fond de l'abri.
L'acquisition de la face avant, arrière et de l'angle s'est faite au coup par coup. Encore une fois la configuration des lieux ne permettait pas de « circuler » librement autour et d'avoir par la suite dans le logiciel un recouvrement total des photos (fig 2). J'ai fait une acquisition de l'angle (C) manquant, afin de compléter le jeu de photo de C. Cretin.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



(fig 1) Schéma de la méthode d'acquisition photo de la grotte de l'abri du poisson



(fig 2) Schéma de la méthode d'acquisition photo de la grotte de l'abri du poisson

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

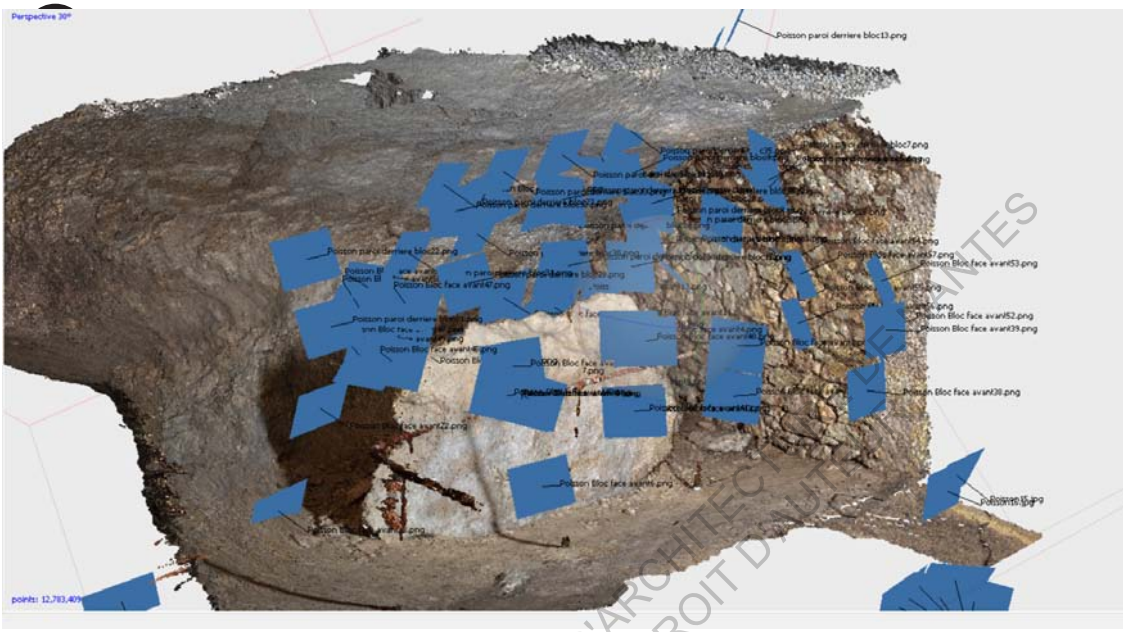
Il a fallu assembler :

1. Le modèle de grotte de L. Lescop (fig 3)
2. une face avant A avec le fond de paroi et l'angle (fig 4) (fig 5)
3. une face arrière B (fig 6).

Un problème se pose alors : il y a différents jeux de photos sans recouvrement entre certaines photos et avec des luminosités changeantes. De ce fait, la reconstitution de l'ensemble de la modélisation, notamment au niveau de la texture ou de l'exactitude du rocher est à prendre de manière relative. Pour exemple, on voit bien, sûr la (fig 4) que les différents jeux de photos alignées sont disparates. Certaines photos ne trouvent d'ailleurs pas de corrélation lors de l'alignement par Agisoft photoscan. Les jeux de photos alignées permettent de capturer le fond de paroi, l'angle, la face avant et tout le contexte environnant proche (fig 5).
Ces acquisitions vont à l'encontre des principes et méthodes les plus effectives en matière de photogrammétrie.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 3) Modèle de cartographie 3D de l'abri du poisson:L.Lescop

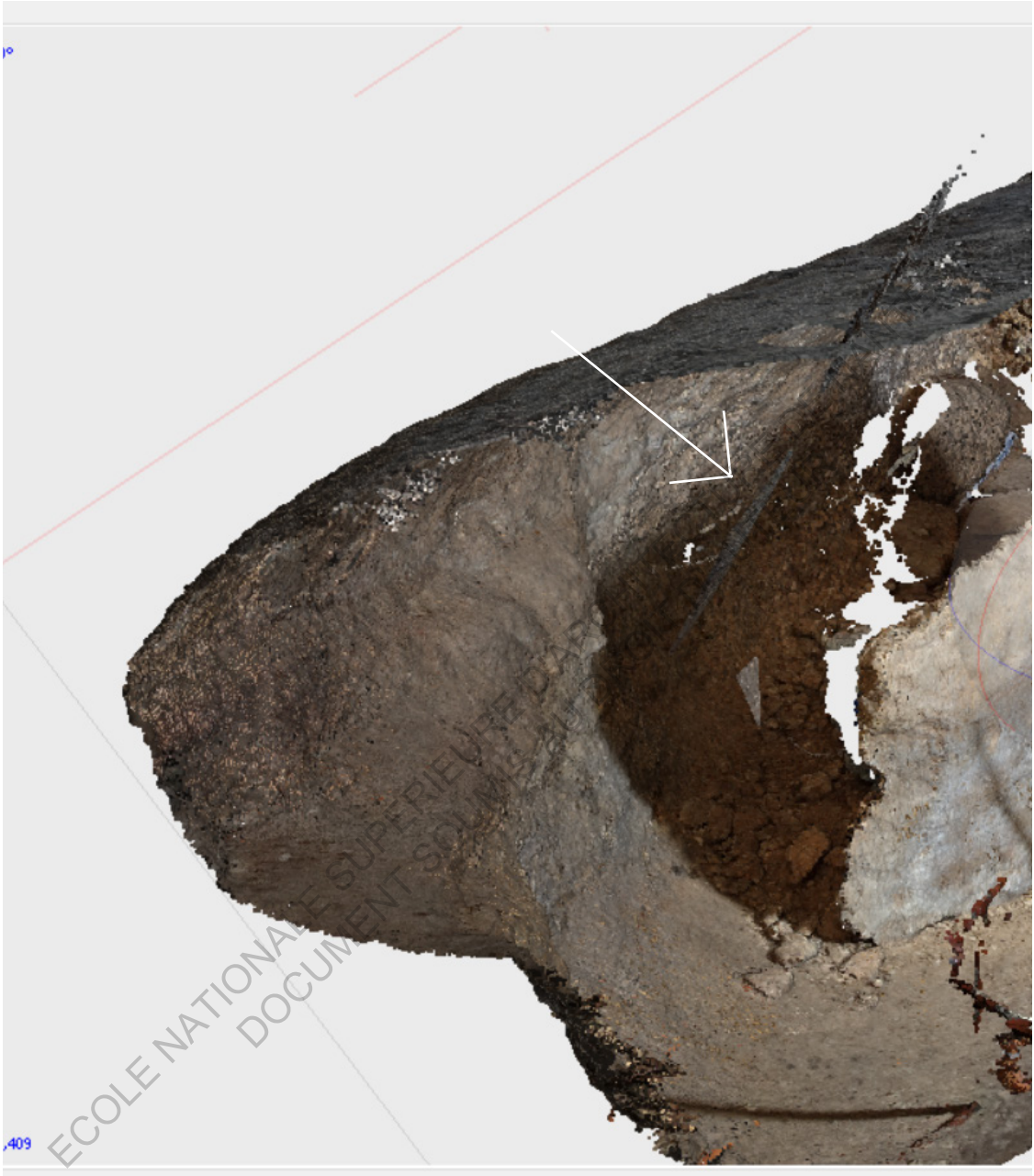


(fig 4) Nuage de point de la face avant, la paroi, l'angle – caméras utilisées pour sa reconstruction

Cependant pour des questions matérielles (transport des éclairages, temps, éloignement géographique), il était compliqué pour moi et Catherine Cretin de faire une nouvelle acquisition avant la soumission du mémoire. De plus il est incertain de savoir si cette nouvelle acquisition donnerait des résultats aussi probants que ceux obtenus actuellement.

On voit sur la (fig 5) qu'un pan de reconstruction semble couper en diagonale la modélisation. Ce sont des inexactitudes dues au fait de l'alignement hasardeux de certaines photos. En blanc (fig 6) figurent quelques trous, dus à l'absence encore de face arrière et au manque de recouvrement photographique.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE LYON
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR


ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ART
DOCUMENT SOUMIS AUX

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 5) Nuage de points de la face avant, paroie arrière, angle et environnement proche

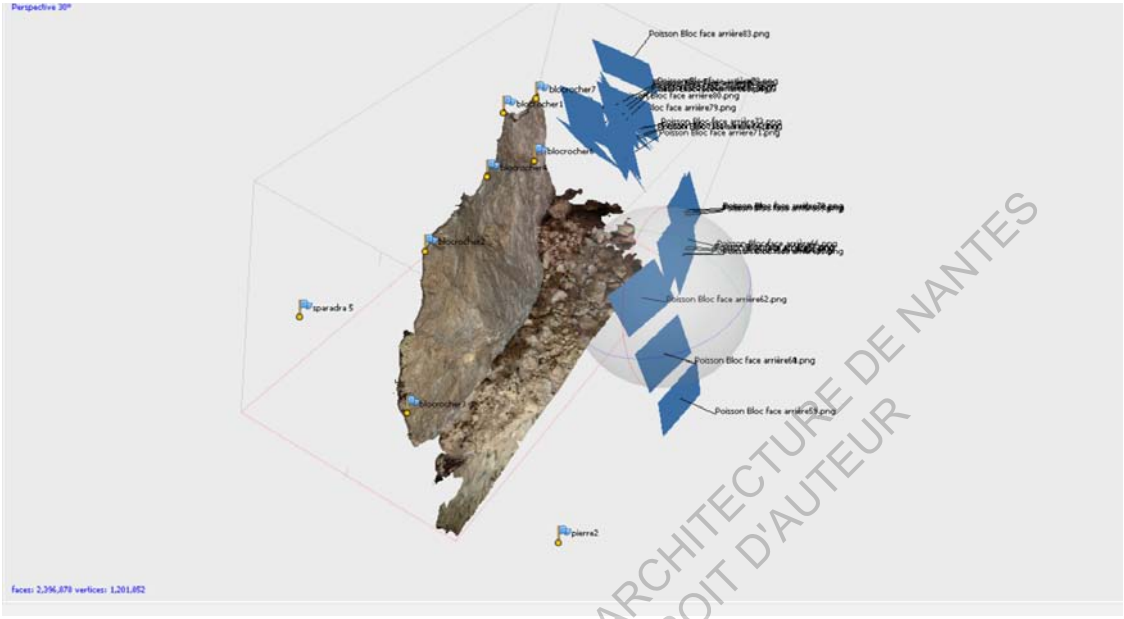
(fig 6) Nuage de point de l'angle et trou dans la reconstruction – Camille Medjkouh Boulain

Il a fallu alors penser en amont aux méthodes pour « merger » ces chunks (Traitement -> Rassembler les morceaux). Pour cela il faut tout d'abord aligner ces morceaux (traitement -> aligner les morceaux). Plusieurs options sont alors disponibles (fig 8) :

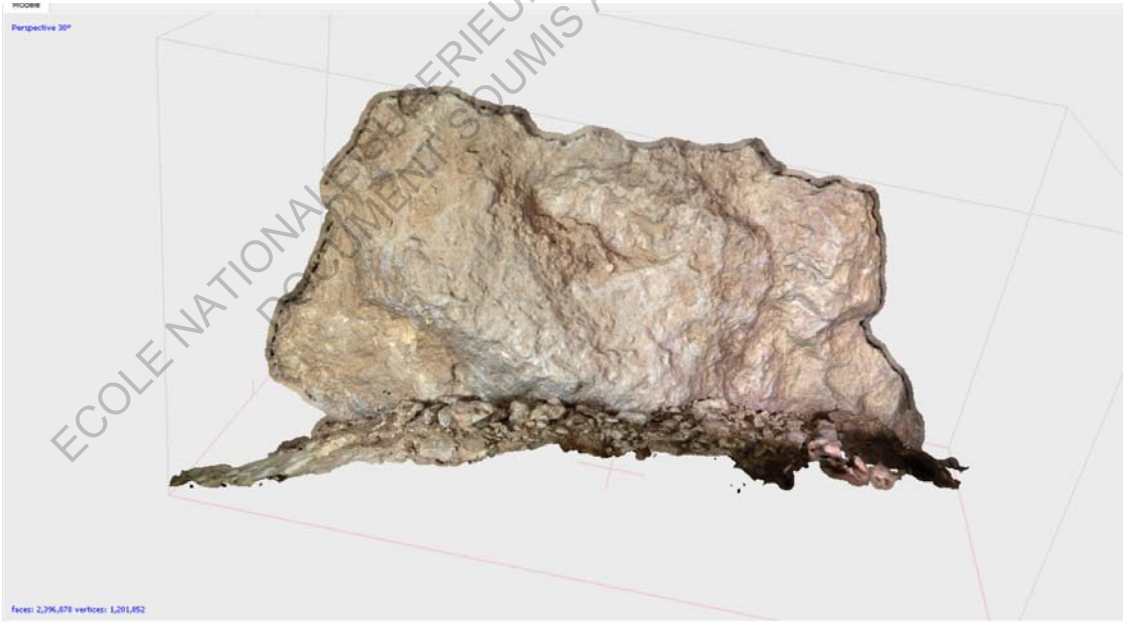
- Aligner les morceaux en se basant sur les points
- Aligner les morceaux en se basant sur les repères
- Aligner les morceaux en se basant sur les caméras

Deux des méthodes ont été utilisées (alignement se basant sur les points et alignement sur les repères). L'alignement sur les points ou sur les caméras sont faciles si les modèles possèdent soit des portions de nuages de points en commun ou soit des caméras en commun. L'alignement sur les repères fait appel au géoréférencement, plus complexe lorsque l'usager n'est pas familier de ces techniques utilisées par les topographes et géomètres. Il est important de suivre les étapes de photogrammétrie et de créer les maillages dans chaque chunk avant de les fusioner! C'est l'interêt du chunk: faire morceau par morceau les calculs d'un site pouvant être trop gourmand en une seule fois.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE LA VILLE ET DES TERRITOIRES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

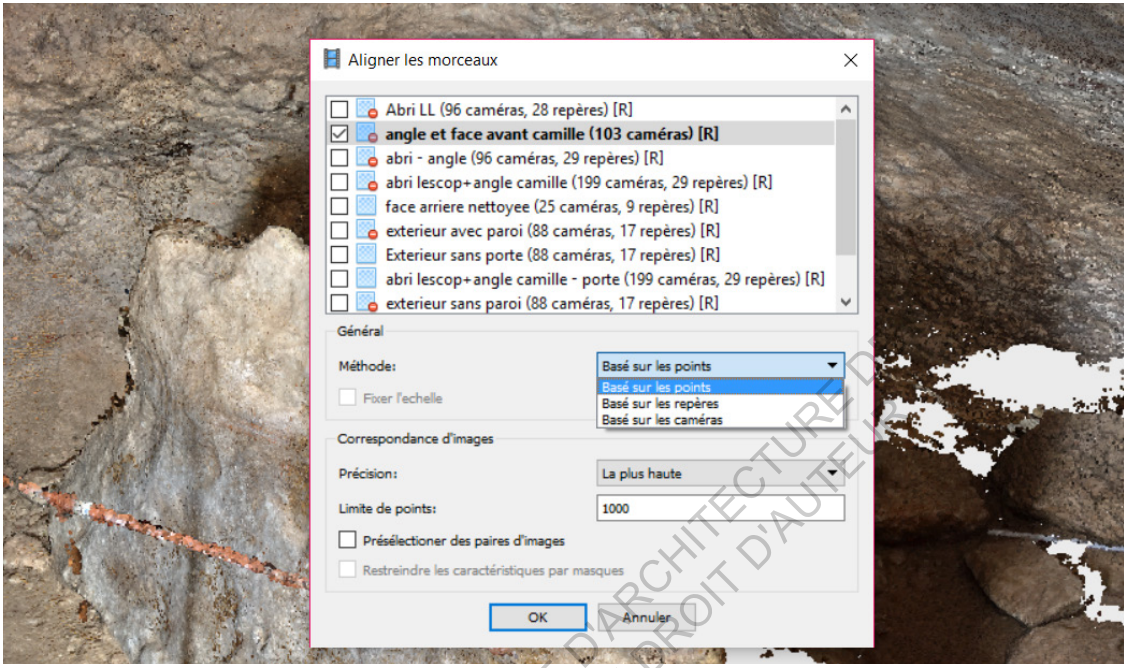


(fig 4) Face arrière de la grotte de l'abri du poisson – Camille Medjkouh Boulain



(fig 4) Face arrière texturé de la grotte de l'abri du poisson – Camille Medjkouh Boulain

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



(fig 8) Menu de paramétrage des alignements de morceaux

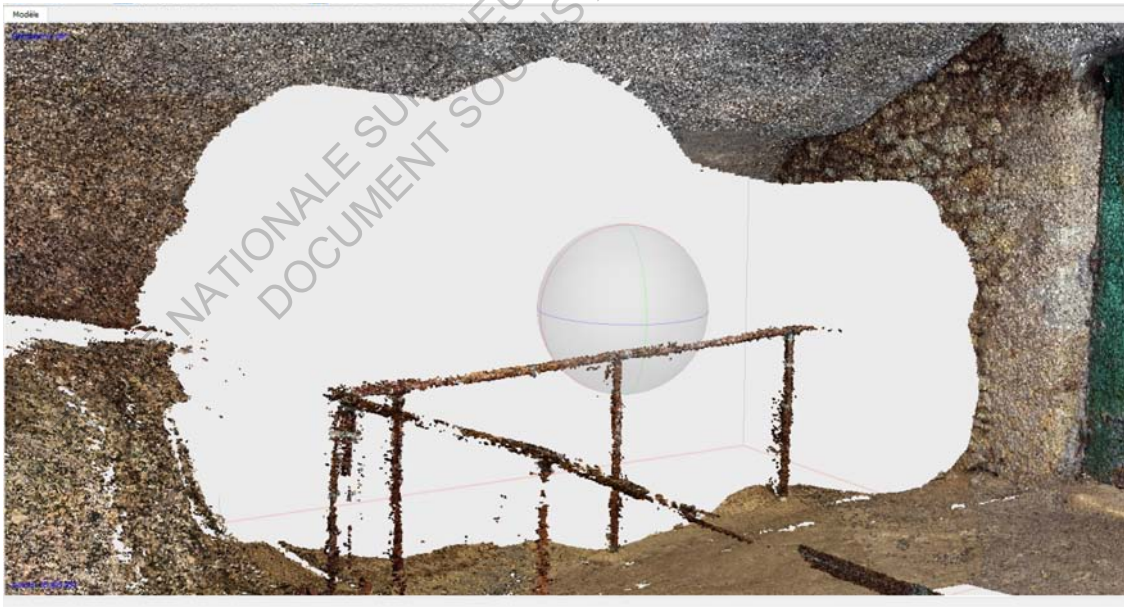
Alignement par nuage de points :

Dans un premier temps j'ai réalisé la tâche qui me semblait la plus facile à réaliser : aligner la modélisation de Laurent Lescop de l'Abri du Poisson avec celle de la face avant/paroi/angle que j'avais réalisée.

En effet certaines caméras étaient déjà communes entre les deux chunk et le nuage de points semblait se correspondre dans de nombreux endroits. On voit que les reconstitutions de la face avant et des environs sont partielles (fig 9) dans la 3D de L.Lescop. Aussi j'ai fait en sorte de supprimer entièrement ce pan de modélisation afin de faire place à celle que j'ai réalisé, plus fidèle, car ayant plus de caméras. Le modèle de Lescop ne compte que 96 photos dont seulement quelques-une pour cibler cette portion de grotte. Tandis que mon modèle possède 100 caméras pour cette unique portion. Pour conclure, on pourrait généraliser le processus de recollement de certains morceaux du modèle pour des endroits précis, possédant plus de jeu photo et donc de détails.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 9) Modèle de cartographie 3D de l'abri du poisson – L.Lescop



(fig 9) Modèle de cartographie 3D de l'abri du poisson après découpe dans le nuage de point

NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES

(fig 10) Nuage de points de la modélisation de Laurent Lescop et de la portion de grotte fait par Camille Medjkouh Boulain une fois merger

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE
DOCUMENT SOUMIS

Alignement par repères :

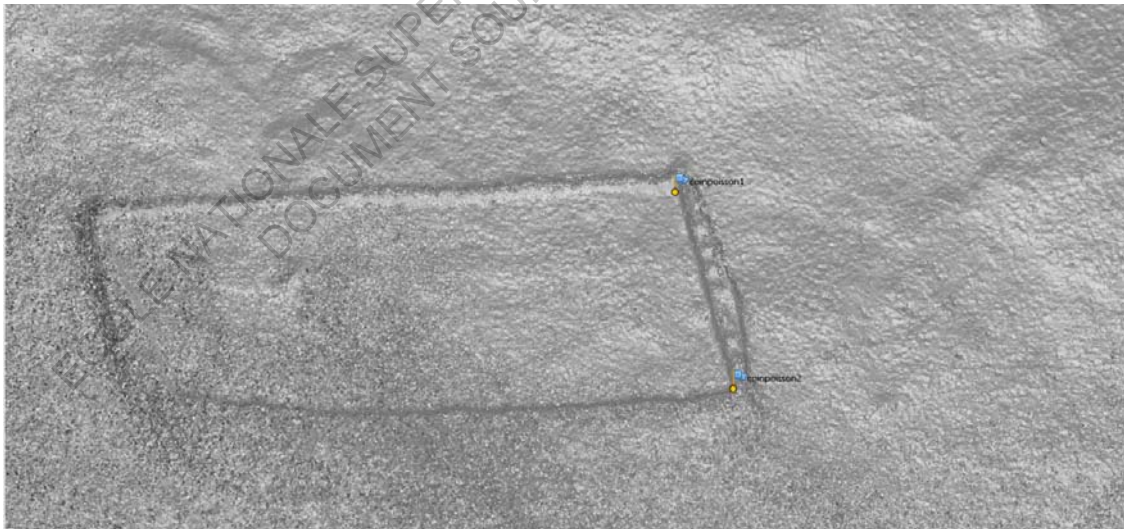
Pour aligner les repères, l'opération est plus complexe:
Il a fallu dans un premier temps géoréférencer le modèle à l'aide de points de repères possédant des coordonnées XYZ. Pour cela j'ai récupéré les données de Xavier Muth qui avait géoréférencé le modelé en Lambert 93 grâce à des stations placées dans la Gorge d'Enfer, puis ensuite le long de l'escarpement entre l'Abri du Poisson et Lartet. L'erreur est de plus ou moins deux centimètres en planimétrie et 3 cm en altimétrie.
Un document texte en ressort avec une multitude de points de repères.

Exemble de coordonnées Lambert 93 (Fig 10)

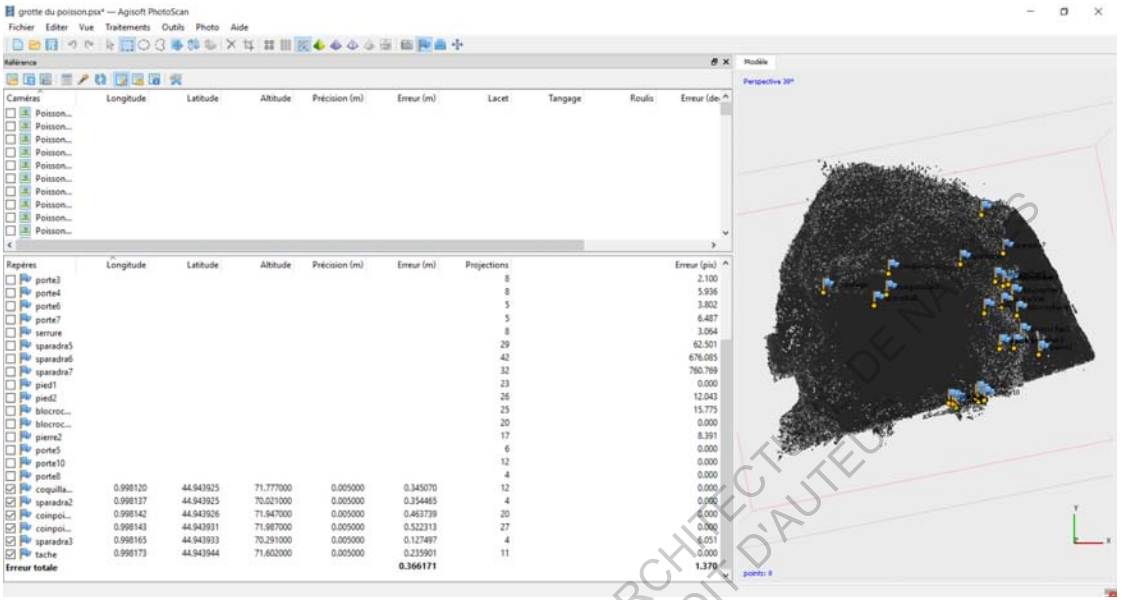
COINPOISSON1, 542113.966, 6429193.078, 71987
COINPOISSON2, 542113.900, 6429192.602, 71947

converti en WGS84:
COINPOISSON2, 0.9981424, 449439, 71947
COINPOISSON1, 0.9981431, 449439, 71987

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



(fig 10) Points de repères géoréférencés
COIN POISSON1 et COINPOISSON2

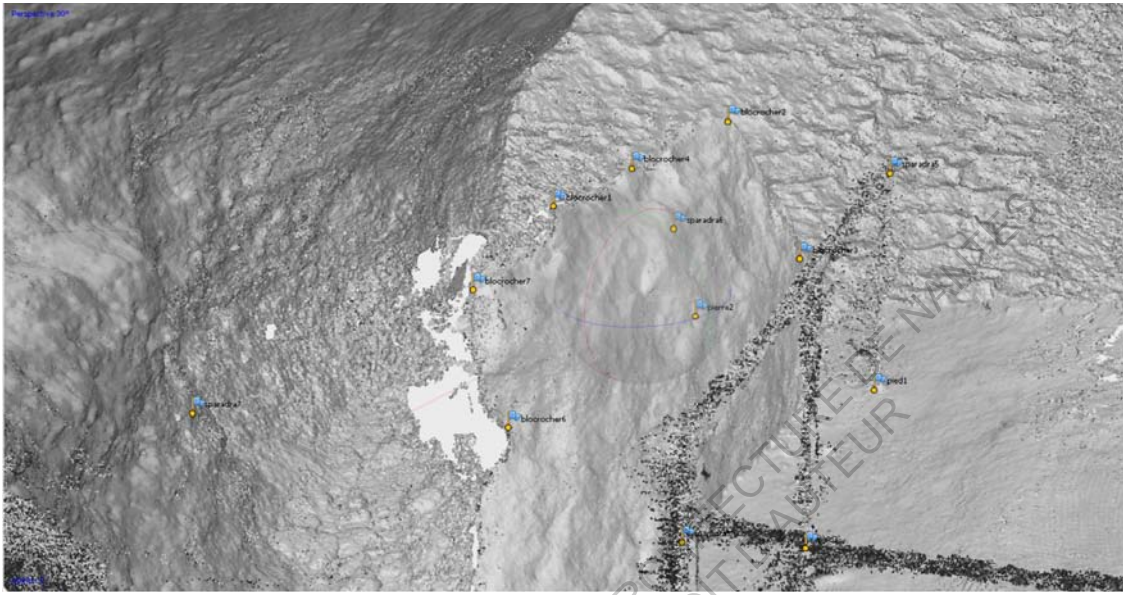


(fig 11) Volet de paramétrage des repères

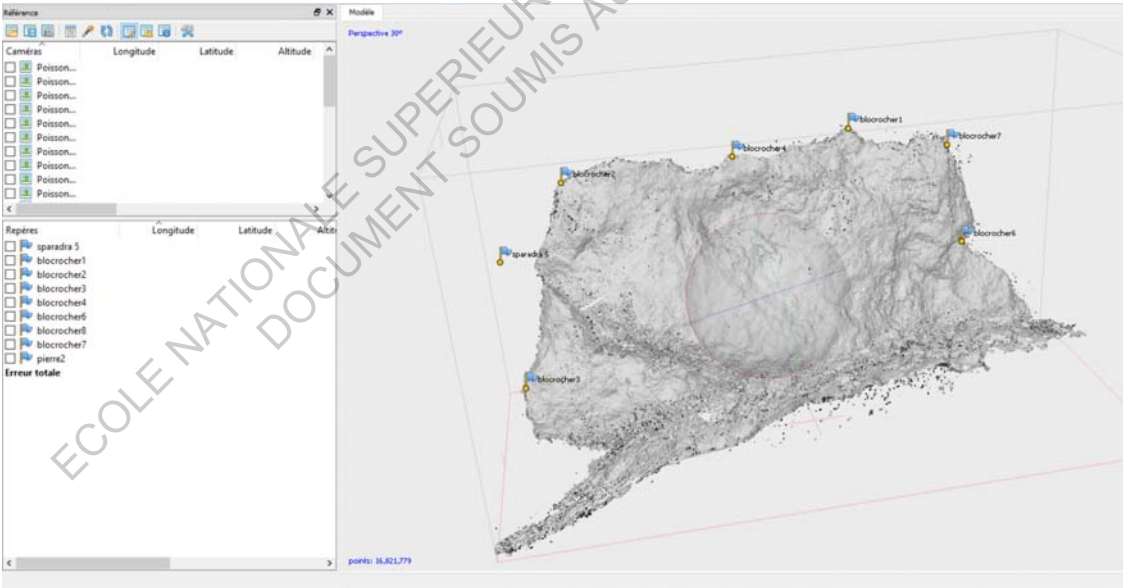
8 points placés à des endroits stratégiques de l'abri (connus grâce à un schéma), sont géoréférencés et possèdent des coordonnées. J'ai préalablement converti les coordonnées en WGS84 (le système de coordonnées par référence) grâce à un site internet, puis sont placés manuellement ces marqueurs et leur coordonnées XYZ. (fig 11).

Cependant ce ne sont pas ces points exactement qui nous intéressent pour faire fusionner la face arrière du bloc effondré. Aussi nous devons créer d'autres repères le long du pourtour du bloc, et cela dans les deux chunks (Fig 12) ! Le point "BLOCROCHER6'' sera présent au même endroit et sous la même appellation (fig 13). Nous avons placé 9 repères sur le pourtout du rocher: aux pieds et aux endroit stratégiques facilement repérables depuis la face avant comme la face arrière. Le fait d'avoir référencé certains points dans le modèle de Laurent Lescop permettra de donner des valeurs estimatives géo-référencées aux autres grâce au processus : *''voir les valeurs estimées ''*(fig 14)

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE MARSEILLE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

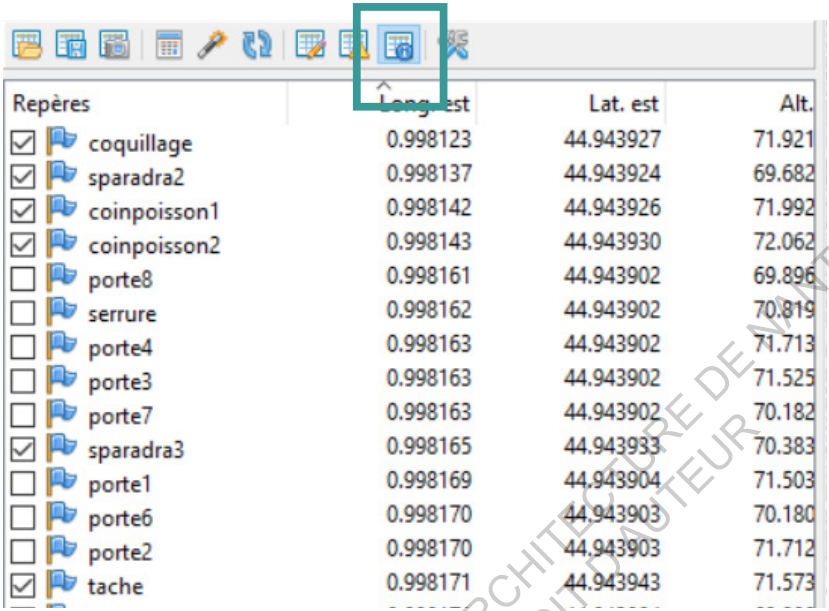


(fig 12) Points de repères placés le long du poutour du bloc effondré face avant



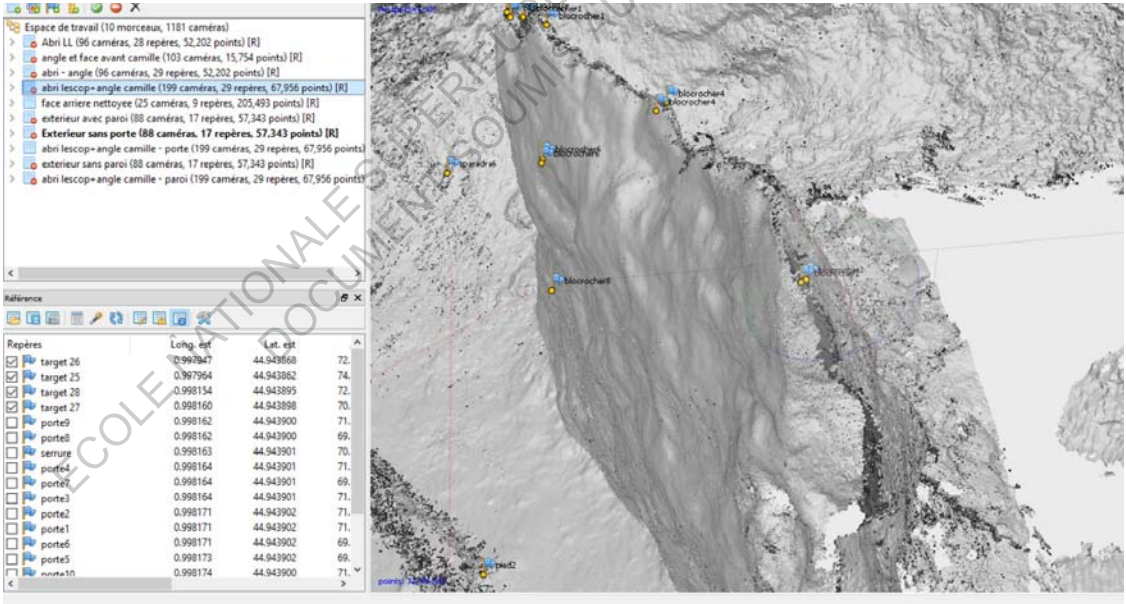
(fig 13) Points de repères avec la même appélation placés le long du poutour du bloc effondré face arrière

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANCY
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



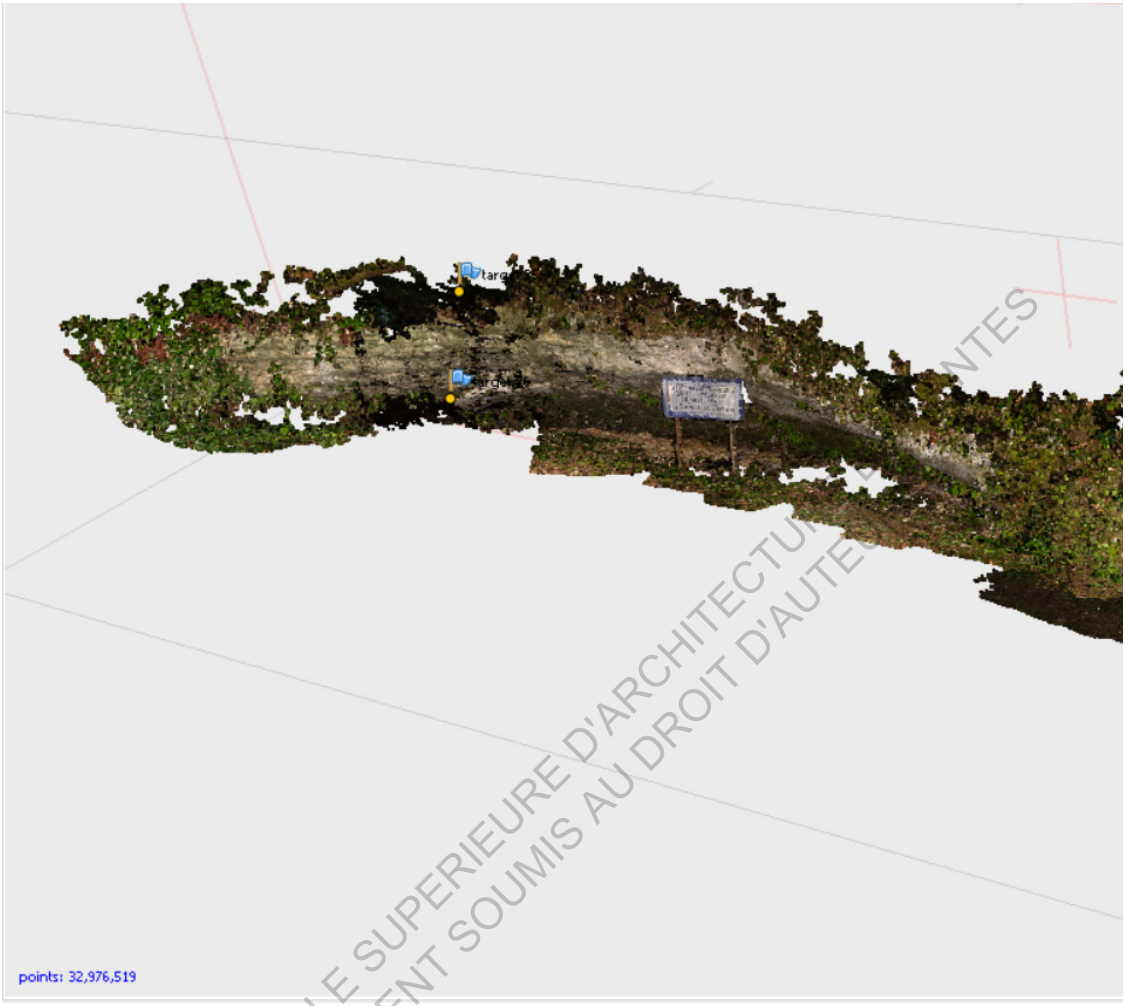
Repères	Long. est	Lat. est	Alt.
coquillage	0.998123	44.943927	71.921
sparadra2	0.998137	44.943924	69.682
coinpoisson1	0.998142	44.943926	71.992
coinpoisson2	0.998143	44.943930	72.062
porte8	0.998161	44.943902	69.896
serrure	0.998162	44.943902	70.819
porte4	0.998163	44.943902	71.713
porte3	0.998163	44.943902	71.525
porte7	0.998163	44.943902	70.182
sparadra3	0.998165	44.943933	70.383
porte1	0.998169	44.943904	71.503
porte6	0.998170	44.943903	70.180
porte2	0.998170	44.943903	71.712
tache	0.998171	44.943943	71.573

(fig 14) Volet de paramétrage des points de repères estimé par Xavier Muth avec les valeurs estimées de certains repères par le logiciel



(fig 15) Aperçu de l'alignement de la face avant et arrière une fois merger

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Sur la (fig 15) on peut apercevoir que les points ne se calent pas à la perfection. En effet ces repères ont été placés au mieux d'après les photographies mais la notion d'épaisseur du bloc effondré semble manquer. L'aspect global apparait relativement plat.

La deuxième phase fut l'association de l'extérieur et de l'intérieur (fig 17). Plusieurs configurations sont possibles : avec la porte, sans la porte (fig 18), sans la paroi protégeant l'abri (fig 19)
Pour aligner le chunk de l'abri et celui de l'extérieur, en l'absence de photo faisant le lien entre les deux,on utilisera la méthode

(fig 16) Nuage de point de l'extérieur de l'Abri du poisson
et de l'abri Lartet

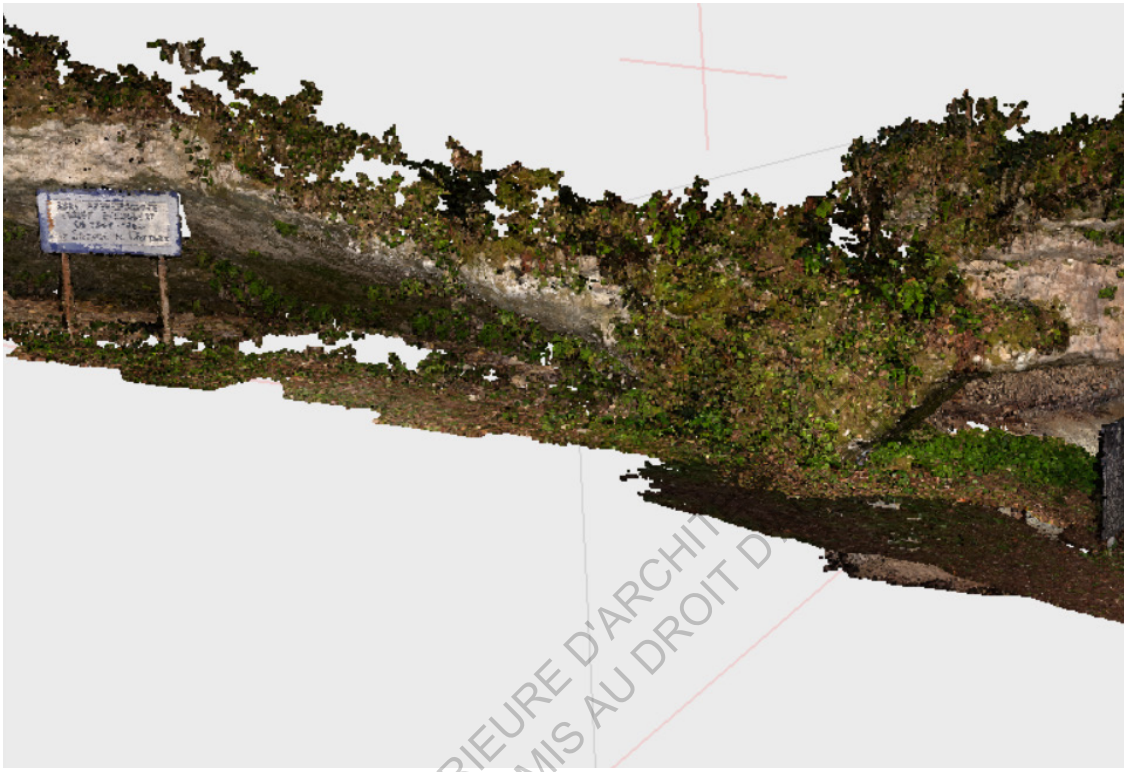
d'alignement par les repères précédemment utilisés sur le bloc effondré. Ici nous avons crée plusieurs repères sur la porte d'entrée: le seul lien identifiable entre les deux modèles.
La reconstruction en texture n'est pas très satisfaisante (Peu de perception des détails archéologiques) au vu des résultats obtenus en maillage de points et ceux pour des raisons de matériel. En effet il faut une puissance de calcul très conséquente pour appliquer les textures dans les détails et faire un maillage approprié en amont. Dans chaque cas il sera préférable de créer le maillage et la texture individuellement sur chaque chunk,

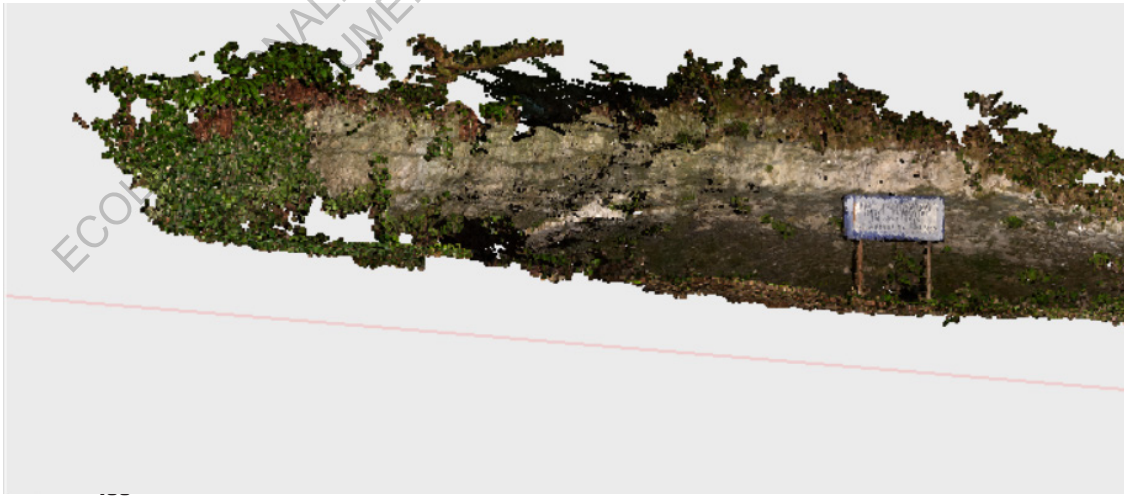
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 17) Vue en plan de l'extérieur et de l'abri du poisson

De plus il me semble que pour l'Abri du Poisson il sera difficile d'avoir une texture non déformée car la barrière protégeant les parois (sur tout le pourtour intérieur), bloque et fait barrage dans l'acquisition photo: De ce fait la texture de la rembarde se retrouve plaquée sur les parois. Cela n'affecte pas le maillage, qui est toujours exploitable, mais ces déformations gênent à la bonne lecture de la texture.
Pour finir, on voit sur la (fig 20) que l'Abri du Poisson est bien en contrebas de l'abri Lartet. Il serait intéressant de comparer la stratigraphie de la grotte de Lartet et de l'Abri du Poisson dans un document mettant en lien les deux entités.

HITECTURE DE NANTES
D'AUTEUR





ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D

(fig 19) Nuage de points de l'exterieur de l'Abri du poisson sans paroi et de l'abri Lartet

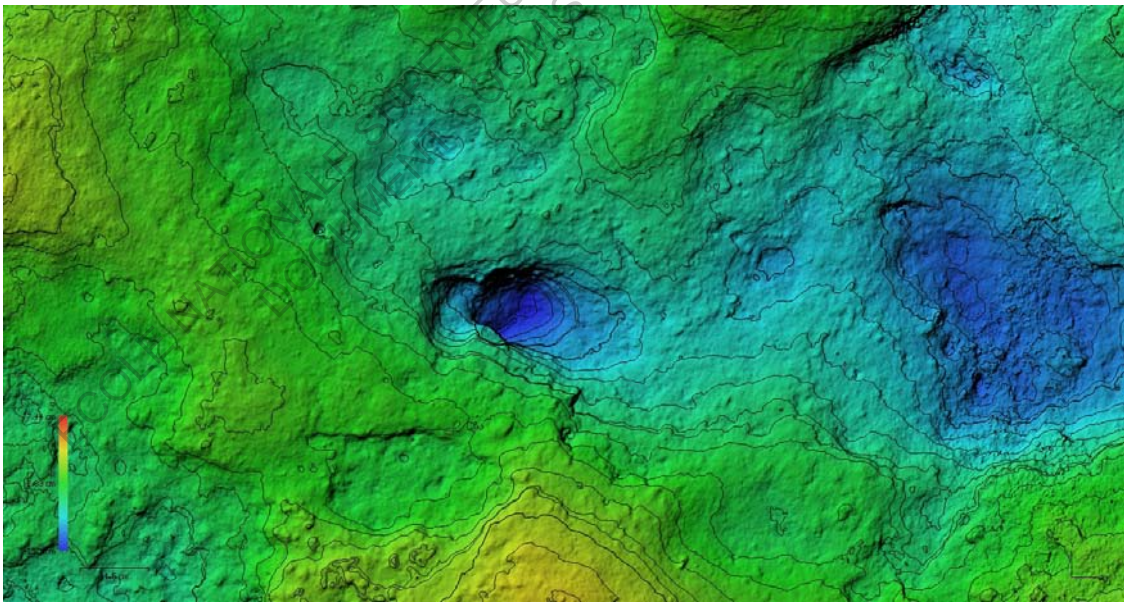
(fig 20) Nuage de points de l'exterieur de l'Abri du poisson et de l'abri Lartet

E NATIONALE SUPERIEURE D'A
DOCUMENT SOUMIS AU
TES

C Edition DEM d'élément de détail

Dans leur rapport de recherche, C.Cretin et L. V.Zotkiva identifient et inventorient de nouveaux anneaux par rapport à la précédente opération de D. Peyroni. (fig 1)
Ces anneaux, isolés (fig 1), peuvent faire l'object de DEM, permettant d'obtenir les variations de niveaux. (fig 2).
Le DEM (fig 2) permet de voir que l'aspérité de l'anneau est profonde et identifiable en creux (bleu foncé). Ce principe peu s'appliquer à tous les autres:
"Réalisé de la même façon que les cupules, plusieurs perforations, jusqu'à trois, sont superposés. Ces anneaux cassés sont assez nombreux dans l'abri. Il est assez difflcile de distinguer l'ordre de superposition." C.Cretin
Pour chaque anneau il faudrait une acquisition photo, établir des repères et prendre des mesures afin de les référencer en XYZ (Dans le cas de l'anneau 4 elles sont approximatives)

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUS AU DROIT D'AUTEUR



(fig 3) Traitement DEM l'anneau numéros 4

(fig 1) Localisation des anneaux percés cassés sur le plafond de l'abri du poisson au regard du saumon et de la main - orgophotographie développée à partir du modèle 3, travaux L.Lescio, photographies et DAO C.Cretin

(fig 2) Photomodélisat de l'anneaux numeros 4

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Dans un premier temps nous établirons la méthologie, qui sera la même pour tous les autres documents de type coupes/plans/élévations.

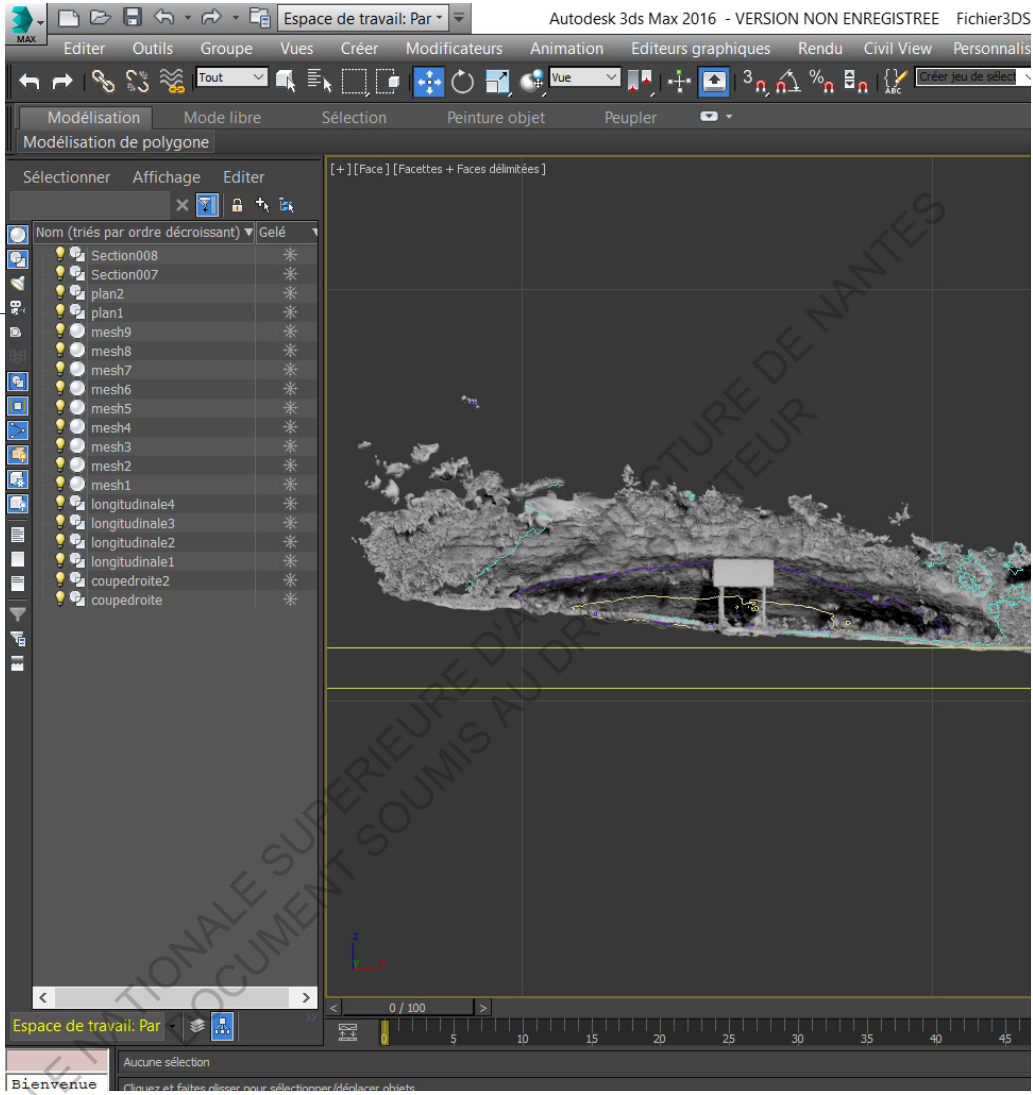
Agisoft photoscan n'est pas un soft qui permet d'extruder des splines notamment à partir de section. Un premier essai, sur les recommandations d'un étudiant « géomaticien » fut d'utiliser QGIS, un logiciel de visualisation cartographique. Il a en effet été possible de créer une spline géoréférencée à partir d'une coupe. Mais cela se fait à partir d'un MNT (modèle numérique de terrain) et non à partir d'un modèle en élévation.
Aussi il m'apparait impossible après plusieurs recherches d'utiliser ce soft pour une grotte fermée. Cependant il est intéressant de pouvoir l'envisager pour des sites à ciel ouvert ou pour géoréférencer une coupe d'un terrain existant et ce de manière précise. QGIS reste compatible avec la photogrammétrie dans certains cas si l'on souhaite conserver le géo référencement du modèle.

La seconde solution, est d'utiliser 3DS max, puis de passer sur autocad. L'objectif dans l'exemple sera de réaliser un plan, à partir d'un maillage de photomodélisation.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Coupe de l'abri du poisson - Camille Medjkouh Boulain/partie haute de la falaise : Extrait de GIROD 1906 Stations poisson

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



3

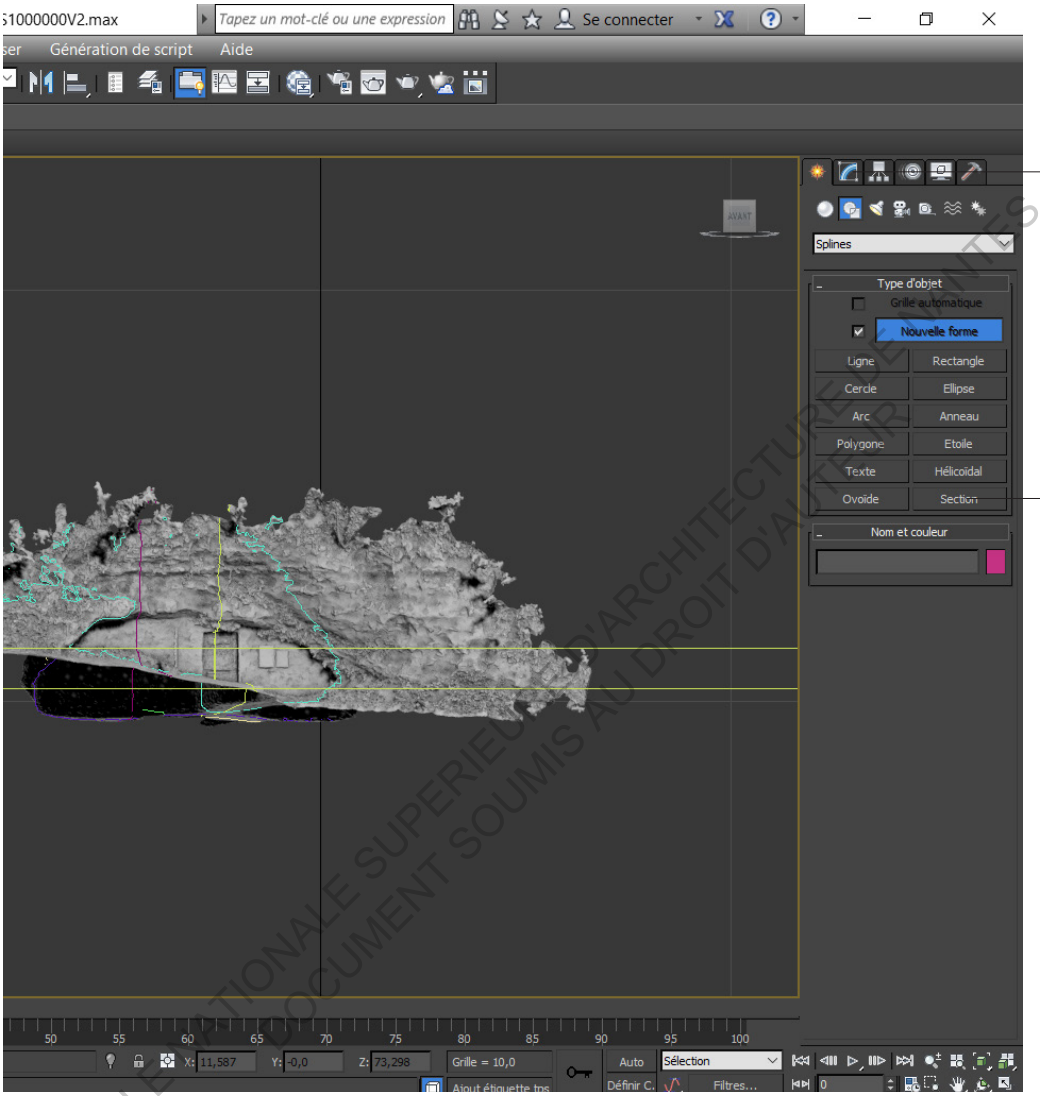
vue de face du maillage – Logiciel 3ds max

Dans 3ds max, importer le document enregistré depuis Agisoft photoscan sous format .3ds. Nous avons importé le maillage. C'est aussi possible de le faire avec une texture mais nous n'en avons pas l'interêt ici.

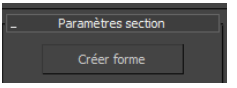
Etape 1 : Créer une forme « section »

Etape 2 : Sélectionner la section du plan (en jaune sur la photo) puis, onglet

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

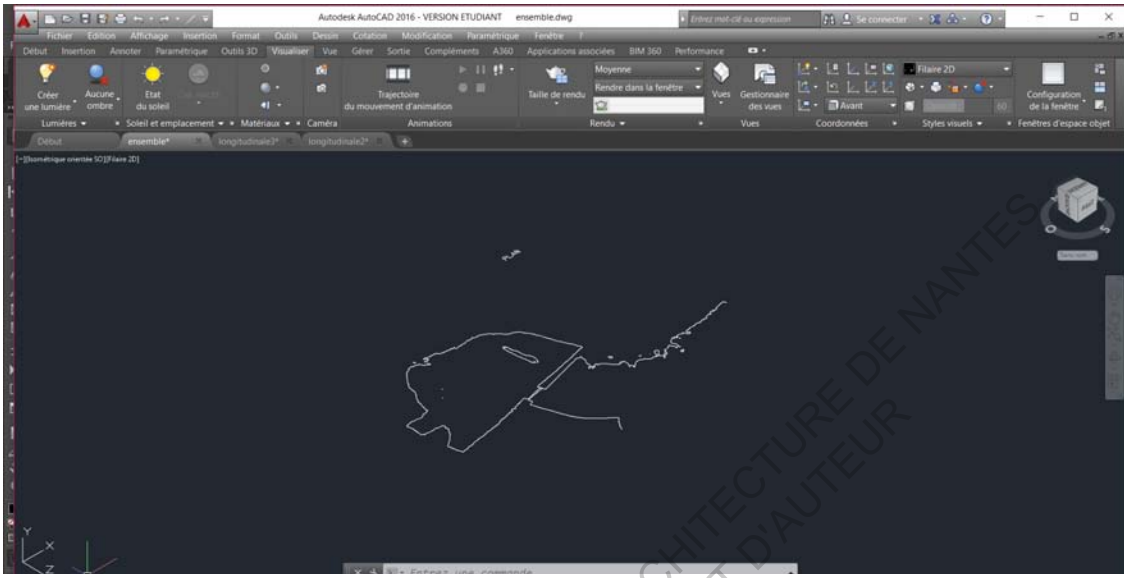


Créer une forme

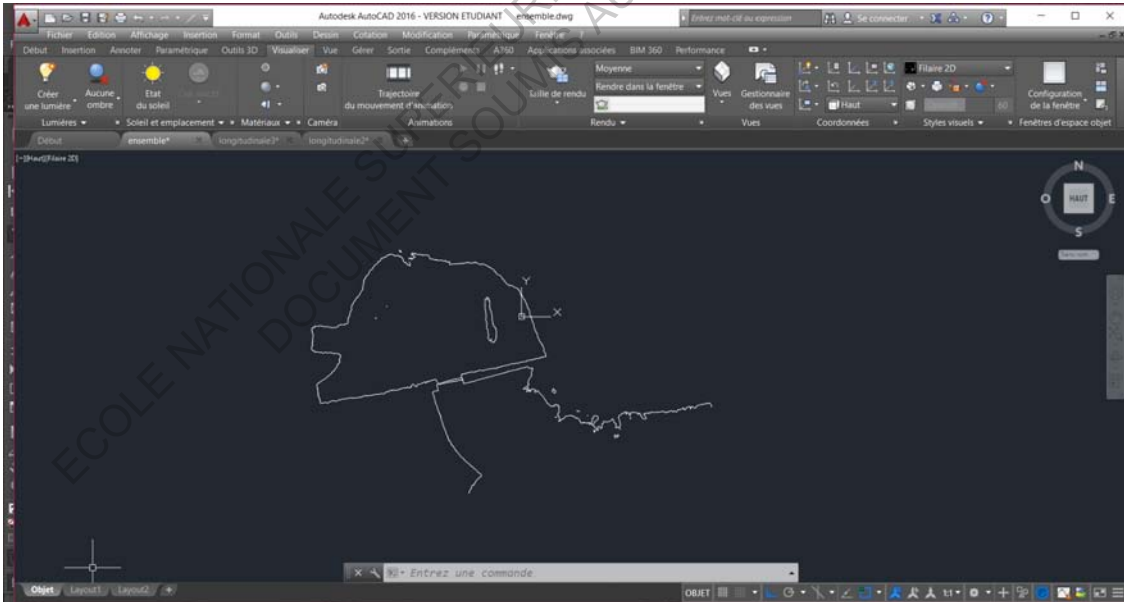


Etape 3 : Ouvrir le sélectionneur de scène (H) et sélectionner la forme, ici enregistré sous le nom de plan1 puis exporter au format DWG

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANCY
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR ET AUX DROITS VOISINS

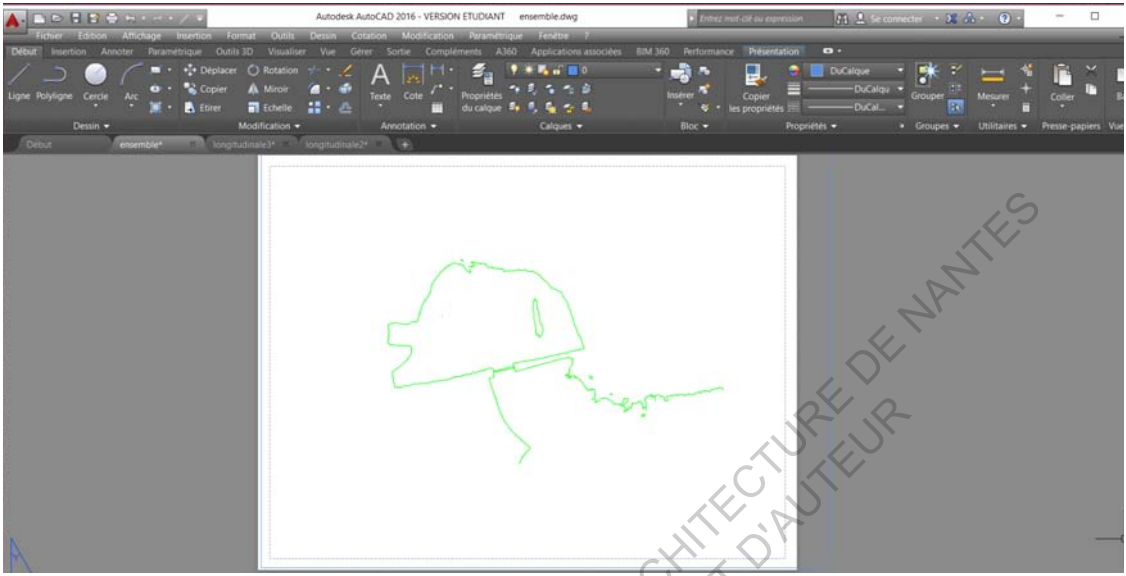


(fig 1) Impression écran –Logiciel Autocad –Vue isométrique



(fig 2) Impression écran –Logiciel Autocad –Vue de dessus

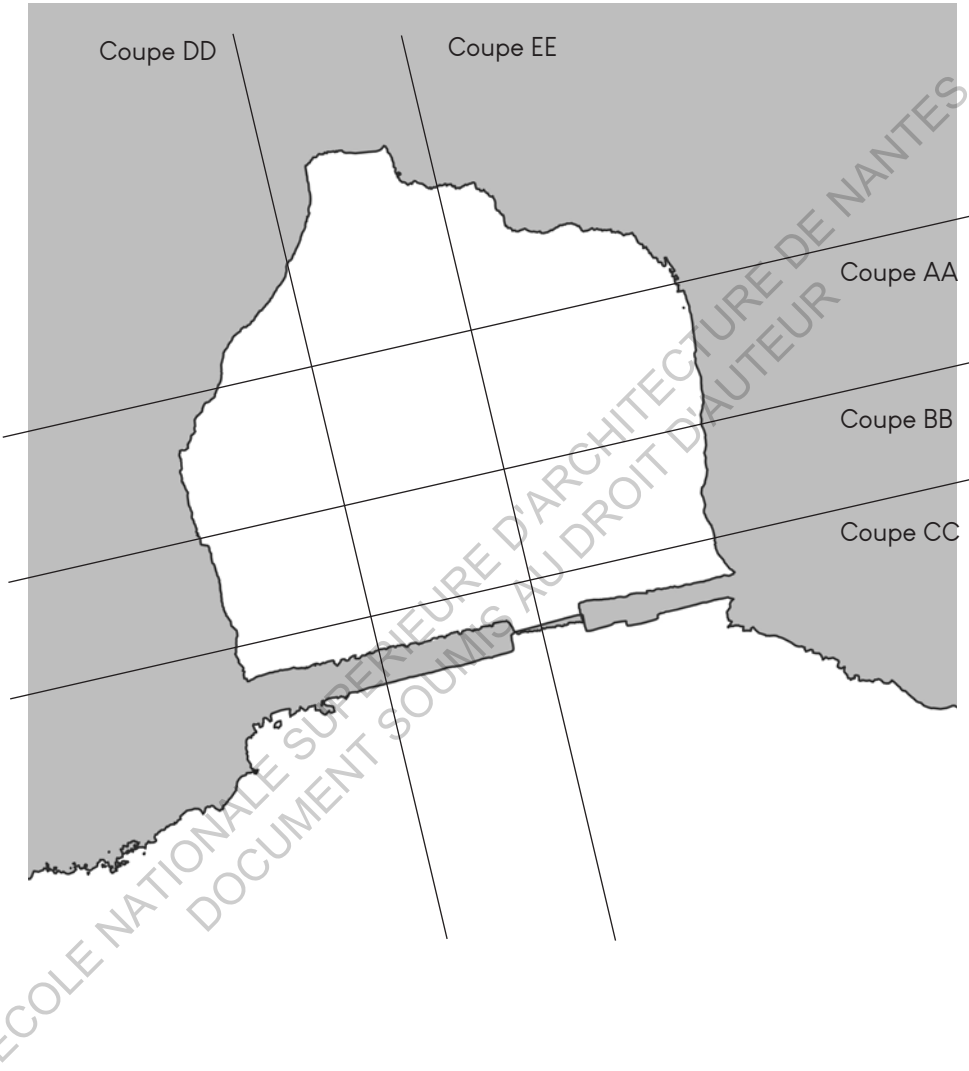
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



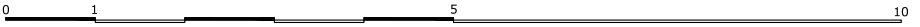
(fig 3) Impression écran –Logiciel Autocad –Vue de la présentation

Nous sommes ici dans autocad 3D. L'échelle du projet est conservée. Voici le résultat après ouverture du DWG crée depuis 3DSmax. Ici la vue est en isométrique (fig 1) , il sera facile de switcher de vue dans l'onglet visualiser de autocad (fig 2) puis d'en faire une présentation à l'échelle (fig 3) (fig 4) (fig 5)
Comme pour un rendu architectural nous pouvons créer des calques et appliquer des types de lignes, des épaisseurs etc. Il suffira de l'exporter en pdf afin de la traiter sous photoshop pour les détails. Le principe reste le même pour les élévations. (fig 6) (fig 7) (fig 8)
Pour les élévations et coupes de la grotte j'ai renseigné les zones d'ombres non couvertes par la photogrammétrie (en pointillé) qui correspondent souvent au sol. Cependant on peut penser que ce document pourrait devenir plus fourni grâce aux archéologues. En prenant des hauteurs de référence et différents repères on pourrait y inscrire les hauteurs des strates et ainsi créer un document qui retranscrit avec exactitute la forme mais aussi le contenu. Cela serait indicable également sous formes de calques et de repères XYZ (selection du maillage/nuages de points) dans le modèle 3D directement . Pour illustrer le propos j'ai combiné le relevé manuel de D.Peyrony et ma coupe de l'Abri du Poisson (fig 9).

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENTS SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

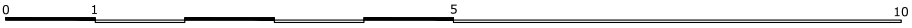


ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

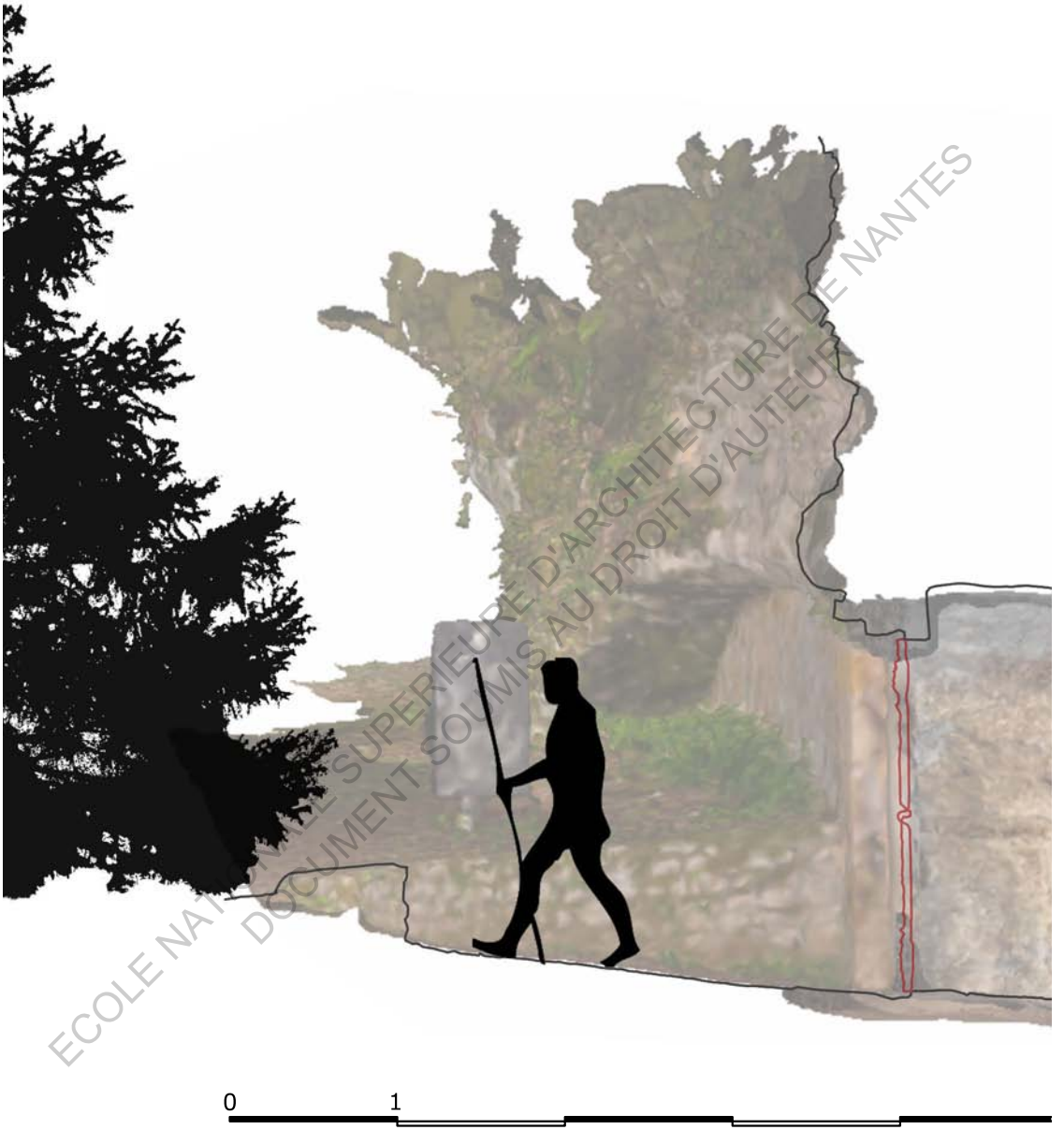


(fig 4) Plan (coupe à 2m) – Echelle 1/2000eme

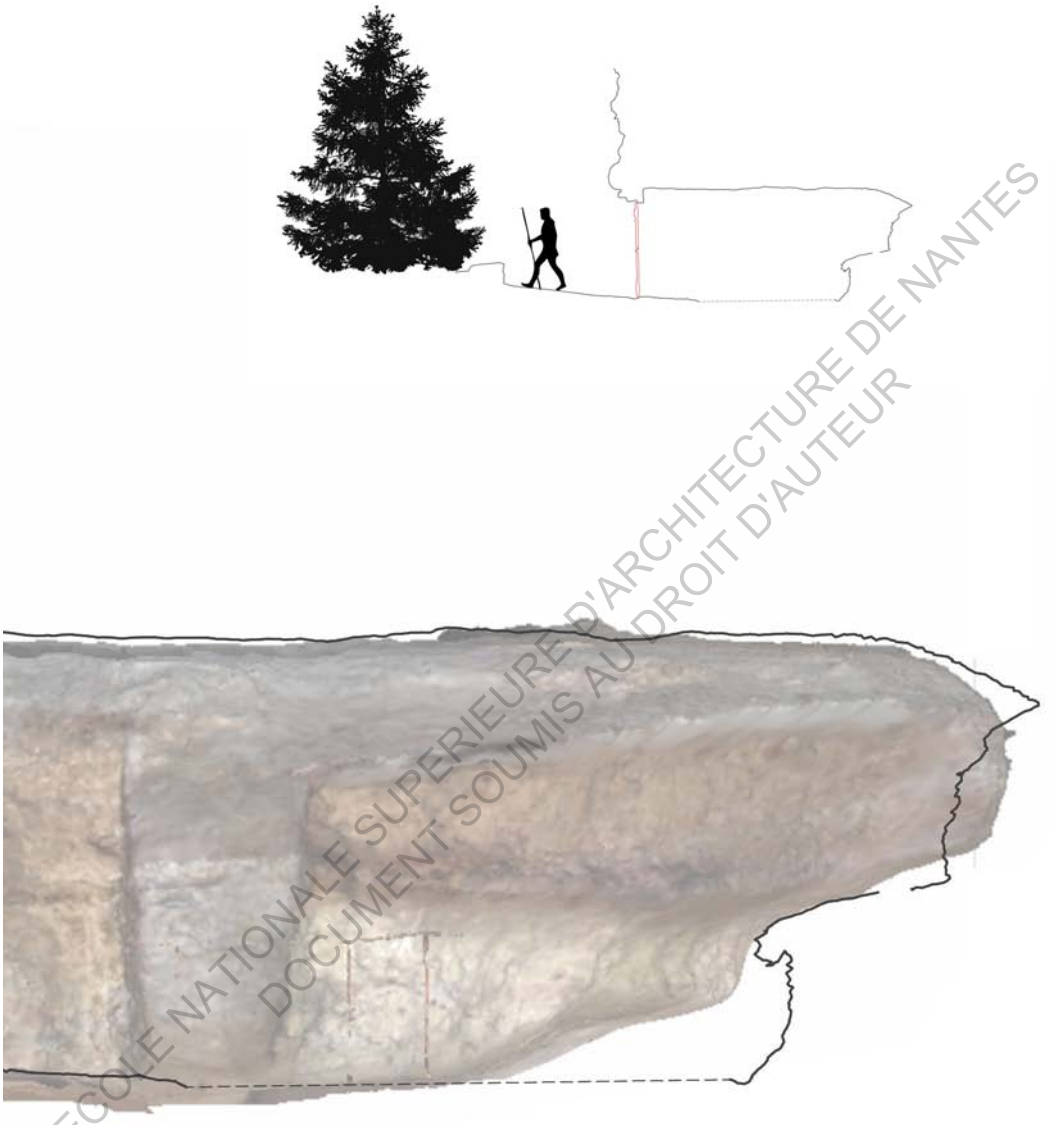
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



(fig 5) Plan (coupe à 1m) – Echelle 1/2000eme



ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 6) Coupe EE de l'abri du poisson – Echelle 1/1000eme

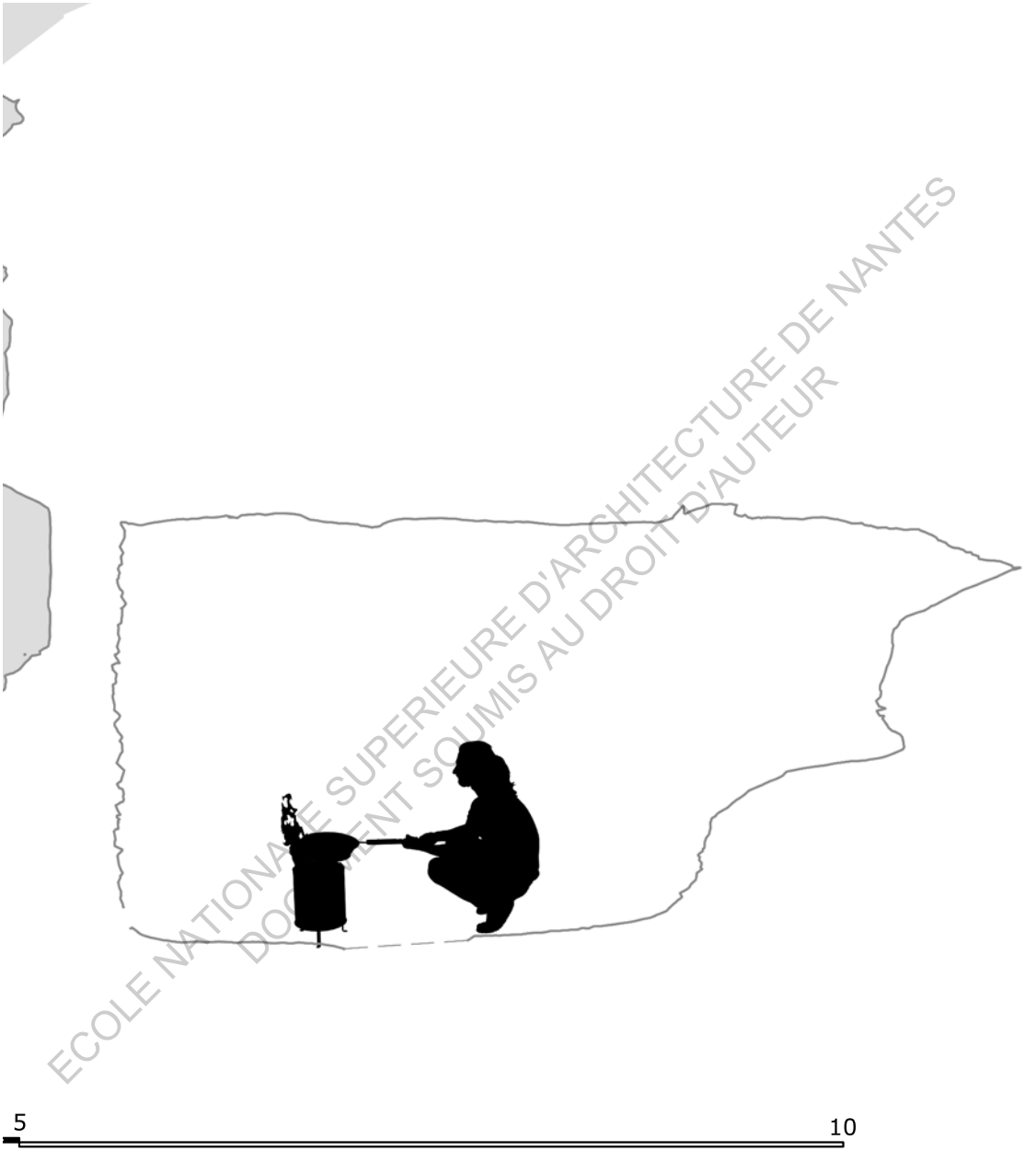
Coupe CC

Coupe BB

Coupe AA

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AUX DROITS D'AUTEUR

0 1 5

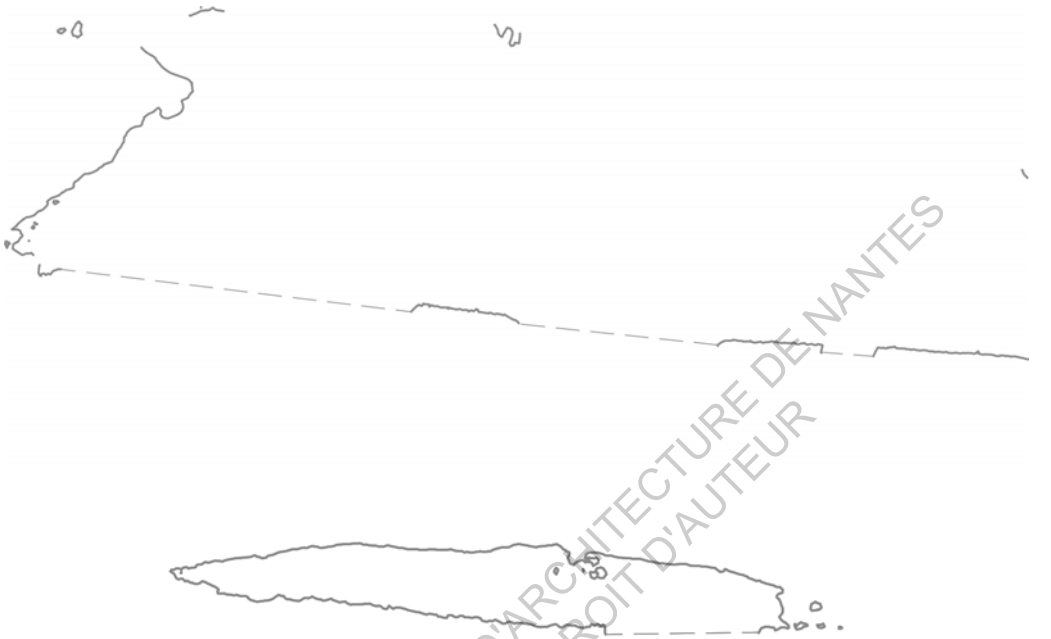


ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

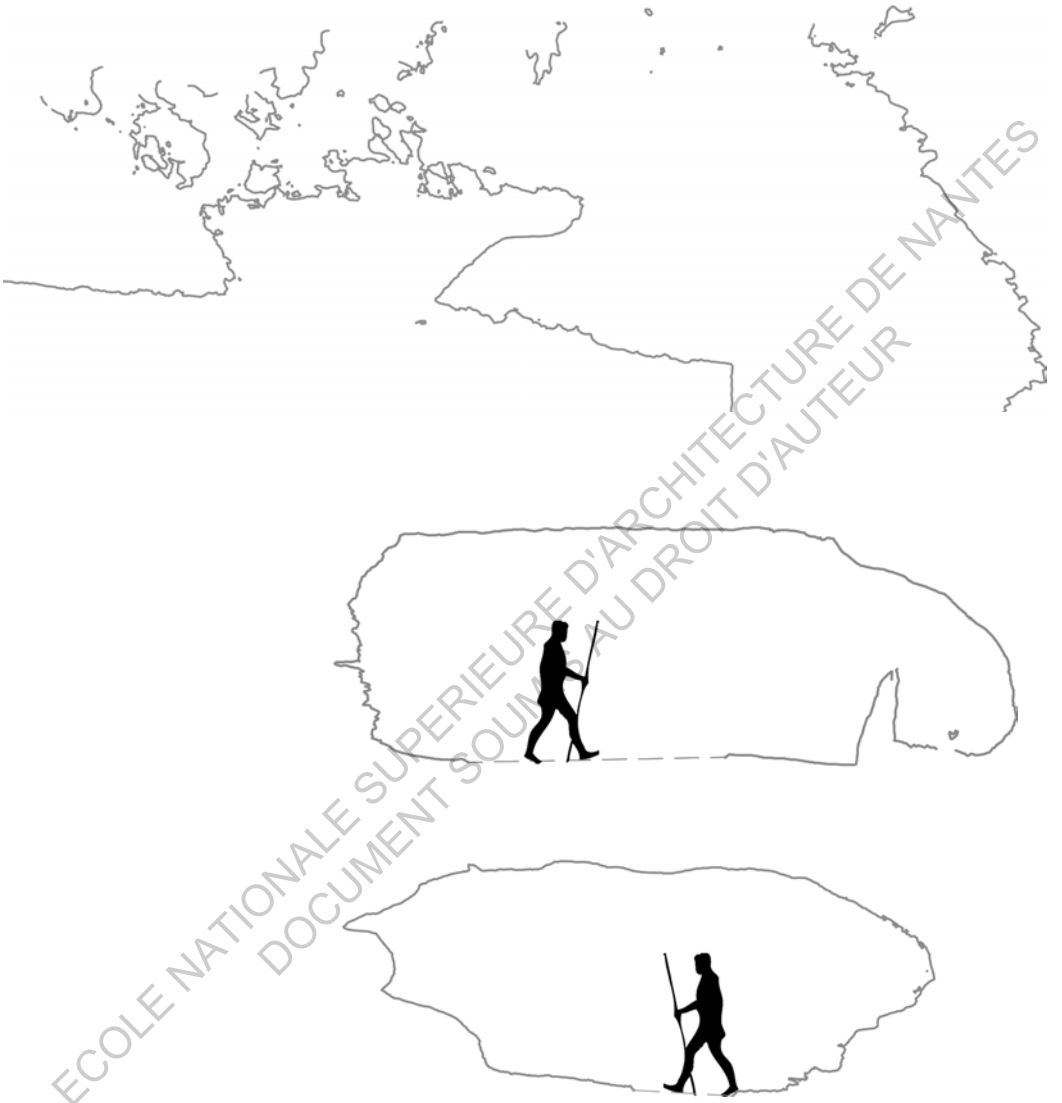
5 10

Contour obtenu d'apres relevé photogrammétrique
Tracé estimatif

(fig 7) Coupe DD de l'abri du poisson – Echelle 1/1000eme

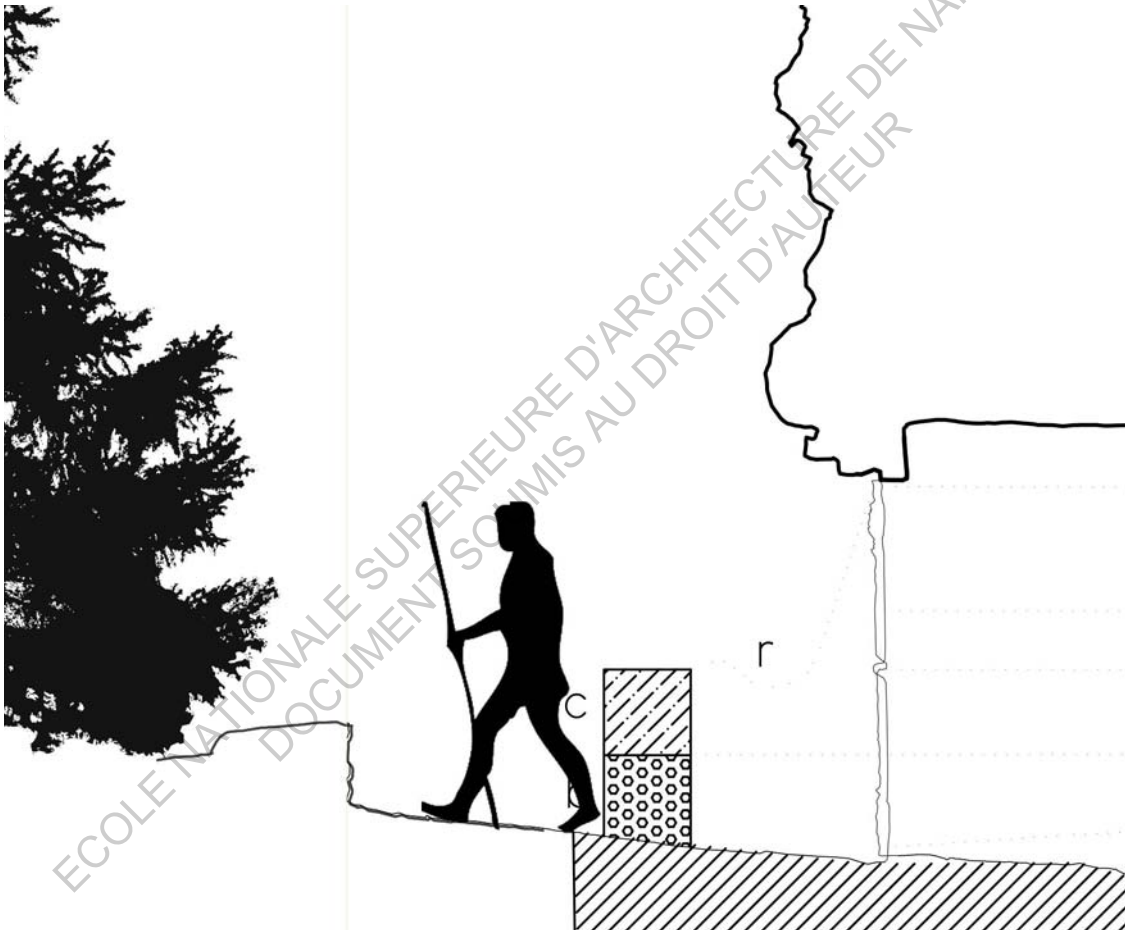


ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 8) Coupe longitudinale de l'abri du poisson –
Echelle 1/2000eme

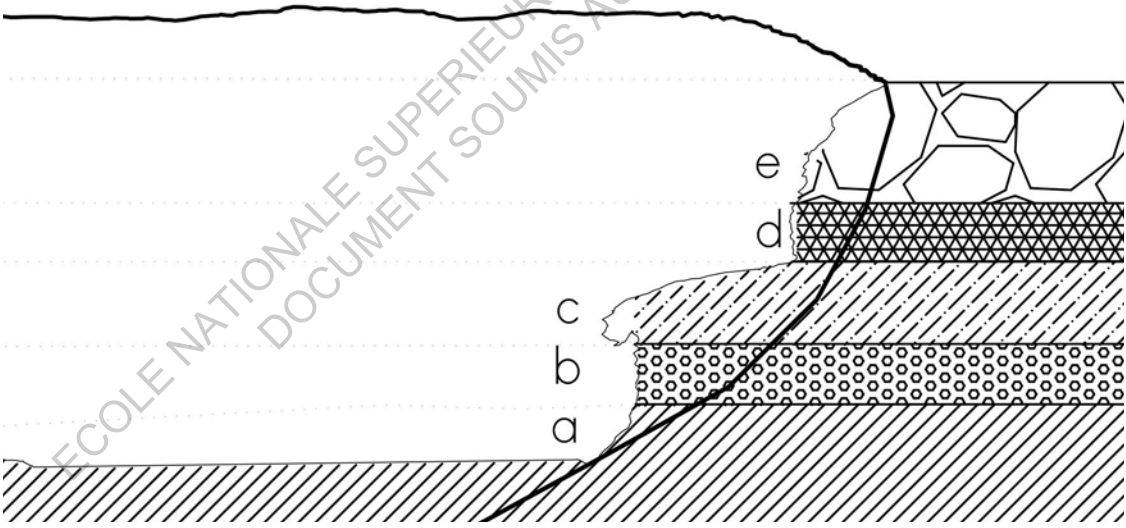


ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 9) Coupe EE stratigraphique de l'abri du poisson; inspiré des travaux de D.Peyroni (1932(— Echelle 1/1000eme

= contour de la paroi rocheuse

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

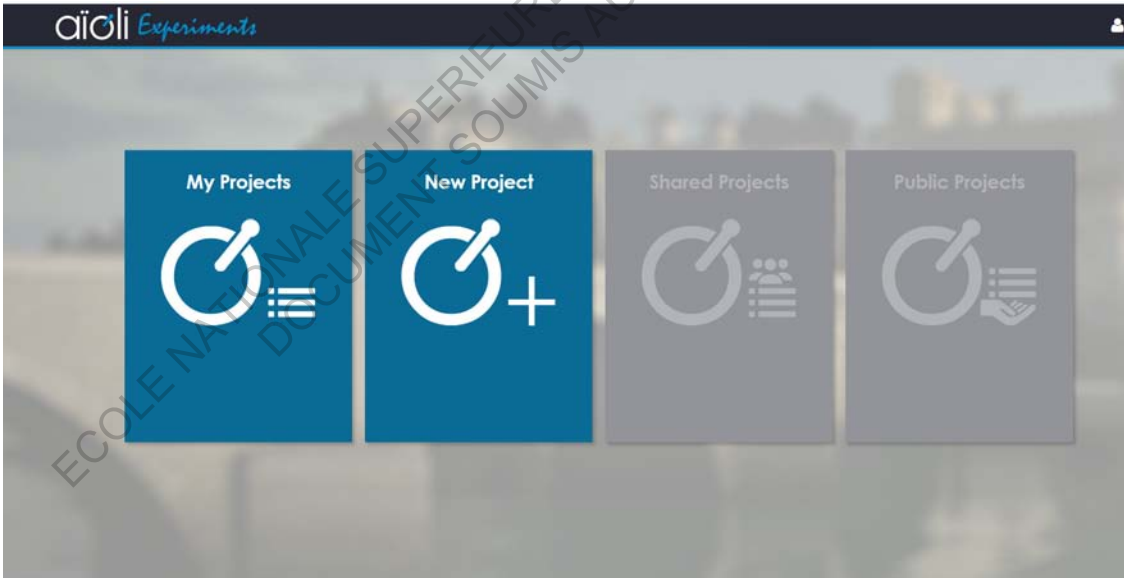


a= éboulis calcaires de toutes dimensions
b=Augaricien moyen
c=éboulis calcaires stériles 0,4m
d=Augariciens supérieurs 0.4m
e=Terre rougeâtre provenant du ruissellement des eaux sqvqges 0.6,
r= ancien ruisseau

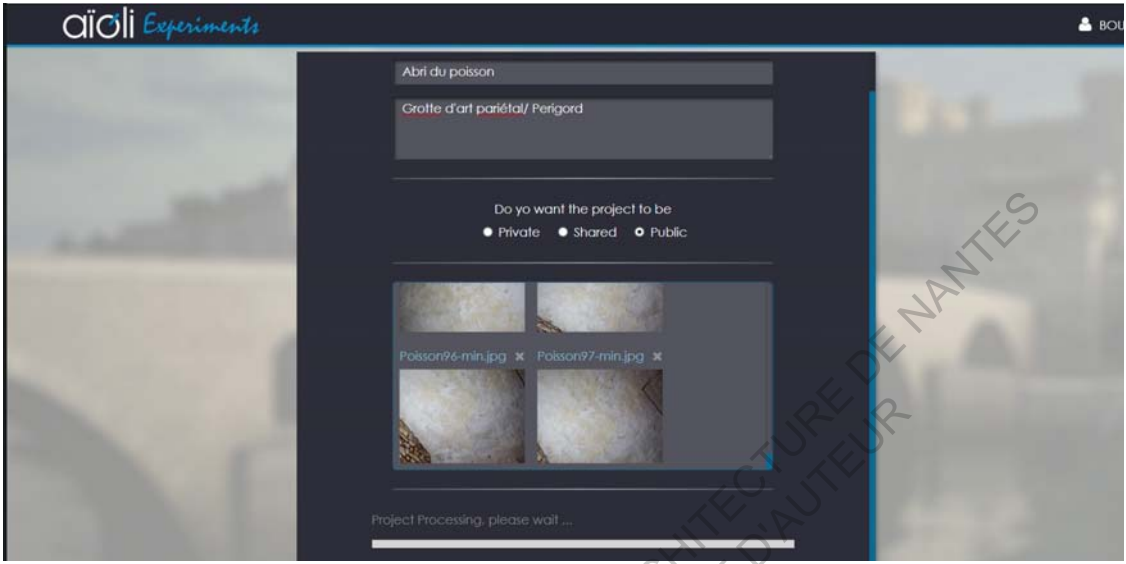
Plateforme Aioli – Plateforme sémantique

Cet encart est expérimental. Dans *''Maillage de point et multiplicité des sources pour l'acquisition''* (partie 1) nous présentions l'initiative Aïoli: une plateforme collaborative avec pour particularité le développement des outils sémantiques pour permettre au modèle d'être annoté par le créateur comme les visiteurs. La plateforme étant actuellement en bêta testing, il n'y avait aucune assurance d'obtenir des résultats satisfaisants. Bien que nous n'ayons pas pu créer notre modélisation pour cause de bug, il serait intéressant d'illustrer comment fonctionne cette plateforme.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



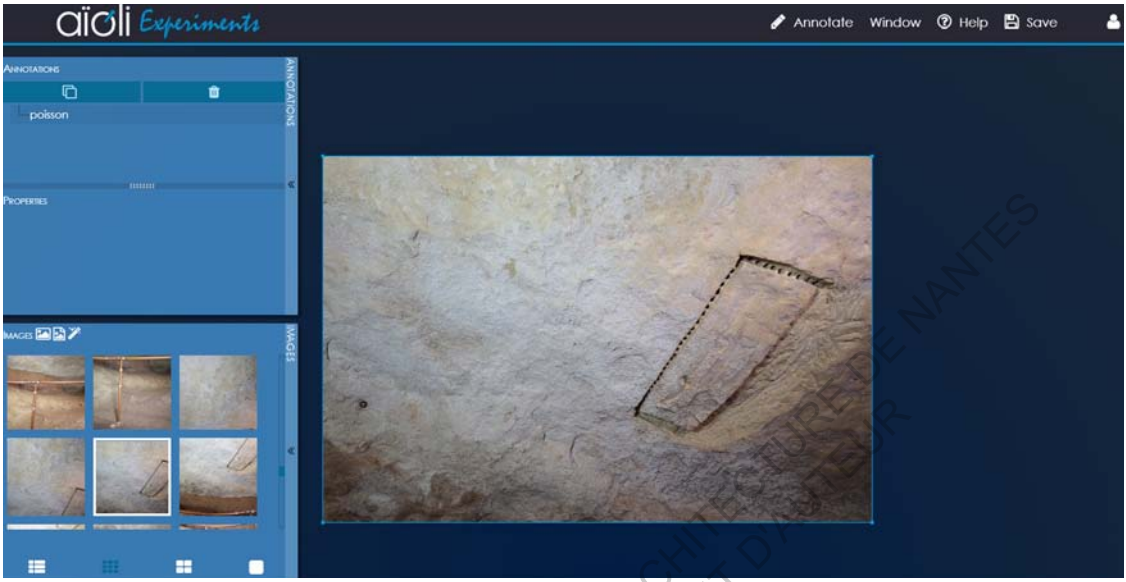
(fig 1) Ecran d'accueil de la version beta d'aioli – ''Aïoli, une plateforme d'annotation sémantique 3D pour la documentation collaborative d'objets patrimoniaux'' – crédits : UMR CNRS/MC 3495 Modèles et simulations pour l'Architecture et le Patrimoine).



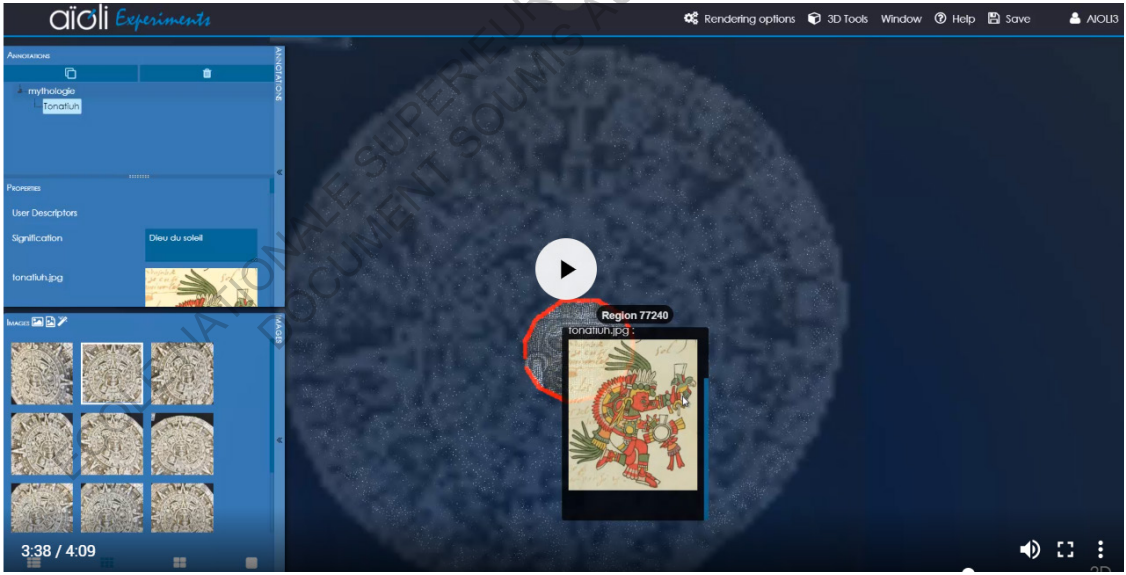
(fig 2) Etape 1: Importation des images
''Aïoli, une plateforme d'annotation sémantique 3D pour la documentation collaborative d'objets patrimoniaux'' - crédits : UMR CNRS/MC 3495 Modèles et simulations pour l'Architecture et le Patrimoine).

J'ai commencé à tester la plateforme avec le jeu de photo de l'Abri du Poisson utilisé pour la modélisation de Laurent Lescop, mais j'ai également essayé sur une sélection de photos localisées vers le poisson uniquement.
La première étape (fig 2) est d'uploder les photos avec une contrainte de 2 Mb maximum par photo. Le projet peut être privé, partagé (par un lien) ou public. La suite de mon expérimentation est anormalement longue, mais cela est dû à la taille du projet qui est à l'échelle architecturale et non d'un objet.
L'application n'est pas encore assez optimisée certainement pour supporter ce genre de nuage de points. Le site coince présisément au moment de réaliser les annotations. Cependant le principe de calques annotés et classifié est prometteur si les chercheurs arrivent à rendre l'application fonctionnelle. La plateforme se développe sur deux volets:
Un en 2D pour annoter des photos, et un en 3D pour visualiser le nuage de points.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



(fig 3) Etape 2: Sélection d'une image afin de l'annoter ''Aïoli, une plateforme d'annotation sémantique 3D pour la documentation collaborative d'objets patrimoniaux'' – crédits : UMR CNRS/MC 3495 Modèles et simulations pour l'Architecture et le Patrimoine).



(fig 4) Image illustrative d'une annotation apparaissant lorsqu'on sélectionne le calque ''mythologie'' (en rouge)sur le nuage de point – Tiré du tutoriel vidéo Aioli – ''Aïoli, une plateforme d'annotation sémantique 3D pour la documentation collaborative d'objets patrimoniaux'' – crédits : UMR CNRS/MC 3495 Modèles et simulations pour l'Architecture et le Patrimoine).

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Il est possible sur l'interface 2D (fig 3)

- Créer des calques
- Annoter: Sélectionner une région en traçant un polygone ou en sélectionnant un nuage de points - On associe ces annotations à un calque et peuvent avoir des couleurs différentes.
- Créer des descripteurs qui se joindront au calque. Ils correspondent à des textes, nombres, dates, hyperlinks, mémos. On peu y ajouter également des documents texte, Jpeg, audio.

Il est possible sur l'interface 3D:

- De retrouver toutes les informations précédemment mises sur calques
- Gérer le nuage de points (opacité, épaisseur des points, couleur)
- De mesurer des distances, angles, aires.
- Naviguer dans le modèle.
- Height Profile, *''profll de hauteur''*.
- Exporter en .ply le modèle entier ou une région liée aux calques
- La fonction ''échelle'' du modèle est grisée mais nous indique qu'il sera possible de gérer ce paramètre.

Pour conclure, si Aioli fonctionne un jour, pour les objets comme pour les sites archéologiques, cela pourrait permettre de mutualiser les connaissances de chercheurs et d'amateurs au travers d'une méthologie extrémement simple à comprendre. En effet, toutes les étapes de la photogrammétrie (agisoft, 3dsmax, autocad etc) demandent des connaissances pointues dans ces logiciels ou un apprentissage long via des tutoriels.La plateforme regroupe des fonctions intéressantes mais son atout est l'annotation sémantique, tel un *''tableau de bord''*, permettant d'interagir directement sur le modèle 3D. Il est cependant peu probable que pour des cas aux configurations complexes (pas de recouvrement photos, assemblages par des points de repères) il soit possible de travailler sur cet outil.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

f Processus immerssif – Sketchfab

Afin d'importer le modèle sur sketchfab, possédant une limitation de taille d'importation, il est nécessaire de *''décimer le maillage''*, c'est-à-dire de fragmenter le maillage éxistant (exemple: Passer de 13 000 000 à 1 500 000 faces). Il est impératif de reconstituer la texture ensuite afin de la conserver lors de l'exportation. Nous avons importé dans sketchfab plusieurs modèles qui seront visionnables en VR et accessibles depuis la plateforme avec une bonne connection internet. Nous avons utilisé l'option *''envoyer le modèle''* dans agisoft (cette option permet, grâce à la clef API liée à votre compte sketchfab de directement exporter le modèle sans vous soucier des formats. Il est cependant possible d'utiliser la méthode classique en exportant le maillage et la texture (option: exporter le modèle), puis de les *upload* manuellement (attention au format!) dans sketchfab.

- La gravure du poisson
- L'angle et le rocher
- L'extérieur
- l'angle/face arrière/avant
- La grotte entière (fig 1)

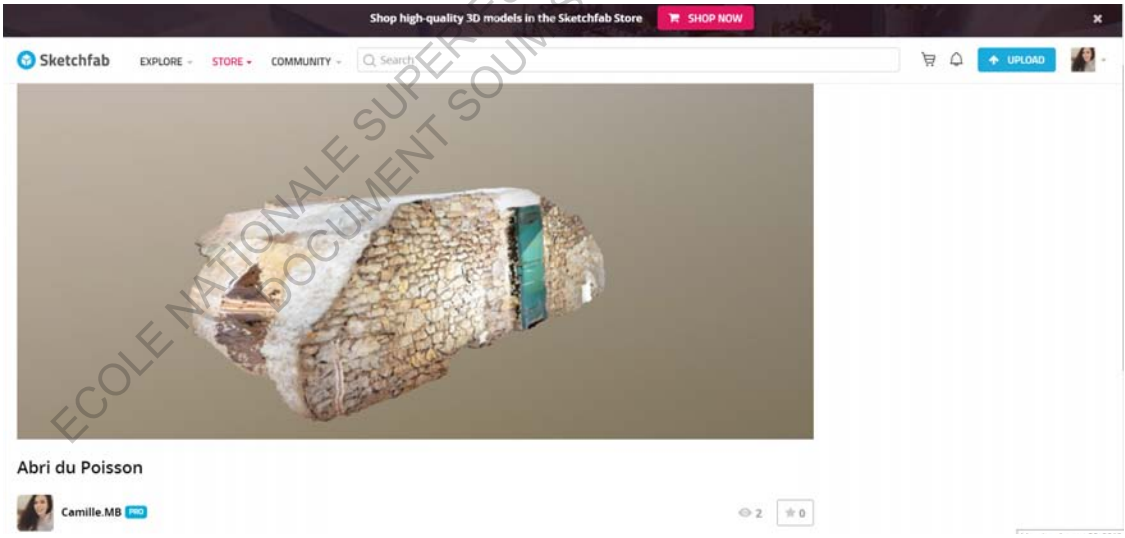
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS À DROIT D'AUTEUR

Comme Aioli, la plateforme permet d'annoter son modèle sous forme de markers (fig 2) (Type google map). On s'apercoit que ce système tend vraiment vers le principe d'immersion en incluant des paramétrages d'animation , de réalité virtuelle (fig 3) et de gestion de la lumière par une succession de filtres (fig 4). Ce n'est pas un moteur allant vers la recherche scientifique, car les modèles sont trop ''légés'' pour traduire tous les détails de certaines échelles. Sketchfab se concentre plutôt vers la démocratisation de l'accès au contenu 3D et tente de se positionner comme ''archive'' du genre.

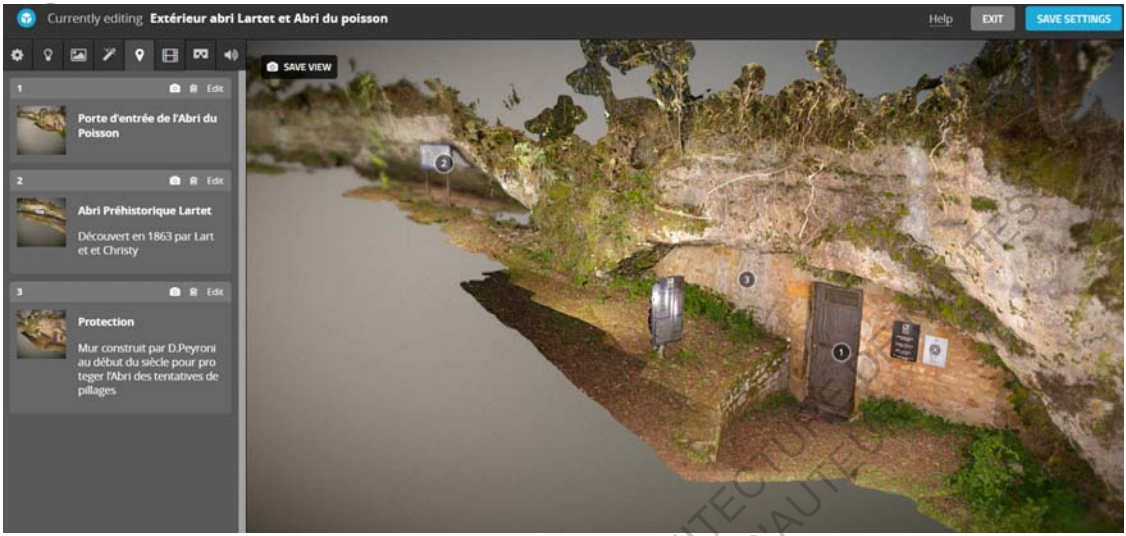
Comme expliqué précédement les textures du poisson on un peu de mal à s'appliquer, principalement dû au faite que la rambarde intérieure fait obstacle tout le long du modèle, que le modèle est aussi un condensé de différente acquisitions et que la puissande de calcul de l'ordinateur est limité.

Les informations pertinentes sur la grotte ont été spacialisé sous forme de markers et sont retrouvable sur le profil de : Camille. MB

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



(fig 1) Aperçu du modèle de l'Abri du poisson importer dans sketchfab - Le modèle est public

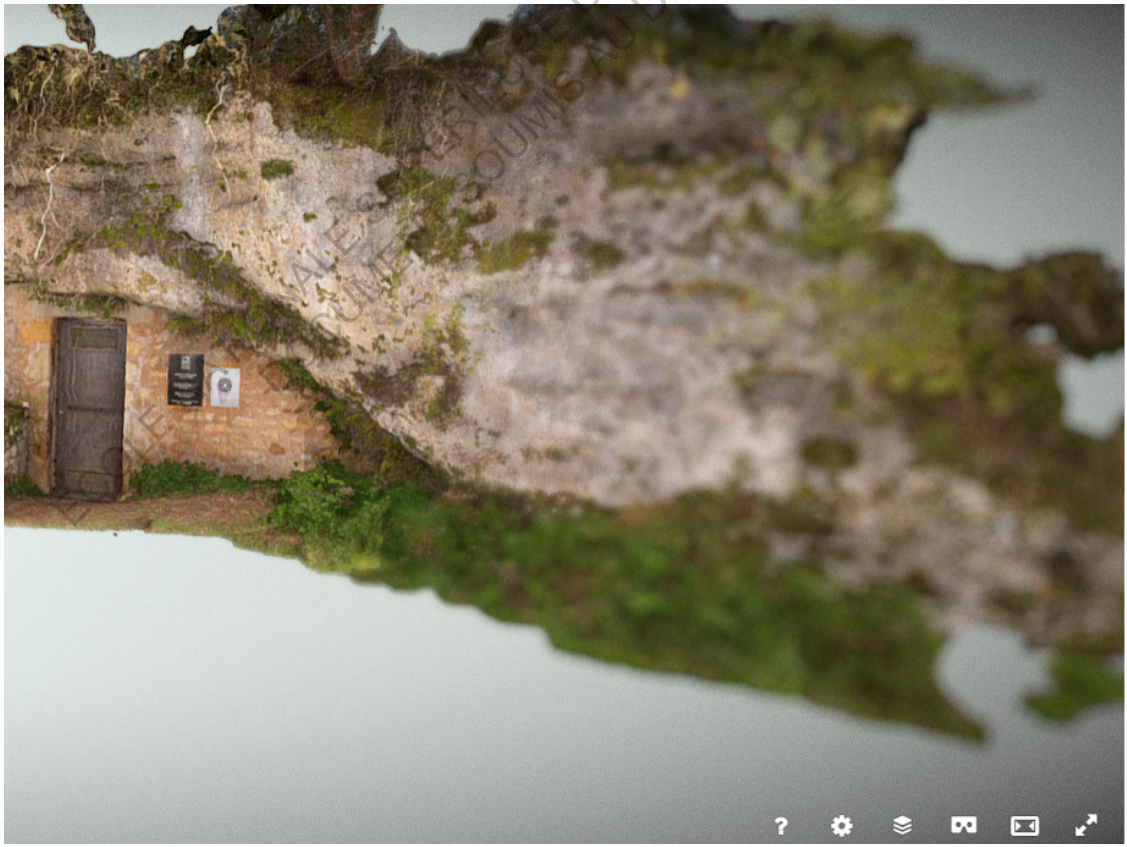


(fig 2) Boite de paramétrage des annotations

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

(fig 3) Boite de paramétrage du mode VR de Sketchfab

(fig 4) Vue du modèle 3D extérieur sur sketchfab



«Comment la mémoire de lieux patrimoniaux sensibles peut-elle être perpétuée grâce à la photomodélisation? »

Quel lien y aurait-il entre la notion de lieu, de mémoire et de virtuel?
Pierre Nora[1] évoquait la notion de lieu de mémoire qui viserait à « *compenser le déracinement historique du social et l'angoisse de l'avenir par la valorisation d'un passé qui n'était pas jusque-là vécu comme tel* ». L'attrait touristique que nous avons vu pour le patrimoine est probablement causé par cette recherche du passé et de nos origines.
Pourtant la fermeture des sites patrimoniaux, les problèmes liés à la pollution générée par le tourisme, le pillage, le terrorisme ou encore d'un point de vue social, les inégalités territoriales sont autant de processus dévastateurs alarmant pour le long terme. L'outil numérique tridimensionnel, capté par photogrammétrie, vient offrir la possibilité de capter l'existence de ces lieux et de les transmettre, pour la recherche ou l'enseignement. Alors que l'outil pédagogique va tendre vers des objectifs d'immersions fidèles afin de créer l'illusion du réel, l'outil scientifique va chercher l'automatisation, le travail de sémantique et de combinaison de modèle 3D.

En l'espace d'une centaine d'années la photogrammétrie est passée de principe géométrique appliqué à l'archivage métrique de cartographie, à la photomodélisation numérique généralisée par des logiciels faciles d'accès et des plateformes communautaires. Elle s'inclut aujourd'hui dans des logiques mondialisées de partage à grande échelle. Nous l'avons vu avec Cyark, Iconem, sketchfab. Cependant la mémoire virtuelle du patrimoine n'est pour moi pas à considérer comme un personnage, un objet *''quelconque''* en 3D. Les starts-ups émergentes dans le domaine font un travail parfois à cheval entre le devoir de mémoire, qui se doit d'être désintéressé de tout profit, et un travail compléxe de sous-traitance encore trop peu connu pour vivre de ''subventions''

1 WIKIPEDIA. (s.d.). Lieu de mémoire. Récupéré de https://fr.wikipedia.org/wiki/Lieu_de_mémoire

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

étatiques.
J'avais précédemment posé la question de savoir si le public devait-il payer pour avoir accès à la connaissance de lieux, très restrictif d'accès, démoli, ou pouvait-il y accéder librement et gratuitement ? L.Merzeau y répond à mi mots dans cette citation: *« La mémoire publique "dépersonnalisée et dissociée des logiques marchandes qui nous circonscrivent et nous prédisent [...] recrée ici le lien entre individu et communauté politique, dans le temps ouvert d'une réfléxivité collective" (Merzeau, 2012) et peut ainsi réconcilier des initiatives communautaires (Derrot et al., 2012) »*[2]
Dans notre cas nous parlerons de mémoire ''spatiale'', ou de lieu virtuel pour caractériser cette transmission. Car en effet la mémoire historique ne suffit pas. La mémoire d'un lieu ne pourra pas s'éteindre à mon avis, tant qu'il y aura des gens pour y prêter attention et la diffuser. Dans la partie consacré à l'interêt du public pour le patrimoine nous avons développé que:
''En *effet le patrimoine, n'a de valeur que quand nous le percevons, il n'a d'importance que dans un monde, ou quelqu'un peut reconnaître sa valeur.*'' La gratuité des informations garantient ainsi que ce projet sera toujours dans un cycle d'ubiquité.

La facilité d'utilisation et la diffusion planétaire des données provoquées par internet (1980) nous amènent à interroger les possibles évolutions ainsi que le principe d'archivage sur le long terme de toutes ces données. Il y a peu de normes en terme d'archivage des 3D. Les lieux de sauvegardes se fragmentent en une cacophonie informatique. La photogrammétrie et ses applications ne manquent pas de perspectives, mais des perspectives qui sont encore à l'état d'expérimentations pour certaines. L'ouverture de la photogrammétrie au domaine de l'architecture du patrimoine dans les années 70, puis l'archéologie annonçait son ouverture future et progressive à d'autres domaines plus variés, mais connexes aux « sciences de l'espace » par leurs transversalités: fac similé, jeux vidéos, le BIM, planification urbaine, reconstitution. etc.

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

2 Merzeau, L. (2012, juin). Faire mémoire des traces numériques. Récupéré de https://www.ina-expert.com/e-dossier-de-l-audiovisuel-sciences-humaines-et-sociales-et-patrimoine-numerique/faire-memoire-des-traces-numeriques.html#23

Ceci fait émerger l'idée d'une base de données mondiale, notamment pour le patrimoine détruit ou inaccessible pour réunir l'immensité de documentations numériques à l'instar d'une bibliothèque universelle. Nous revenons encore une fois à la notion de gratuité que nous évoquions précédemment.
J'émets personnellement l'hypothèse (d'une piste qui pourrait être explorée) que l'attrait en muséographie/scénographie pour les reconstitutions virtuelles émane de l'intérêt du public pour les lieux de mémoire, mais aussi de la propension du médium à associer plusieurs types de mémoire. En effet, il y aurait plusieurs catégories de mémoires à transmettre pour que l'immersion virtuelle soit effective :

- La mémoire historique contenant l'histoire du lieu: elle est un assemblage de ce que nous connaissons déjà sur le sujet et de ce que les historiens nous dévoilent. Le principe de transmission mettra en lien les différentes temporalités du passé, du présent et du futur. La mémoire historique traverse le temps jusqu'au moment ou aucune trace physique n'existe plus.
- la mémoire spatiale qui permettra à l'utilisateur de faire illusion et d'associer un support ''physique'' à un discours historique. La virtualisation du lieu réel va venir créer le liant du fond et de la forme
- La mémoire tactile. Nous avons récemment vu qu'un dispositif (go touch VR[3]) proposant un retour haptique, créant l'illusion pour le cerveau de toucher réellement du doigt des objets. La rapidité technologique nous permet alors d'imaginer la généralisation de ce principe touchant au sens du toucher.
- La mémoire olfactive: dans certains cas elle peut être pertinente à mettre en place. (Vasqo VR)
- La mémoire sonore
- La mémoire climatique: la faculté à pouvoir générer une ambiance lumineuse et météorologique

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
PROJET SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3 Realite-virtuelle.com. (2017, 7 juin). Go Touch VR : un accessoire qui offre la sensation du toucher en réalité virtuelle. Récupéré de https://www.realite-virtuelle.com/go-touch-vr-toucher-0706

À défaut de visiter réellement le site il faudrait que le virtuel devienne non pas un « simulacre » du réel, mais un dispositif alternatif, offrant la possibilité d'être « là bas et ici »à la fois. Cette illusion créerait une immersion ludique totale afin de faire ressentir au mieux la mémoire d'un site patrimonial. On se rapprocherait alors du scénario de science-fiction que de dire que l'immersion virtuelle pourrait un jour devenir trompeur pour le cerveau. S'affranchir complètement du support est pour le moment encore utopique : L'esprit arrive a différencier les reconstitutions de sa vision binoculaire.
L'ouverture de ce médium à d'autres domaines que la cartographie aérienne provoquera la collaboration de domaines aux approches, méthodes et sensibilités différentes. Ces professions évoluent également avec des référents différents, certaines explorent le futur et ses potentiels tandis que les autres étudient le passé. Cette différence peut se ressentir dans la confrontation des différents acteurs travaillant sur ces projets de numérisation. Nous avons vu dans *'le caractère sacré du numérique'* que la photogrammétrie ne doit pas déposséder le fond du propos et les étapes préalables au bon déroulement d'une acquisition. L'automatisation du processus pourrait impliquer aussi une perte de contrôle sur l'opération, menant à une perte de connaissance. Pour les scientifiques, la technologie limite encore la généralisation du processus pour les projets au financement modeste. On pourrait d'ailleurs émettre l'hypothèse que l'interêt du public pour les interfaces numérique 3D, fera perdre en compétitivité les initiatives dites classiques que l'on jugera ''peu innovantes''.

Pour les objets patrimoniaux, la technique photogrammétrique reste "simple", mais se complexifie pour les sites à l'échelle architecturale. Nous l'avons vu dans la partie 2 du mémoire que la configuration des sites joue un rôle important dans les méthodes d'acquisition utilisées pour la création de la photogrammétrie. Mon expérience m'amène à penser qu'une formation rigoureuse adaptée au domaine qui l'utilise ainsi qu'une méthodologie exemplaire est nécessaire afin de ne pas se faire dépasser par le médium. De plus il est nécessaire de fixer tous les objectifs et les opérations à faire sur le terrain avant de se lancer sur l'ordinateur.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Plusieurs pistes de réalisation 3D sur des zones ciblées (DEM généralisé des anneaux, acquisition de repères et hauteur des couches de stratigraphie) sont à explorer afin de compléter la documentation que nous avons actuellement sur le modèle. Les quelques recherches et documents que j'ai effectués ont été réalisés avec un PC possédant une bonne configuration, mais restant un PC portable ''classique''. Pour plus de ''réalisme'' que ce soit en termes de maillage, de texture, il serait judicieux de faire la photogrammétrie avec un matériel adapté. En effet la question du détail, notamment en archéologie semble éssentielle, et ce afin de capter toutes les irrégularités des fouilles. Lors de ce stage d'observation, malgré la documentation et les photos, il était important de constater de visu les altérations que Catherine Cretin et moi même avions relevées par informatique.
Pour conclure, nous savons que la photogrammétrie possède un potentiel important de conservation de la mémoire, qui offrira une immersion profonde d'ici des dizaines d'années quand elle se couplera à d'autres technologies. Mais que celle-ci ne doit pas déposséder l'expérience de ''vivre un lieu par soi-même' que ce soit pour l'outil pédagogique ou pour la recherche.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

BIBLIOGRAPHIE

- **Livre :**

- *Boydens, I. (2004). La conservation numérique des données de gestion (Ed. rev.). https://doi.org/10.3166/dn.8.2.13-22*
- *Coulais, J. F. (2014). Images virtuelles et horizons du regard : Visiblités calculées dans l'histoire des représentations (Ed. rev.). Generve, Suisse : MétisPresses.*
- *Hartmann-Virnich, A., & Hansen, H. (2015). echniques, stratégies et flnalités du relevé numérique et manuel : l'exemple de l'étude de l'ancienne abbaye de Saint-Gilles-du-Gard (projets de recherche AEGIDIANA-AEGIMAIOR) (Ed. rev.). Generve, Suisse : HAL*
- *L. de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles. L. de Luca. (2009). La photomodélisation architecturale. Paris, France : Eyrolles.*
- Kraus, K. (2007). Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans. Walter de Gruyter
- Peyrecé D, Wierre F, Koch C organisateur du colloque organisé par l'INHA et la Cité de l'architecture à Paris du 8 au 10 novembre 2007) *Architecture et archives numériques = Architecture and digital archives. – Architecture in the digital age : a question of memory : l'architecture à l'ère numérique. Paris, France : Gollion (Ch) : Infolio éditions, 2008*

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Sites internets

3DTEST. (2013, 10 juin). INTERVIEW : SKETCHFAB. Récupéré de http://www.3d-test.com/contenu.php?id=2715

3DVF. (2017, 10 juillet). Photogrammétrie : Unity lance un outil de delighting. Récupéré de http://www.3dvf.com/actualite-20655-photogrammetrie-unity-lance-un-outil-delighting.html

80 level. (2014, 4 mai). Achieving the Authenticity of Star Wars Battlefront with Photogrammetry. Récupéré de https://80.lv/articles/achieving-the-authenticity-of-star-wars-battlefront-with-photogrammetry/

C3DC. (s.d.). Culture 3D Cloud est une plateforme d'informatique en nuage pour la numérisation 3D, la documentation, la conservation et la diffusion du patrimoine culturel. Récupéré de http://www.tapenade.gamsau.archi.fr/Culture3DCloud_UsersGuideline.pdf

Doucet, D. (2017, 20 novembre). Un conseiller historique sur «Assassin's Creed» nous raconte son travail. Récupéré de https://www.lesinrocks.com/2017/11/20/jeux-video/la-vie-reelle-des-jeux-vidéo-assassins-creed-au-c ur-de-lhistoire-1111009035/

De Senneville, V. (2018, 25 mai). Iconem, la start-up qui sauve le patrimoine. Récupéré de https://www.lesechos.fr/week-end/business-story/enquetes/0301710294925-iconem-la-start-up-qui-sauve-le-patrimoine-2178620.php

Goudet, J. L. (2018, 1 janvier). Chronique du futur : drones et réalité virtuelle stimulent l'archéologie. Récupéré de https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/homme-chronique-futur-drones-realite-virtuelle-stimulent-archeologie-53399/

Gourdon, J. (2015, 18 juin). Sketchfab, la start-up des fichiers 3D, lève 7 millions de dollars. Récupéré de https://frenchmorning.com/sketchfab-start-up-fichiers-3d-leve-7-millions-de-dollars/

ICOMOS. (1968). Etude sur la photogrammetrie appliquee aux monuments historiques / Application of photogrammetry to historic

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

monuments. Récupéré de https://www.icomos.org/fr/ressources/publications/publications-papiers-gratuites/157-articles-en-francais/ressources/publications/401-etude-sur-la-photogrammetrie-appliquee-aux-monuments-historiques--application-of-photogrammetry-to-historic-monuments

- Kaci, L. (2018, 14 février). L'UNESCO lance une initiative phare pour faire revivre l'esprit de Mossoul. Récupéré de https://fr.unesco.org/news/unesco-lance-initiative-phare-faire-renaitre-esprit-mossoul

- Koppe, M. (2017, 2 mai). De l'égyptologie aux robots, les sciences humaines innovent. Récupéré de https://lejournal.cnrs.fr/articles/de-legyptologie-aux-robots-les-sciences-humaines-innovent

- Katerji, A. (2016, 11 octobre). « Virtual Revolution » : la réalité, quel bordel ! Récupéré de https://www.nouvelobs.com/rue89/rue89-bad-taste/20161011.RUE2401/virtual-revolution-la-realite-quel-bordel.html

- Paroi, Pigment, Pixel. (s.d.). Récupéré de https://www.hominides.com/html/exposition/paroi-pigment-pixel-expo-eyzies-1169.php

- Pontiroli, T. (2015, 17 juinb). Sketchfab, le «YouTube du fichier 3D», mise sur la réalité virtuelle. Récupéré de https://www.clubic.com/pro/actualite-e-business/actualite-770738-sketchfab-youtube-fichier-3d-realite-virtuelle.html

- Realite-virtuelle.com. (2017, 7 juin). Go Touch VR : un accessoire qui offre la sensation du toucher en réalité virtuelle. Récupéré de https://www.realite-virtuelle.com/go-touch-vr-toucher-0706

- Ribadeau Dumas, L. (2017, 21 février). Egypte: un patrimoine archéologique en danger. Récupéré de http://geopolis.francetvinfo.fr/egypte-moins-de-touristes-un-patrimoine-archeologique-en-danger-135321

- Science et avenir. (s.d.). Tourisme sous surveillance à l'île de Pâques. Récupéré de https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/tourisme-sous-surveillance-a-l-ile-de-paques_126412

- SKETCHFAB TEAM. (2012, 26 juillet). Why WebGL? [Publication d'un blog]. Récupéré de https://blog.sketchfab.com/why-webglwe-get-this-question-a-lot-why-webgl-with-sub-

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

sequent-questions-likewhat-about-security-what-about-standardwell-we-believe-webgl-will-become-the-standard-to-display-3d-content-online-in-the-br/

- STAR WARS BATTLEFRONT. (2015, 19 mai). How we used Photogrammetry to Capture Every Last Detail for Star Wars™ Battlefront™. Récupéré de http://starwars.ea.com/starwars/battlefront/news/how-we-used-photogrammetry
- Stevenson, A. (2016, 6 janvier). Intel CES 2016 Press Conference: Robots, drones and Curie wearables. Récupéré de https://www.trustedreviews.com/news/intel-ces-2016-press-conference-all-you-need-to-know-2937033#b33l3SWy5kWGE1BO.99. Récupéré de https://www.trustedreviews.com/news/intel-ces-2016-press-conference-all-you-need-to-know-2937033
- UNESCO. (2008). Sites préhistoriques et grottes ornées de la vallée de la Vézère (France). Récupéré de http://whc.unesco.org/fr/soc/930
- UNESCO. (s.d.). Sites préhistoriques et grottes ornées de la vallée de la Vézère (France). Récupéré de https://whc.unesco.org/fr/facteurs/
- UNESCO. (s.d.-b). Sites préhistoriques et grottes ornées de la vallée de la Vézère. Récupéré de ttp://whc.unesco.org/fr/list/85/documents/
- UNESCO. (2009). Patrimoine mondial en péril. Récupéré de https://whc.unesco.org/fr/158/
- UNESCO. (2018, 16 mai). La vieille ville de Mossoul, un patrimoine en grand danger [Fichier vidéo]. Récupéré de https://www.youtube.com/watch?v=5ZlJtiVQm3M
- YOSRA, K. (2018, 4 juillet). Sketchfab launches a new 3D Model Marketplace. Récupéré de https://3dadept.com/sketchfab-launches-a-new-3d-model-marketplace/
- WIKIPEDIA. (s.d.). Lieu de mémoire. Récupéré de https://fr.wikipedia.org/wiki/Lieu_de_mémoire

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

- **Rapport**

- *Bouvier, P. (2009). LA PRÉSENCE EN RÉALITÉ VIRTUELLE, UNE APPROCHE CENTRÉE UTILISATEUR PRESENCE IN VIRTUAL REALITY, A USER CENTRED APPROACH. Récupéré sur http://monge.univ-mlv.fr/~bouvier/these/these_Patrice_Bouvier.pdf*
- *Cretin, C.& LV.zotkiva, L. (2017). Etude techno-tracéologique de l'abri du poisson (Opération archéologique n 027232).*
- *FAUGERAS, O., & ROBERT, L. (1993). What can two images tell us about a third one (Rapport de recherche n 2018). Récupéré sur https://hal.inria.fr/inria-00074653/document*
- *Hartmann-Virnich, A., & Hansen, H. (2015b). Techniques, stratégies et fInalités du relevé numérique et manuel : l'exemple de l'étude de l'ancienne abbaye de Saint-Gilles-du-Gard (projets de recherche AEGIDIANA-AEGIMAIOR). Récupéré sur https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01211429/document*
- *Marcher, H. (2017). Du nuage de points à la maquette numérique de bâtiment : reconstruction 3D semi-automatique de bâtiments existants (Ed. rev.). Recuperé sur https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01557523/document*
- *Pedatte, K. (2016-2017a). Dispositif d'ubiquité. Récupéré sur http://pedatte.com/portfolio/Memoires/Memoire_Pedatte_Kevin_M2-Dispositif_dubiquite.pdf*
- *Samaan, M. (2017). La photogrammetrie rapprochee au service de l'archéologie preventive. Récupéré sur https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01547923/document*
- *Shubber, Y. (1998). LES REALITES VIRTUELLES ET LA PRESENCE : DE LA CONCEPTUALISATION A L'OPERATIONNALISATION (Recherches en communication, n° 10, (1998).). Récupéré sur http://sites.uclouvain.be/rec/index.php/rec/article/viewFile/2491/2291*
- *Tisseau, J. (2001). R´ealit´e Virtuelle — autonomie in virtuo —. Récupéré sur https://www.enib.fr/~tisseau/doc/hdr/hdrJT.pdf*

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

- **Revue**

- Borel, L., Egels, Y., & Laroze, E. (2017). PHOTOGRAMMÉTRIE APPLIQUÉE À L'ÉTUDE ARCHITECTURALE ET ARCHÉOLOGIQUE, EXEMPLES DE QUELQUES CHANTIERS RÉCENTS EN ÉGYPTE. Archeologia e Calcolatori, Supplemento 5, 137-148.

- Maumont, M. (2010). L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie. Insitu : Revues des patrimoines,

- Musiani.F et Schafer.V, « Patrimoine et patrimonialisation numériques », RESET [En ligne], 6 I 2017, mis en ligne le 18 octobre 2016, consulté le 06 août 2018. URL : http://journals.openedition.org/reset/803 ; DOI : 10.4000/reset.803

- Merzeau, L. (2012, juin). Faire mémoire des traces numériques. Récupéré de https://www.ina-expert.com/e-dossier-de-l-audiovisuel-sciences-humaines-et-sociales-et-patrimoine-numerique/faire-memoire-des-traces-numeriques.html#23

- Prépublications de l'Université de Caen Basse-Normandie. (2008). La mise en valeur du patrimoine culturel par les nouvelles technologies. Schedae, 10 (10), 50-60.

- Simon Bryant, « Relevé et restitution en 3D. Quel intérêt pour l'archéologie ? », Archéopages, 35 I 2012, 84-87.

- **Exposition**

- Paroi, Pigment, Pixel - Reproduire une grotte ornée - Pôle International de Préhistoire - Exposition du 24 mai 2017 au 7 janvier 2018 prolongée au 21 mai 2018 - Les Eyzies-de-Tayac

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

TABLE DES MATIERES

Remerciement 9
Introduction 10
Vocabulaire 12

PARTIE 1 : LES SITES PATRIMONIAUX ET LEUR PENDANT NUMERIQUE 15

LE NUMERIQUE ET LES SITES PATRIMONIAUX ARCHÉOLOGIQUES EN PÉRIL 17

Les causes de dégradation des sites patrimoniaux 17

L'engouement du public pour le patrimoine 21

La notion de présence dans un lieu et les immersions virtuelles 25

LA MÉMOIRE DES LIEUX SOUS FORME VIRTUELLE 29

Le lieu virtuel, lieu réel et leur ubiquité 30

La question de l'archivage numérique 36

À qui appartient la mémoire numérique ? 41

UNE DES TECHNIQUES QUI LE PERMETTE : LA PHOTOGRAMMÉTRIE : DE L'ANALOGIQUE A L'INFORMATIQUE 43

Historique : De la photogrammétrie à la photomodélisation 43

Techniques et méthodologie : de l'acquisition jusqu'au mapping 50

Le caractère sacré du modèle numérique 59

La réalité du terrain : entre topologie des sites et réalité économique 63

Les relevés archéologiques :
Du manuel au numérique : les exemples de l'Abri du Poisson 66

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

LA REUTILSIATION DES PHOTOMODELISATIONS 70

La photomodélisation comme support de recherches 71

Reproduction en fac similé : les grottes de Lascaux 72

La cartographie par photomodélisation comme support de planification urbaine 76

Utilisation des environnements pris par photogrammétrie en jeux videos 78

LA DÉMOCRATISATION DE LA 3D : LES MAILLAGES DE POINTS ET LES PLATEFORMES COMMUNAUTAIRES 95

Des plateformes communautaires 3D à la réalité virtuelle 96

Maillage de points et multiplicité des sources pour l'acquisition 103

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

PARTIE 2: PLONGEE EN DORDOGNE 109

HISTORIQUE DU SITE ÉTUDIÉ 110

Localisation 112

Historique des précédentes opérations et descriptif 121

Les relevés archéologiques :
Du manuel au numérique : les exemples de l'Abri du Poisson 121

MÉTHODES ET ACQUISITION 126

Déroulement de la dernière opération et Matériel Utilisé 126

Réutilisation de données 129

RESTITUTION DU TRAVAIL 132

Traitement de photos par numérique 132

Création d'une photomodélisation 140

Edition d'orthophotos – DEM d'élément de détail 162

Elévations, coupes à l'échelle – Méthologie 164

Plateforme Aioli – Plateforme sémantique 180

Processus immerssif – Sketchfab 184

CONCLUSION ET DISCUSSION 188

BIBLIOGRAPHIE 194

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes -2017-2018

Camille Medjkouh Boulain
Sous la diréction de Laurent Lescop - Architecture en représentation

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR