

NUMERISATION 3D DE LA GROTTTE DES FRAUX (DORDOGNE) PAR LASERGRAMMETRIE ET PHOTOGRAMMETRIE

Laboratoire d'accueil : *Equipe MAP-PAGE, INSA de Strasbourg*
PFE présenté par : **Benoît CAZALET**
Directeur de PFE : *Laurent CAROZZA*
Correcteurs : *Pierre GRUSSENMEYER*
Tania LANDES



1. Contexte et objectif de l'étude

La grotte des Fraux située sur la commune de Saint-Martin de Fressengeas en Dordogne est l'une des plus importantes grottes datées de l'Age du Bronze (-1300 av. JC environ). A ce titre, elle fut après les premières explorations, inscrite au titre des monuments historiques par l'arrêté du 24 octobre 1995.

La problématique générale du projet concernant la grotte des Fraux, élaborée en partenariat avec le SRA d'Aquitaine (Service Régional de l'Archéologie d'Aquitaine) consiste essentiellement en la conservation d'un des sites majeurs de l'Age du Bronze.

L'ensemble des recherches entreprises s'articule autour des programmes P16 et P17 :

- P16 : Le monde, les morts, nécropoles et cultes associés
- P17 : Sanctuaires, rites publics et domestiques

Dans ce contexte, un partenariat entre M. Laurent CAROZZA, détenteur de l'autorisation de fouille et le laboratoire UMR 694 MAP-PAGE de l'INSA de Strasbourg a été conclu en 2008 pour réaliser la modélisation 3D de certains secteurs de la grotte (secteur 11,13 et 18). Ce modèle 3D devra servir de base pour la communication et permettre l'intégration des différents résultats obtenus par les archéologues.

Mon travail s'est articulé autour de la création de modes opératoires permettant d'effectuer les relevés lasergrammétriques et photogrammétriques dans la grotte, ainsi que de la création des premiers modèles 3D maillés donc certains seront texturés.

Les différentes réflexions du projet sont concentrées autour des thèmes suivants :

- Les modes opératoires à mettre en œuvre pour l'acquisition des données spatiales
- Le traitement des données
- La diffusion des modèles auprès des archéologues
- Les améliorations à apporter pour faciliter le post-traitement

Les difficultés d'acquisition et de traitements auxquelles nous avons été confrontés nous ont contraints à revoir certains objectifs au cours du projet, notamment ceux concernant le texturage de l'ensemble de la cavité à partir de photographies prises indépendamment des nuages de points.

2. Mode opératoire mis en œuvre

Les modes opératoires mis en œuvre s'articulent autour de trois grands axes :

- Création du cheminement polygonal contenant les points d'appuis et les références (sphères, points durs...)
- Relevé de la cavité par lasergrammétrie terrestre
- Prise de photographies numériques destinées au texturage.

L'objectif est de créer un modèle 3D totalement texturé à partir de photographies réalisées indépendamment des nuages de points acquis avec un scanner Faro Photon. Toutefois, la difficulté d'un tel travail nous a obligés à revoir les objectifs concernant le texturage pour finalement s'attacher à texturer certaines zones intéressantes pour les archéologues (salle du pilier du secteur 13 et mur orné du secteur 11). Le développement sous Matlab d'un outil de coloration de nuages, qui doit encore évoluer pour permettre le placage de photographies, servira de base aux futurs travaux relatifs au texturage.

Les données qui ont posées le plus de problèmes sont les photographies numériques, compte tenu du peu de recul dans certaines zones et des difficultés à placer des sources de lumière artificielle dans la grotte. Les appareils réflex numériques Canon EOS 5D et Nikon D200, ainsi que le tachéomètre électronique Trimble VX ont été utilisés pour l'acquisition des images.

Pour automatiser les traitements futurs, des cibles codées ont été disposées dans la grotte (sans toucher les parois) pour faciliter les calculs d'orientations des différents blocs de photographies. Une calibration de l'appareil photo Canon EOS 5D a également été réalisée de façon à corriger les photographies des distorsions optiques, ce qui n'avait pas pu être fait avec le Nikon D200 des archéologues.

3. Traitements des données

Les phases de traitements se divisent en deux catégories :

- Traitements des nuages de points
- Traitements des photographies

L'impossibilité pour le logiciel Realworks de traiter les données brutes a nécessité un pré-traitement des données. En effet, les nuages de points bruts issus du scanner à différence de phase de Faro Photon ont une densité de 1 point/mm. Pour le calcul du modèle global, nous avons rééchantillonné les nuages à 1point/cm de façon à les consolider et les afficher sans difficulté dans nos outils.



Figure 1. (a) Scanner Photon 80



(b) Relevé d'une paroi



(c) Relevé d'une galerie

Pour garantir un taux de recouvrement suffisant en vue du calcul en bloc des orientations des photographies, il a fallu multiplier le nombre de prises de vues compte tenu du faible recul dans certains secteurs de la grotte. Ce volume important de données a considérablement alourdi les traitements dans PhotoModeler et fut l'une des raisons pour lesquelles nous nous sommes concentrés sur le texturage de certaines zones de la cavité et non sur le texturage du modèle général.

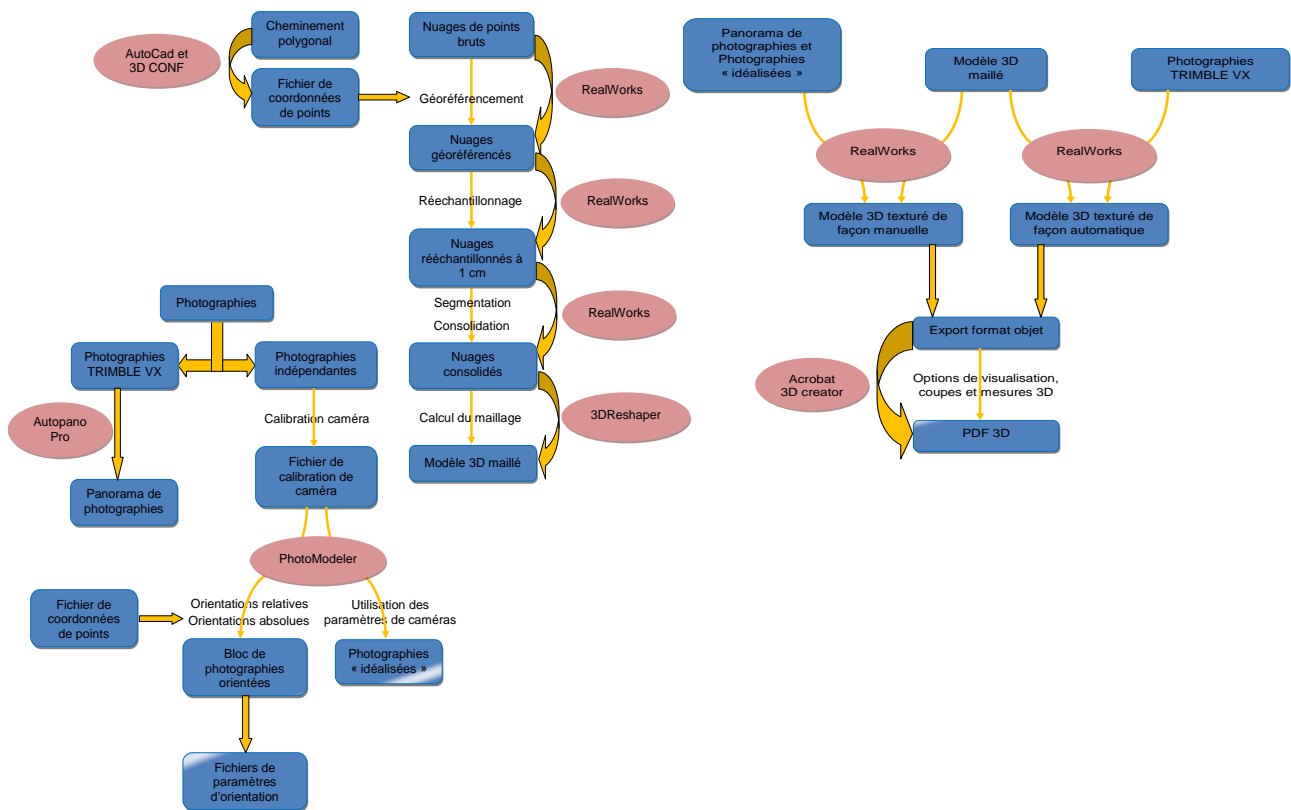


Figure 2. Chaîne de traitement des nuages de points et des photographies

Les zones modélisées avec les nuages de points dont la densité est de 1pt/mm ont pu être texturées de façon automatique grâce aux photographies issues du tachéomètre Trimble VX, dont les paramètres d'orientation sont parfaitement lisibles par le logiciel Realworks. Ces photographies, d'une qualité moindre que celle issues du Canon EOS 5D sont toutefois très utiles, puisque automatiquement corrélées avec le nuage de points, si celui-ci est exprimé dans le même système de coordonnées.

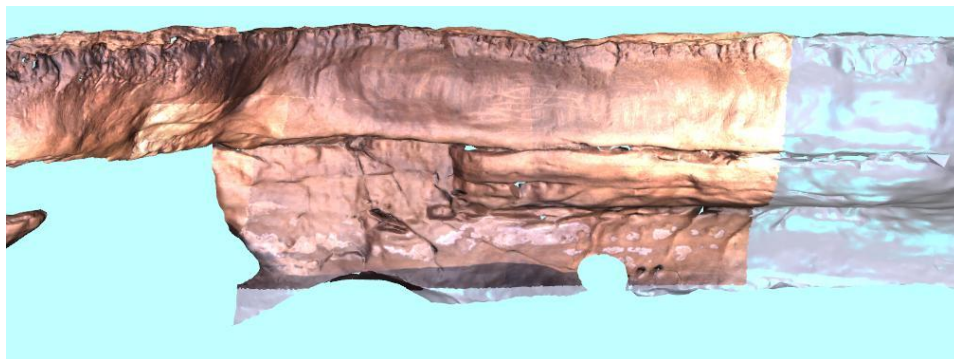


Figure 3. Modèle texturé la salle du pilier avec les photographies du tachéomètre Trimble VX (secteur 13 : densité de 1pt/mm pour le nuage de points)

L'étape finale est la création des modèles au format PDF3D. Ce format, facilement utilisable par les archéologues, permet d'effectuer certaines opérations de base comme la mesure de distances spatiales ou la création de coupes et de profils dans le modèle 3D.

4. Résultats

Ce projet a permis de créer différents modèles (texturés ou non), représentant l'ensemble des secteurs mesurés à ce jour. Ces modèles ont fait l'objet d'analyses géométriques et radiométriques permettant d'évaluer leur qualité.



Figure 4. Modèles 3D maillés (densité de 1 point/centimètre)
Secteur 13 (à gauche) et secteur 18 (à droite)

5. Perspectives

Les perspectives de traitement vont se baser principalement sur l'amélioration des prises de vues photographiques de façon à automatiser entièrement les calculs d'orientations externes.

Pour le texturage, la création d'un outil permettant de plaquer directement les photographies serait un vrai plus. Pour ce projet, nous avons créé une fonction Matlab capable de colorer le nuage de points en se basant sur les paramètres d'orientations externes des photographies calculés au préalable dans PhotoModeler.

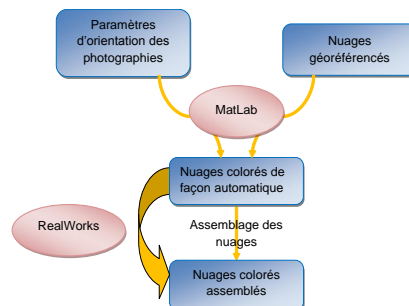


Figure 5. Principe de la Fonction permettant de colorer un nuage de point

Cette fonction se base sur les équations de colinéarité et permet de calculer, dans le repère objet, la position de chaque pixel de la photographie pour l'associer au point correspondant dans le nuage. Cette fonction intègre un module de correction de distorsions et de découpage de l'image permettant de ne garder que la partie centrale de façon à limiter le nombre de points doubles lors de la coloration du nuage.

6. Conclusion

Cette étude a fourni un préambule aux recherches futures. En effet, étant le premier à avoir travaillé sur ce projet, j'ai contribué à la mise au point de tous les modes opératoires, sachant que les conditions en grotte sont très différentes de celles que l'on peut avoir en surface. L'hygrométrie, le manque de luminosité et le fait de ne pas pouvoir circuler librement pour des questions de sécurité nous ont contraint à faire preuve d'imagination lors des prises de mesures. Nous disposons actuellement d'un volume conséquent de données qu'il faudra continuer de traiter notamment au niveau du texturage. Ce projet qui n'en est encore qu'à son début permettra à terme d'intégrer au sein d'un modèle 3D l'ensemble des données et observations des chercheurs, de façon à en faire un outil d'investigation et de communication complet et pertinent.