La modélisation d'incinérations

Nicolas Saulière

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/archeopages/422>

DOI : 10.4000/archeopages.422

ISSN : 2269-9872

Éditeur

INRAP - Institut national de recherches archéologiques préventives

Édition imprimée

Date de publication : 1 février 2012

Pagination : 96-98

ISSN : 1622-8545

Référence électronique

Nicolas Saulière, « La modélisation d'incinérations », *Archéopages* [En ligne], 34 | 07/2012, mis en ligne le 01 juillet 2012, consulté le 26 janvier 2022. URL : <http://journals.openedition.org/archeopages/422> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/archeopages.422>

sa manipulation sans moyen de levage. Réalisées en deux phases, 133 photos ont produit deux MNS regroupés en un modèle de 2,34 millions de faces avec une résolution de 1,4 mm. Ce document est assez précis pour restituer les éclats, les cupules de broyage et jusqu'aux détails des principales marques de bouchardage. Ces caractéristiques morphologiques et la qualité des traces d'utilisation ont ainsi justifié la modélisation du bloc afin d'en extraire des vues orthogonales [ill. 5]. La 3D a également facilité la création de coupes et profils selon des plans paramétrés ou libres pour fournir des informations complémentaires. Les illustrations obtenues constituent une base graphique géométriquement fiable sur laquelle les observations et les résultats d'analyse peuvent être reportés.

Le modèle 3D comme support à l'enregistrement

Deux étapes de travail doivent être distinguées : d'une part, l'enregistrement des géométries et, d'autre part, l'interprétation des vestiges. La prise de cotes par des moyens traditionnels accapare une part importante du temps qui pourrait être affecté à l'étude. En dissociant ces deux tâches et en éliminant au maximum la part d'interprétation lors des prises de mesure, on crée un cadre plus juste pour l'analyse. Grâce à sa souplesse pour réaliser des vues géométrales, la modélisation permet d'extraire des images en projection orthogonale qui servent ensuite de support à un relevé interprété.

Nous avons procédé de cette façon pour un four de tuilier¹ découvert à Mours (Val-d'Oise) (Mondoloni, à paraître). Les coupes longitudinales et transversales de l'alandier, de la chambre de chauffe et de la maçonnerie ont été modélisées en un MNS de 1,47 million de faces. Ce document, très riche et géométriquement juste, a été projeté selon les axes de coupes et imprimés au 1/20° [ill. 6.a et a.bis]. Ces représentations ont permis l'enregistrement des gestes du constructeur sur un calque en retombe. Ainsi, nous avons produit un plan de calepinage qui décrit les différents matériaux [ill. 6.b et b.bis], les phases de construction et leurs réparations. La phase de description sur le terrain a été plus courte et facilitée par ces supports imprimés grâce auxquels il n'était plus utile de prendre des mesures pour faire figurer les différents éléments.

La modélisation d'incinérations

Nicolas Saulière, *Inrap*

Les premiers essais de la photogrammétrie en archéologie réalisés par les équipes Inrap d'Île-de-France ont porté sur des structures complexes (four de tuilier, sépulture...), mais aussi sur des objets de grandes dimensions (menhirs). Cette technique de modélisation tridimensionnelle a été réalisée sur des objets de moindre échelle lors de

l'étude de la nécropole de la « Plaine du moulin à Vent » à Cesson (Seine-et-Marne). Sur ce site furent mises au jour 170 sépultures secondaires à crémation, datées de l'âge du Bronze moyen et final. Notre collègue anthropologue Anne-Gaëlle De Kepper a suggéré d'en modéliser un échantillon. En effet, la majorité des dépôts cinéraires étant constituée d'amas osseux dont le contenant en matériau périssable n'a pas été conservé, les modèles 3D devaient servir à en restituer la morphologie initiale. Les résultats obtenus permettront de constituer une base de données pour ce type de dépôt. L'étude étant en cours, seule une ébauche des résultats est présentée ici. Sont abordées la méthodologie adoptée pour la modélisation, les contraintes dues à ce type de mobilier, et les études envisagées.

Deux types de modèles ont été réalisés en fonction de l'état de conservation des dépôts cinéraires. Si les ossements sont très fragmentés et non identifiables sur place, le modèle sert à une étude morphologique de l'amas osseux, afin de déterminer la forme du contenant. Dans ce cas, le nombre de photographies a été limité afin d'obtenir des modèles relativement légers et d'optimiser le temps de calcul. Mais si les ossements sont bien conservés et identifiables, il est aussi possible de voir leur répartition au sein de l'amas selon les différentes régions anatomiques du corps humain (crâne, tronc, membres). Le nombre de clichés augmente alors selon l'importance accordée aux détails. Après prélèvement et étude en laboratoire de l'amas osseux, l'incinération est installée de façon à effectuer une couverture photographique complète de la structure. Le protocole consiste en quatre prises de vue à la verticale du sujet, légèrement décalées les unes des autres afin de s'adapter à la contrainte de la forme cylindrique des incinérations et à la nécessité de réaliser des prises de vue se recouvrant par moitié ; puis furent réalisés plusieurs clichés en spirale autour de l'incinération [ill. 1]. Entre 40 et 90 photographies ont ainsi été réalisées pour chaque incinération en fonction de la résolution visée. Plusieurs contraintes optiques sont à noter. Tout d'abord, plus les objets sont petits, plus il est difficile d'avoir une bonne profondeur de champ. Or les photographies comportant des plans flous génèrent du « bruit » (points parasites n'ayant aucune position cohérente). Par ailleurs, il est nécessaire de corriger les effets des inévitables situations de contre-jour, puisque, en tournant à 360° autour des incinérations, il arrive d'être face à la source de lumière. Il convient alors de légèrement surexposer les photographies pour éviter d'avoir un sujet trop sombre. Malgré ces précautions, il a fallu opérer un important travail d'épuration sur les nuages de points avant de générer, à partir du logiciel Meshlab, un maillage de polygones. La morphologie des incinérations a été étudiée à l'aide du logiciel Blender qui permet de créer des formes géométriques et de les comparer au modèle issu de Meshlab. On peut, de la sorte,

1. Fouille « Le derrière des Moulins » : Alexandra Mondoloni, Inrap, 2011/2012 ; étude du four : Aurélia Aligri, Inrap.

1. Carte en relief des trois zones de fouille.
2. Profils de terrain.
3. Comparaison du MNT issu de la photogrammétrie et de la topographie.

Profil figurant les 39 points relevés sur le terrain par l'opérateur

Profil figurant les 92 points générés par le modèle 3D

confirmer ou infirmer des hypothèses de contenants et réaliser des illustrations [iii. 2]. De plus, tous les modèles peuvent être fournis aux différents acteurs de l'étude au format pdf 3D, facilement lisible avec Adobe Reader ou Acrobat [iii. 3], qui permet de visionner les acquisitions 3D à l'échelle, de faire des mesures et de pratiquer des coupes. La photogrammétrie a ici permis de trouver une nouvelle approche d'étude des incinérations. Différentes hypothèses de formes de contenant peuvent être confrontées à une représentation virtuelle, afin de les valider – ou non – et de les illustrer. De plus, la forme et les couleurs de faits archéologiques, qui seront à terme démantelés par la fouille, peuvent être sauvegardées. Enfin, cet enregistrement peut alimenter une base de données utile pour des études ultérieures.

Modélisation de terrain par prise de vue embarquée

Régis Touquet, *Inrap*

Une campagne de prise de vues aériennes par drone a été réalisée sur l'opération archéologique de Morigny-Champigny¹ (Essonne), couvrant 5 000 m² et divisée en trois zones distinctes. La couverture photographique complète de l'emprise et l'importante quantité d'images produites par un tel procédé a permis d'exploiter les clichés dans un travail de modélisation de leur géométrie. Il est en effet possible, grâce à la technique de la photogrammétrie, d'exploiter des images diverses tant pour leur échelle que par les types d'appareils de prises de vues. Outre la possibilité de mettre à l'épreuve cette technique sur une grande surface, le but était de créer un modèle numérique de terrain précis des différentes zones de fouilles et ce, uniquement à partir des documents photographiques. La société Kyuaero a réalisé les prises de vues aériennes à l'aide d'un drone commandé depuis le sol. Il s'agissait d'obtenir des photographies zénithales ainsi que des photographies angulaires, le drone survolant alors de manière concentrique les emprises à traiter. Les clichés ont été pris en mode rafale, à environ 20 mètres du sol, à raison d'une photographie par seconde. Le couvert nuageux entraînant une faible lumière le jour des prises de vue, la multiplication des images a ainsi été privilégiée. Un fond photographique d'une centaine de clichés exploitables par zones a été obtenu. Ces données *raster* brutes, d'une définition de 12 millions de pixels, ont ensuite été soumises à des solutions logicielles. Chaque cliché réalisé sur les zones de l'emprise a été traité de manière indépendante par les logiciels libres Bundler, PMVS, CMVS et Meshlab, afin d'en acquérir un modèle 3D à haute densité de points. Trois Modèles Numériques de Terrain (MNT) ont par la suite été calculés, couvrant des surfaces au sol de 600, 1 900 et 2 500 m². Un MNT se représente

par des faces triangulaires modélisées en 3D, qui traduisent le relief calculé. Le nombre de ces faces dépend davantage de la pertinence géométrale des sources de données utilisées que de la surface du modèle. Les logiciels d'acquisition 3D précités peuvent générer, selon la pertinence des informations, plusieurs millions de faces, offrant ainsi une visualisation très précise et fidèle des sujets traités. Le modèle obtenu doit être orienté selon le système de projection de l'opération. En amont du traitement, des points remarquables sont ainsi levés sur le terrain et déterminés par coordonnées. Ces données correspondent à des points d'angles ou d'arêtes identifiables sur le MNT calculé. Le géo-référencement du modèle en projection et en élévation permet ainsi d'analyser, de manière précise, la topographie existante et de la soumettre aux différents outils de visualisation. Des cartes en relief [iii. 1] des trois zones ont été dressées, facilitant ainsi la lecture topographique et la comparaison des altitudes d'une zone à l'autre. De plus, durant la phase de fouille et de post-fouille, un nombre infini de profils peuvent être exportés du modèle [iii. 2], traduisant graphiquement en 2D les informations du relief. Ces profils de terrains permettent également un contrôle de précision du MNT en le comparant à un levé traditionnel effectué par le topographe [iii. 3]. Toutefois, la résolution obtenue par la photogrammétrie s'avère beaucoup plus pertinente, car elle génère un nombre de points topographiques important, trop lourd à mettre en œuvre avec un levé au tachéomètre.

La confrontation des différentes couches superposables que sont le MNT, le plan-masse du site et les images géo-référencées issues de la photogrammétrie facilite la lecture des zones modélisées et permet une approche tridimensionnelle des problématiques. L'analyse des pentes, l'étude du microrelief, le calcul des cubatures font partie des outils utiles au responsable d'opération. La procédure d'acquisition étant simple à mettre en œuvre, elle peut être répétée et permettre ainsi la comparaison précise de différents modèles successifs. Les niveaux d'occupation ou de décapage peuvent alors être documentés au fil de l'opération archéologique. La caractérisation des aspects du relief peut devenir systématique et intégrer une réflexion plus large sur l'implantation des occupations humaines.

Relevé en 3D d'une structure souterraine médiévale

Chhavy-Cyril Tan, *Service archéologique départemental d'Indre-et-Loire*
Laurent Fournier, *Inrap*

La découverte, au cours de l'été 2009, d'une structure souterraine, annexe d'un habitat médiéval, sur le site d'Ormes « Le Bois d'Ormes » (Loiret) (Fournier, 2011) a conduit à la mise en

1. Responsable d'opération Paulette Lawrence-Dubovac, Inrap.