

## *Archéologie du bâti, scanner 3D*

### *Et ortho-photographie*

### *Vraie réponse ou fausse solution*

*Franck Suméra*

## Un peu d'histoire

Depuis que l'on découpe les monuments en unités stratigraphiques à l'instar des unités sédimentaires, c'est-à-dire depuis à peine trois décennies, tous les archéologues juchés sur leurs échelles avec le fil à plomb d'une main, le mètre dans l'autre et pas de troisième main pour tenir l'échelle ont rêvé à des outils de relevés automatiques. Au cours des années glorieuses, la règle était le relevé au 1/10 ou 1/20e, réalisé par deux opérateurs, le plus téméraire juché sur une échelle, le plus craintif (on disait alors celui qui dessine le mieux), les pieds sur terre, le crayon à la main et la planche sur les genoux. Rattrapés par la législation du travail, les archéologues ont été rapidement contraints d'utiliser des échafaudages, plus confortables, plus sécurisants mais nettement moins pratiques pour apprécier l'ordonnement des appareillages d'un mur. On passera sous silence la rapide parenthèse du pantographe encore plus stressant sur les parois verticales qu'il ne l'était sur les plans horizontaux, pour aboutir rapidement aux solutions des « Géotrouvetout » de l'informatique.



Dans les années 1980, au balbutiement de l'informatique dédié à l'archéologie, l'application **Arkéoplan** est élaborée par Olivier Buchsenschutz et développée sur un coin de table par une petite société. Elle permet de redresser le dessin vectorisé à partir d'une image Raster. Intéressant dans la démarche, le logiciel protégé par une clef informatique a fait peu d'émules<sup>1</sup>.

**En parallèle, côté salon**, le Ministère de la culture développait un laboratoire de photogrammétrie dont les travaux sont plus orientés vers l'architecture que l'archéologie et les préhistoriens s'engagent à l'ombre des grottes dans la voie du relevé 3D...Les résultats resteront le plus souvent, eux aussi, dans l'obscurité...

---

**Katherine Gruel et Olivier Buchsenschutz**, « Le relevé de terrain en archéologie : le système Arkéoplan », *Histoire & mesure*, vol. IX – n°3/4, 1994, p. 231-237.



SIG, qui ont retardé jusqu'à aujourd'hui leur utilisation par les archéologues.

Pendant trente ans, des technologues,

souvent technocrates, se sont



**Côté cuisine**, au sein de l'AFAN, des services de collectivités et des SRA, se développe des expériences « hand made » s'appuyant essentiellement sur Photoshop. Rapidement le discours s'épaissit et les moulinettes intègrent les déformations liées aux angles de prises de vues, plus rarement les déformations liées aux caractéristiques des appareils, et, exceptionnellement les déformations liées aux irrégularités topographiques du support.

Enfin, depuis une dizaine d'années **le recours au scanner 3D se développe**, se démocratise et s'articule de plus en plus avec la réalisation d'ortho-photographies, si bien que la confusion née entre scanner 3D, MNT, MNS et ortho-photographie.

**Les aficionados** de la technologie militent pour la multiplication des expériences, s'équipent ; les commandes fusent mais les résultats se limitent souvent à la remise d'images virtuelles déconnectées de résultats scientifiques. C'est la profusion des maisons-témoin au détriment de la production scientifique.

**Les sceptiques triomphent** et voilà que la nostalgie de l'échelle reprend le dessus. Ainsi, en 2009, la CIRA Méditerranée a dénoncé à plusieurs reprises la fatuité de ces opérations défendant une archéologie du bâti de la réflexion qui serait inhérente au relevé manuel contre une archéologie de technologues décérébrés.

Ces mouvements de balancier ne sont pas sans rappeler les mouvements de pensée autour des

contentés de communiquer autour de l'outil, présentant de colloque en colloque une promotion de celui-ci pendant que les chercheurs ayant de vraies problématiques continuaient à mener une réflexion spatiale et systémique avec des moyens archaïques. On pourrait citer ici le refus ou les réticences des concepteurs de Syslat d'articuler leur système avec un SIG et les tentations de tricoter autour de logiciel de dessin et non de cartographie ou de topographie.

Il me semble que nous nous trouvons de nouveau à une charnière qui pourrait nous conduire à jeter le bébé avec l'eau du bain et à perdre à nouveau une ou deux décennies, comme nous l'avons fait avec les SIG.

## Confrontation des méthodes

Comme toujours le débat qui oppose les modernes aux anciens est fondé sur de réels arguments, ainsi chacun pourra rester sur ses positions et s'engouffrer dans les nouvelles technologies ou persévérer avec des méthodologies de relevés et de représentation graphique qui ont fait leurs preuves et dont on mesure les apports et les limites. Il peut néanmoins être utile de comparer les deux approches sous l'angle des trois missions de base d'un Service Régional de l'Archéologie (Recherche, Conservation, Communication).

Depuis une dizaine d'années le Service Régional de l'Archéologie et le Service Régional des

Monuments Historiques ont fait réaliser, en collaboration avec les collectivités une dizaine d'opérations de relevés Scanner 3D associées à des opérations de relevés ortho photographiques. Ces travaux à vocation mixte d'étude, d'enregistrement des données mais aussi de communication ont été réalisés dans le cadre de marchés publics et avec plusieurs opérateurs. Nous disposons maintenant d'un retour sur expérience qui nous permet d'estimer les coûts actuels de ce type de travaux mais aussi les apports et limites dans le cadre de nos missions de recherche et de conservation.

Le relevé, qu'il soit numérique ou non, est avant une action qui vise à la **conservation des données**. Au-delà du mode opératoire, un levé est toujours sélectif parce qu'il y a obligatoirement un choix préalable qui détermine ce qui doit être relevé et sous quelle forme (échelle, résolution etc...). Lors de la réalisation d'un levé manuel la destination du document final est en permanence à l'esprit de celui qui mesure et dessine ; il est conduit dans la perspective de réaliser un plan, une élévation, des courbes de niveau mais rarement les trois en même temps. Il en ressort que lorsque le levé est réalisé et qu'un nouveau besoin apparaît, une cartographie des écoulements de pentes par exemple, il faut intervenir à nouveau sur le terrain pour reprendre les données nécessaires à ce nouveau projet. Lorsque le relevé est conduit par la machine dans le cadre d'un scanner 3D, des choix préalables s'imposent aussi mais l'acquisition des données est plus exhaustive de sorte que le relevé constitue une masse de données quantitatives dans lesquelles on doit pouvoir puiser pour réaliser des extractions thématiques. Il faut néanmoins souligner qu'il est aussi nécessaire de définir en amont un socle de destinations qui va déterminer la résolution mais aussi l'acceptation des « surfaces cachées », la résolution de l'orthophotographie et les marges d'erreur acceptables. Les possibilités de retour sur des utilisations non prévues lors de la prise de

données sont plus importantes mais pas illimitées, elles sont notamment conditionnées par les variables évoquées ci-dessus. L'éventail des possibilités de retour sur l'information topographique collectée peut parfois amener à ne pas définir de finalités immédiates pour les utilisations des levés de qui conduit au mieux à la présentation à l'occasion d'un colloque d'une image qui tourne et qui n'impressionne plus personne et au pire à un fichier qui dort au fond d'un ordinateur. La question du questionnement et des représentations graphiques recherchées doit être comme pour un levé manuel, à l'origine de toute démarche. Cela est d'autant plus important que les modalités de stockage des données numérique 3D ne sont toujours pas normalisées et que rien n'est mis en place pour la conservation de ces données à l'échelon national. Pour le moment, on ne peut donc pas concevoir que ces nuages de points constituent de manière intrinsèque un mode de conservation des données. Il est donc indispensable d'en prévoir l'exploitation immédiate et non de supputer sur l'avenir.

### **Le levé comme support d'interprétation**

Il est rare que ce qui n'a pas été compris sur le terrain le soit de retour au laboratoire. Cela était probablement d'avantage le cas lorsque les levés étaient exclusivement manuels, mais ce n'est pas seulement une question de définition de la résolution de l'information. La question du temps de réalisation me semble être au centre de cet état de fait.

Lorsque l'on réalise un relevé pierre à pierre selon les méthodes traditionnelles, le temps de réalisation correspond aussi au temps d'imprégnation nécessaire à la compréhension du site ou du monument. L'automatisation des relevés a pu faire croire que la finalité d'un relevé était la restitution d'une image, alors, qu'à mon sens, la période d'acquisition des données est aussi la période où la réflexion intellectuelle est la plus intense et où s'effectue un va-et-vient entre ce qui est vu et ce qui est compris. Lorsque le

levé numérique est seulement perçu comme un gain de temps et que l'on n'a pas accordé le temps nécessaire à la réflexion, on perçoit très vite que les résultats scientifiques sont maigres. Il y a un temps d'imprégnation pour la compréhension d'un site qui est incompressible.

Les technologies numériques peuvent constituer un meilleur support d'interprétation parce qu'elles permettent un enregistrement plus détaillé, plus systématique et quantitatif mais si et seulement si, elles ne s'accompagnent pas d'une compression du temps de réflexion. Malheureusement, la phase contemplative qui était dissimulée par le crayon et la planche est difficile à accepter dans les nouvelles logiques comptables de l'archéologie si elle n'est pas dissimulée par une action.

Un autre frein à l'utilisation pertinente des données issues de levé scanner 3D est lié d'une part à l'absence de formation des archéologues aux logiciels de traitements d'image et d'autre part l'absence de logiciels permettant de faire le lien entre nuages de points et entités archéologiques. Des logiciels qui permettraient de répondre à nos attentes existent mais ils sont dédiés à l'industrie et très onéreux. Il faut donc se contenter aujourd'hui des logiciels de visualisation existants qui sont livrés avec les données fournies généralement au format VRML, mais ces petites applications sont peu performantes et permettent seulement de faire des extractions par blocs. En contrepartie, leur utilisation est très facile.

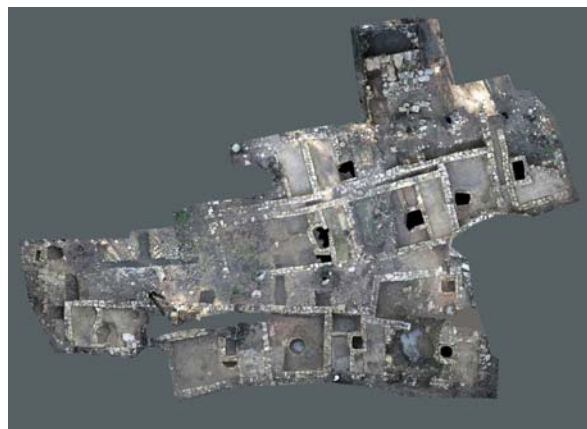
### **Le levé comme support d'interprétation**

Le levé par scanner 3D a souvent été perçu comme un bon support de communication essentiellement parce que faire tourner une image pour voir toutes les facettes d'un objet est une démarche ludique. Dans les faits, les infographes sont peu enclins à utiliser de lourds nuages de points pour réaliser des modélisations 3D et sont plus à la recherche d'algorithmes vectoriels moins gourmands en mémoire

informatique. Pour autant, les nuages de points et les ortho-photographies peuvent constituer l'ossature de ces images vectorielles et aussi le document de contrôle pour la pertinence des restitutions. Néanmoins, l'évolution des technologies et des capacités de stockage laissent aujourd'hui entrevoir la possibilité de restitutions sous formats 3D manipulables par internet.

## La question des coûts : Faire ou faire faire ?

Les coûts liés à la réalisation d'un levé topographique par scanner 3D et d'une ortho-photographie, bien qu'en baisse, restent très importants. La moindre opération commence autour de 10 000 € et se situe en moyenne autour de 25 000 €. Ces coûts peuvent laisser penser que ces technologies sont hors de portée des archéologues dans leur cadre quotidien. Pourtant, si l'on y regarde de plus près, on constate que la réalisation d'un relevé scanner 3D par un prestataire externe est très proche d'un relevé réalisé manuellement.



Dans l'exemple choisi du site des Encourdoules sur la commune de Vallauris, dont le levé a été assuré par scanner 3D en une semaine de terrain, le coût de la prestation a été d'environ 20 000 €. Mais un relevé pierre à pierre manuel aurait nécessité entre deux à trois mois de prestation qui au coût du marché actuel aurait coûté la

même somme<sup>2</sup>. Comme cela a été évoqué précédemment, la prestation scanner 3D a livré plus de données cartographiques utilisables mais en revanche ne s'est pas accompagnée d'une réflexion préalable à l'analyse.

Si l'on intègre les questions de masse salariale, sur bien des chantiers, des phases de relevés pourraient être réalisées d'une manière avantageuse par les procédés du scanner.

Certaines équipes de chercheurs se sont par ailleurs posé la question de l'acquisition d'un scanner pour réaliser eux-mêmes leurs relevés. On ne citera pas les échecs, mais force est de constater que l'on a beaucoup entendu parler des acquisitions de matériel et que par la suite on a peu entendu parler des résultats. Ces échecs sont souvent liés au fait que les administrations sont plus enclines à investir dans des achats qu'à recruter des personnels. Dans les faits, on a confié la plupart du temps, ces appareils à des agents qui avaient déjà un plan de charge rempli et qui se sont investis dans la manipulation de ces nouveaux appareils au gré de leur disponibilité. Sous-utilisé, ce matériel en pleine mutation technologique s'est très rapidement avéré obsolète avant d'avoir pu être rentabilisé.

Aujourd'hui, l'achat d'un scanner 3D de topographie associé aux logiciels et stations informatiques nécessaires est de l'ordre de 12 000 €. Aussi, il est tentant de penser qu'en cinq ou six opérations cet investissement pourrait être couvert mais il n'en est rien. En effet, il ne faut pas seulement considérer le matériel mais il faut aussi intégrer la masse salariale liée à la conduite de la mission. Or, pour un levé au scanner de cinq jours, il faut compter en moyenne 35 jours de laboratoire<sup>3</sup> soit au total environ 40 jours/homme. Un agent seul peut

---

<sup>2</sup> Le coût d'un archéologue qualifié ou d'un topographe est d'environ 400 € par jours.

<sup>3</sup> Il s'agit d'une moyenne établie à partir des réponses d'une dizaine d'entreprises candidates sur un projet de la DRAC PACA soumis à appel d'offre.

réaliser 5 opérations par an mais n'utilisera le scanner que seulement 25 jours dans l'année<sup>4</sup>. Il faut aussi considérer que l'évolution technologique des scanners n'est pas consolidée et que depuis dix ans l'obsolescence des produits correspond à environ trois ans ce qui implique dans la pratique un renouvellement du matériel tous les trois ans. En conclusion, pour un amortissement du matériel sur trois ans ; si l'on considère la masse salariale sur une base de 6 000 € mensuels (charges, frais de structure, déplacement), on obtient l'équation suivante :  
15 opérations sur trois ans = 216 000 € de masse salariale + 120 000 € de matériel soit 336 000 € et un coût d'opération unitaire de 22 400 € par opération du type de celle des Encourdoules.

Il y a dans cette démonstration, beaucoup de variables et l'on pourra en modifiant celles-ci obtenir des résultats sensiblement différents. Ainsi, en calculant l'amortissement du matériel sur 6 ans on obtiendra un coût de 18 400 € par opération mais dans tous les cas on se retrouve dans la zone d'étiage des 20 000 € facturées en moyenne pour ce type de travaux car même si le matériel est cher, le coût des opérations est lié avant tout à la masse salariale de techniciens hautement qualifiés. Le seul moyen de baisser le prix d'une opération prise en charge directement est comme toujours lié à des questions d'économie d'échelle. C'est ce que font les entreprises de topographie qui ont plusieurs opérateurs pour un seul appareil et qui organisent des chaînes opératoires qui font appel à plusieurs niveaux de qualification et donc de rémunération.

À l'exception de gros opérateurs en archéologie préventive, il est peu probable qu'il soit rentable pour une structure de recherche d'investir dans l'acquisition de ce type de matériel.

---

<sup>4</sup> 5 missions de 5 jours.

Certains évoqueront la mission de recherche et la légitimité à ne pas être rentable si l'on est dans une démarche d'expérimentation, mais en la matière, on peut en douter car si l'usage du scanner 3D n'est pas encore totalement généralisé en France, il l'est depuis longtemps aux Etats-Unis et l'on est loin d'être dans le domaine des technologies innovantes.

En revanche, il me semble que l'on peut s'interroger sur la nécessité qu'il pourrait y avoir à ce que les archéologues investissent sur les logiciels de traitement des données et peut-être même sur le développement d'interfaces permettant une gestion des unités stratigraphiques construites. En l'état lorsque les archéologues du bâti ont à leur disposition des orthophotographies et des MNT, ils sous-exploitent le plus souvent ces données. Pourtant les perspectives sont grandes ainsi par exemple en matière de données quantitative, les recherches sur les modules des appareils pourraient utilement être analysées dans le cadre d'approches statistiques. Les calculs de quantité de matériaux, de pierres de mortier, devraient être facilités par ce type de levé. Concernant les aspects qualitatifs, les archéologues du bâti pourraient, grâce au MNT traquer les anomalies de relief qui traduisent des désordres et parfois des travaux en sous-œuvre non décelables par la simple analyse des appareils. L'urgence est aujourd'hui de ne plus cantonner l'apport du scanner 3D à une simple technologie de représentation mais de commencer à utiliser le contenu topographique, quantitatif et qualitatif de ces documents.

