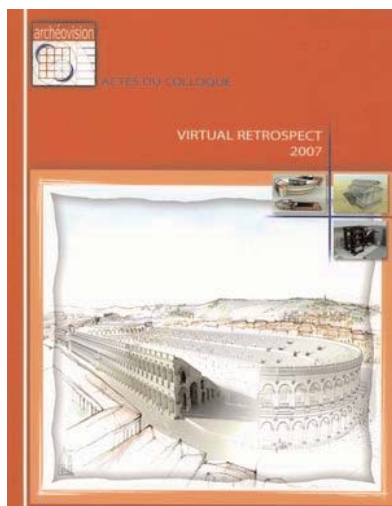
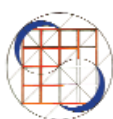




Vergnienx R. et Delevoie C., éd. (2008),
Actes du Colloque Virtual Retrospect 2007,
Archéovision 3, Editions Ausonius, Bordeaux

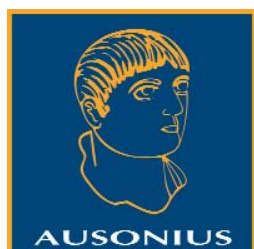
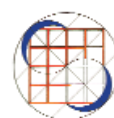
Tiré-à-part des Actes du colloque Virtual Retrospect 2007

Pessac (France) 14, 15 et 16 novembre 2007



P. Mora, A. Vivier

*Le levé tachéométrique et son utilisation dans la numérisa-
tion 3D de sites archéologiques* pp.203-206



Conditions d'utilisation :
l'utilisation du contenu de ces pages est limitée à un usage
personnel et non commercial.
Tout autre utilisation est soumise à une autorisation préalable.
Contact : virtual.retrospect@archeovision.cnrs.fr

<http://archeovision.cnrs.fr>



Le levé tachéométrique et son utilisation dans la numérisation de sites archéologiques

Pascal Mora, Responsable technique Archéotransfert, cellule de transfert technologique de l'Institut Ausonius

pascal.mora@u-bordeaux3.fr

Alain Vivier, Géovivier, 33 Mérignac

geovivier@orange.fr

Résumé : Le relevé tridimensionnel de structures architecturales de grande taille (plusieurs mètres à plusieurs centaines de mètres) à l'aide de scanner 3D connaît un développement important dans le domaine industriel et archéologique. Les technologies mises en œuvre sont variées mais génèrent une quantité de données numériques très importante dont la gestion est délicate. Nous avons donc recherché une méthode plus adaptée, le relevé point à point par tachéomètre laser. Couplé à un logiciel spécifique, il permet la visualisation 3D en temps réel des points mesurés. Cette technique est classiquement utilisée dans les relevés de façades en architecture ; précise, elle permet un géoréférencement des données et, de manière générale, leur exploitation rapide en CAO. Nous avons réalisé des tests sur plusieurs sites archéologiques. Cette technique présente un certain nombre d'avantages par rapport aux scanners à longue portée. Elle permet de constituer un véritable plan en trois dimensions qui pourra être exploité pour réaliser des relevés de fouilles classiques (2D), mais aussi des modèles 3D dans les cas où une visualisation ou une restitution 3D serait nécessaire. Son utilisation est relativement simple et sa mise en œuvre est possible dans les conditions très variables rencontrées dans un contexte archéologique. De plus, les données générées sont facilement exploitables pour la production de documents de travail 2D ou 3D. Loin d'être concurrent du scanner 3D longue portée, le relevé point à point apporte une solution 3D alternative, viable, pleinement applicable dans certains contextes particuliers de l'archéologie et d'un coût moindre.

Mots-clés : levé tachéométrique, relevé tridimensionnel, architecture

Abstract : The three-dimensional record of large architectural structures (several meters to several hundred meters), using 3D scanning is widely used in the industrial and archaeological fields. The used technologies are varied and generate heavy quantity of data with are often difficult to manage. We have investigated a more appropriate method, the statement point by point with a laser total station. Coupled with specialised software, it allows the 3D real-time display of the measured points. This technique is typically used in the statements of architectural facades; specifically, it allows a geo-data and, in general, their use in CAD software. To test this technique, we conducted tests on several archaeological sites. This technique was found to have a number of advantages over the long-range scanners. It can give a real three dimensional plan which can be exploited to make classic statements excavation (2D), but also 3D models in cases where a display or a refund 3D would be necessary. The use of this

technique is relatively simple and its implementation is possible under the very variable geographic conditions encountered in an archaeological context. Moreover, the data generated are easily usable for the production 2D or 3D documents. Far from being competitor in the long range 3D scanner, the statement point by point provides an alternative 3D solution, viable, fully applicable in most archaeological context and with a lower cost.

Keywords : Laser Total Station, three dimensional record, Architecture

PROBLÉMATIQUE

Le relevé tridimensionnel de structures architecturales de grande taille (plusieurs mètres à plusieurs centaines de mètres) à l'aide de scanner 3D connaît un développement important dans le domaine industriel. En archéologie, ces techniques sont utilisées de plus en plus fréquemment dans le cadre de projets de restitution d'architectures anciennes en trois dimensions, mais aussi pour répondre à des problématiques particulières (étude de gravures rupestres, simulations physiques pour la préservation de sites, etc.).

Les technologies mises en œuvre sont variées et le marché est riche en matériels et logiciels performants. Cependant, bien que très séduisantes de prime abord pour l'archéologue, les solutions proposées ont cependant toutes un défaut commun : elles génèrent une quantité de données numériques très importante dont la gestion peut s'avérer délicate pour des laboratoires ne possédant pas les ressources humaines et matérielles adaptées. En effet, il n'est pas rare d'avoir des modèles tridimensionnels de plusieurs dizaines voire centaines de millions de points qu'il est difficile de manipuler avec fluidité. Nous parlons ici de nuage de points, l'affichage en temps réel de tels modèles une fois maillés n'est pas envisageable sur les machines actuelles sans avoir recours à de forte dégradation du modèle original.

Dans une problématique de restitution archéologique architecturale, on peut se demander si une telle abondance de données est bien nécessaire. Il est évident que la numérisation des vestiges *in situ* présente un intérêt certain, en permettant d'avoir une base géométrique précise et complète sur laquelle



Fig. 1. Exemple de numérisation de site, château de Commarque (24) à l'aide d'un scanner Riegl longue portée, les données finales (à droite) sous formes maillées représentent 3.5 millions de triangles. La totalité du site numérisé par ce procédé représenterait plusieurs dizaine de millions de points.

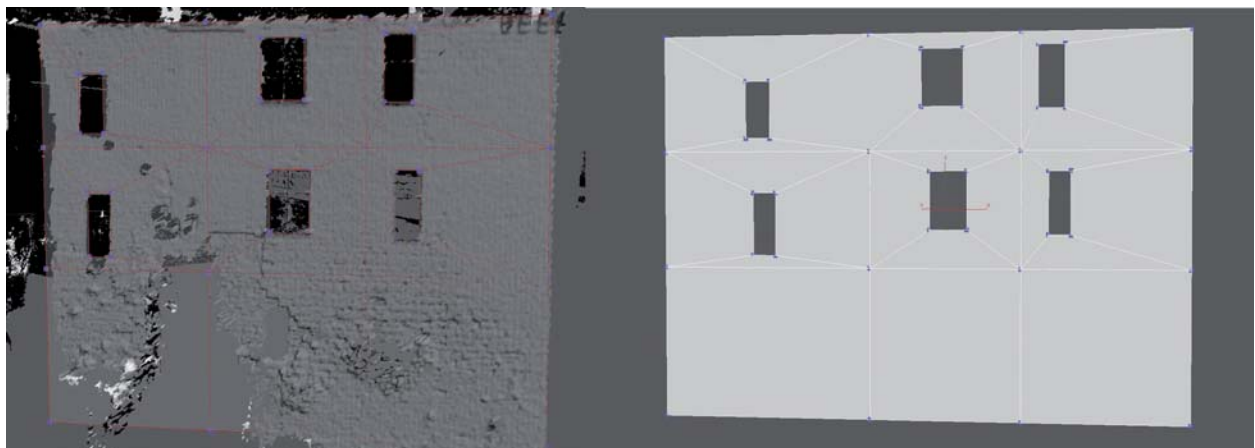


Fig. 2. Dans une problématique de restitution archéologique, l'essentiel de l'information architecturale peut être apportée par des formes et des volumes relativement simples qui doivent être manipulable en temps réel et transformables rapidement. Pour ce faire, les numérisations de sites (à gauche) sont souvent re-dessinées (à droite) sans pertes d'information essentielles.

viendra s'appuyer les parties du site restituées. Cependant, si le modèle numérique est excessivement détaillé, il deviendra vite un handicap à l'évolution rapide des hypothèses de restitution car il faudra gérer cette masse de données en continu tout au long du processus. La plupart du temps, cet handicap est contourné en re modélisant des volumes simples à partir des nuages de points dans un but d'allègement du modèle.

Un autre problème subsiste, celui du coût élevé d'une numérisation de site qui ne place pas ce type de prestation à la portée de n'importe quelle équipe de recherche.

Forts de ces constats, nous avons donc recherché un procédé alternatif aux scanners longue portée, moins coûteux en argent et en temps, suffisamment précis et applicable en routine dans un contexte archéologique tout en demeurant aisément gérable d'un point de vue informatique.

Notre attention s'est portée sur le relevé point à point par tachéomètre laser couplé à un logiciel spécifique permettant une visualisation 3D en temps réel des points mesurés. Cette

technique est relativement ancienne et est classiquement utilisée dans les relevés de façades en architecture ; précise, elle permet un géoréférencement des données et, de manière générale, leur exploitation rapide en CAO.

Son attrait pour l'archéologue réside dans sa relative simplicité et son emploi possible sur tous les types de terrains ; de plus, le tachéomètre laser, appareil bien moins coûteux qu'un scanner à longue portée, est désormais fréquemment utilisé pour les relevés de terrain en archéologie.

Nous avons donc entrepris de tester cette méthode de relevé dans un contexte purement archéologique sur plusieurs sites de natures différentes afin d'évaluer sa pertinence dans des configurations variées et tout au long du processus d'exploitation des données.

Quatre sites ont été sélectionnés, les deux premiers sont médiévaux, les deux autres antiques :

— Le château de Montaigne (Dordogne) : relevé des tours et des communs ; bien conservé, il est donc d'une grande complexité.

- L'église troglodyte de Vals (Ariège) : relevé d'une partie de la voûte de la nef.
- Les thermes Saint-Saloine (Charente-Maritime) : relevé du mur de la façade sud du *caldarium* dont certaines parties sont très endommagées.
- La *villa* gallo-romaine de Plassac (Gironde) : relevé des arases des murs, ce site complexe, très étendu, présente peu d'élévations.

MATÉRIELS ET MÉTHODES¹

Les relevés se font avec un tachéomètre laser point par point; un choix est réalisé par l'opérateur qui relève les ruptures de forme les plus pertinentes : arêtes de murs, faîtage de toit, angles de pierres particulières etc... Les points ne demeurent pas isolés dans l'espace mais sont reliés par des segments de droites. Le relevé ainsi obtenu sur le terrain, apparaît en temps réel sous la forme d'un 'filare' dans lequel les lignes tracées entre les points peuvent être considérées comme des interpolations linéaires. La complexité de ce filare dépend généralement de celle des structures à relever mais aussi de l'expertise de l'opérateur ; c'est une sorte de 'plan 3D' qui peut alors servir de base à la réalisation de documents définitifs (plans, coupes, modèles 3D maillés). La précision de cette technique est celle du tachéomètre, plus ou moins un centimètre dans notre cas. Pour des sites très étendus, plusieurs remises en stations du tachéomètre sont nécessaires, un recalage devant être fait sur des points communs à plusieurs stations. L'étape finale de l'exploitation de ces données de terrain consiste à reprendre le 'filare' élaboré précédemment à l'aide d'un logiciel de modelage 3D et de l'utiliser comme guide pour la création des surfaces. Toutes les techniques classiques de modélisation demeurent utilisables, le modèle filare servant uniquement pour un calage dimensionnel précis.

Si l'objectif est de constituer des coupes ou des plans, l'utilisation de logiciel 3D n'est pas nécessaire, le traitement de relevés peut alors être effectué par un logiciel de DAO classique.

QUELQUES RÉSULTATS

Cette technique a pu être mise en œuvre sur tous les sites choisis. Quelle que soient leur configuration, vestiges bien conservés ou non, relevé intérieur, extérieur ...

Le tableau ci-dessous présente la superficie des sites, le nombre de points relevés et le temps passé sur chacun d'entre eux pour effectuer les mesures.

	Superficie relevée (m ²)	Nombre de points relevés	Temps (jours)
Château de Montaigne	<2000	4072	2
Église de Vals	24	281	1/2
Thermes Saint-Saloine de Saintes	405	1926	1
Villa gallo-romaine de Plassac	3500	2290	4

La durée du relevé est fonction de la complexité et de l'encombrement du site, mais aussi de la précision requise : un site complexe (étendu ou présentant des pièces closes) demande un plus grand nombre de mesures et de remises en station de l'appareil, ce qui induit des durées plus importantes (fig. 1).

Les relevés très complexes (pièces intérieures, charpentes pour le château de Montaigne par exemple) sont possibles à condition de pouvoir raccorder géométriquement les différentes stations. Le 'filare' étant visible en temps réel sur le terrain, il permet à l'opérateur d'apprécier la progression du travail et de réagir à d'éventuelles erreurs dans le choix ou la mesure des points (fig. 3).

Les relevés de vestiges très érodés peuvent présenter une grande difficulté, en l'absence d'arêtes vives et donc de points caractéristiques, l'interprétation du filare devient très délicate et le nombre de mesures s'envole. Dans ce cas nous atteignons vite la limite de cette technique. Sur le site des Thermes Saint Saloine, les mesures des structures intactes ont pu être utilisées (largeurs et profondeurs des niches, murs principaux ...) pour la restitution, mais n'ont pas permis de faire une modélisation précise des parties ruinées.

Les photographies des zones étudiées ont été indispensables pour lever les moindres doutes sur la position ou la signification des points mesurés une fois de retour au laboratoire. Les données filaires obtenues restent très légères d'un point de vue informatique, et facilement lues par les logiciels de modélisation 3D ou encore de PAO (type Illustrator). Elles peuvent par exemple être placées dans une couche spéciale servant de plan tridimensionnel sur lequel les restitutions proprement dites viendront s'appuyer. Le volume de données restant réduit, la chaîne opératoire n'est pas encombrée inutilement.

CONCLUSION

Cette technique présente un certain nombre d'avantages par rapport aux scanners à longue portée (voir tableau ci-dessous). Elle permet de constituer un véritable plan en trois dimensions qui pourra être exploité pour réaliser des relevés de fouille classiques (2D), mais aussi des modèles

1. **Matériel et logiciels utilisés :** *Matériel* : Un ordinateur portable de moyenne puissance connecté à un tachéomètre laser Leica TCR 407 pour les mesures sur le terrain, une station de travail de moyenne puissance pour le traitement des données et la modélisation 3D. *Logiciels* : DESAC2 pour l'élaboration du 'filare', 3Ds max 9.0 pour la modélisation 3D.

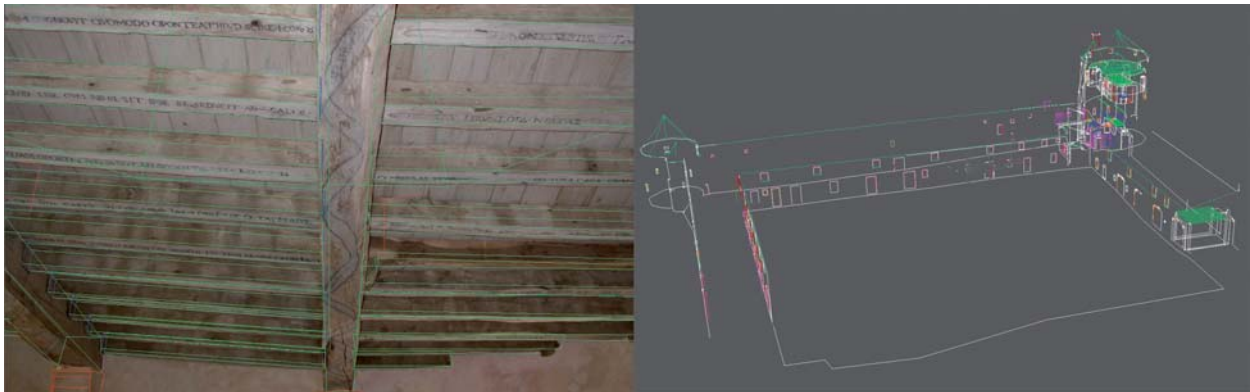


Fig. 3. Exemple de filaire obtenu sur le site du Château de Montaigne. Les mesures ont pu être faites en intérieur et en extérieur, les deux systèmes étant raccordés sans problèmes.



Fig. 4. Exemple de filaire obtenu sur le site des thermes Saint Saloine. Les mesures sur les parties conservées du site ont pu être utilisées avec succès dans le cadre de la restitution des thermes. Les parties ruinées, à la géométrie par conséquent très complexe, n'ont pas pu être relevées avec une résolution élevée. Nous atteignons là les limites de cette méthode, et rentrons dans les champs d'application du scanner 3D.

3D dans les cas où une visualisation, ou une restitution 3D, serait nécessaire. Son utilisation est relativement simple et sa mise en œuvre est possible dans les conditions très variables rencontrées dans un contexte archéologique. Les données générées sont facilement exploitables pour la production de document de travail 2D ou 3D (fig. 2).

	Scanner 3D	Relevés point à point
Avantages	Rapidité d'acquisition Grande résolution des relevés Précision élevée Pas d'interprétation	Données facilement gérables Acquisition 'intelligente' des données Précision élevée
Inconvénients	Coût élevé des logiciels Gestion des relevés Acquisition non adaptative	Faibles résolution Possibilité d'erreur d'interprétation

Cette approche doit cependant, être accompagnée d'une prise de photographies des zones étudiées depuis chaque

station et, pour plus de prudence, des points qui pourront poser problème au moment de la reprise du modèle filaire par la personne en charge d'élaborer le document final (2D ou 3D).

Il convient de préciser que ce type de mesure ne vient en aucun cas se substituer aux scanners longue portée, car c'est l'opérateur qui décide des mesures à faire, et il ne capture que les points qui lui semblent pertinents, ce qui sous entend déjà une lecture du site. Des points importants peuvent passer inaperçus et donc non capturés. Nous ne sommes donc pas dans une optique de numérisation de site comme nous l'entendons pour les scanners mais nous restons bien dans l'optique d'un plan 3D précis servant de support à une restitution précise ou venant palier à des défauts ou des carences éventuels de mesures sur des relevés anciens.

Cette méthode peut venir en complément ou être elle-même complétée par une étude photogrammétrique ; la précision des mesures laser vient alors efficacement valider les calculs photogrammétriques et réciproquement. Loin d'être concurrent du scanner 3D longue portée, le relevé point à point apporte une solution 3D alternative, viable, pleinement applicable dans certains contextes particuliers de l'archéologie et d'un coût moindre.