

L'UTILISATION DES RELEVÉS SCANNOGRAPHIQUES EN ARCHÉOLOGIE DU BÂTI MÉDIÉVAL: L'EXEMPLE DE L'ÉGLISE DE VEYRINES (ARDÈCHE)

1. INTRODUCTION

L'équipe des médiévistes de l'UMR 5138 "Archéométrie et Archéologie" spécialisée en archéologie du bâti s'est s'équipée, en 2010, sur l'initiative d'A. Schmitt et grâce à des crédits exceptionnels octroyés par le CNRS, d'un laser scanner. Jadis dans l'impossibilité, pour des raisons techniques et financières, d'utiliser ce type d'outils, les archéologues de ce laboratoire se sont formés au maniement sur le terrain du laser scanner et au traitement des données. L'objectif de cette acquisition n'était pas uniquement de réaliser des relevés scannographiques des monuments étudiés mais de croiser les techniques de relevés traditionnelles avec la lasergrammétrie pour enrichir la documentation graphique qui reste à la base de l'analyse en archéologie du bâti. Le choix de l'équipement s'est porté sur le laser scanner Faro Photon 120 piloté par un ordinateur portable Dell ainsi que des logiciels de traitement des nuages de points Faro Scene, 3D Reconstructor et Faro Cloud. Le premier est conçu pour l'acquisition des données avec le scanner, leur visualisation et le traitement des points de numérisation 3D. Le second permet aussi d'acquérir les données, de les traiter (mise en place de filtres, de maillages, de mappage de photographies, extraction de coupes, de plans, d'orthophotographies); c'est également un outil de mesure et d'extraction de vidéos. Il pilote l'appareil photographique Nikon D300S qui prend des clichés ensuite associés au nuage de points. Le troisième logiciel est un applicatif vers AutoCAD. Ces outils sont aujourd'hui réunis au sein d'une plate-forme appelée "Archéologie et 3D" (BAUD *et al.* 2012)¹.

Le laser scanner est employé en priorité dans le cadre de programmes de recherche de l'équipe des médiévistes et en particulier dans les études de bâti: l'église de Veyrines en Ardèche sous la direction d'A. Baud et d'A. Schmitt, l'abbaye de St-André-le-Haut à Vienne en Isère dirigées par A. Baud et M. Zannettacci ou encore à l'abbaye de l'île Barbe à Lyon dans le cadre d'un travail de thèse mené par Ch. Gaillard. Mais cet équipement lourd et performant n'a pas vocation à servir à une seule équipe: il est aussi utilisé en collaboration avec d'autres UMR de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée, notamment avec l'Institut de Recherche en Architecture Antique dans le cadre de l'étude du théâtre antique d'Orange ou encore en partenariat avec le Service Archéologique de la ville de Lyon pour l'étude de la citerne antique dite "Grotte Bérelle".

¹ Cette plate-forme est placée sous notre responsabilité au sein de l'UMR 5138.

Notre article, qui présentera la méthodologie employée et les résultats obtenus dans le cadre de l'étude de l'église romane de Veyrines en Ardèche, vise à montrer le potentiel et les limites de la technique d'acquisition 3D et de confronter les besoins et les solutions techniques apportées dans le cadre de l'archéologie du bâti² (BAUD *et al.* 2012).

L'analyse archéologique de cet édifice a concerné les parties intérieures en utilisant deux méthodes complémentaires de relevés: manuels (pierre à pierre) et scannographiques (par acquisition d'un nuage de points). En raison des crédits alloués à l'opération et de la durée de l'étude sur le terrain (15 jours), les relevés manuels ont été réalisés à l'aide de deux échafaudages mobiles. Seul le mur de l'abside a fait l'objet d'un relevé manuel en développé complet. Les autres ne pouvaient être que partiels sur les murs Sud, Ouest et Nord de la nef et sur le mur Ouest du bras Sud du transept. Il est donc apparu nécessaire de les compléter par un relevé scannographique.

Cette opération archéologique était aussi l'occasion de former les étudiants en Licence 3 de l'Université Lyon 2 aux techniques de relevés pierre à pierre et de les initier aux techniques de relevés scannographiques. En archéologie du bâti, en effet, le relevé est un outil indispensable. Il reste à la base de l'observation, car il restitue ou transcrit le "document" qu'est l'élévation d'un édifice (BAUD, PARRON 1999, 176-178). Il traduit le plus fidèlement l'observation concrète du bâtiment. Pour le réaliser, on utilise un carroyage composé d'un réseau d'axes orthonormés installé contre le mur et l'on dessine à l'échelle 1/20^e sur calque polyester millimétré. Les dessins obtenus ne sont pas de simples illustrations mais de véritables outils de travail qui traduisent différentes problématiques. C'est à partir du relevé, du faisceau d'observation qui apparaît sur ces "minutes", que peut être menée une analyse globale du bâtiment: sa chronologie relative, les techniques de construction, etc. Tous ces éléments participent à une meilleure connaissance du déroulement du chantier de construction. L'exactitude dimensionnelle que procure le relevé manuel permet d'affiner nos connaissances sur les matériaux mis en œuvre et d'enregistrer précisément tout type de césure. A Veyrines, outre ces analyses classiques, les relevés ont permis l'examen stratigraphique des enduits et une étude géologique de l'église en relation avec les ressources en pierres du territoire a été menée par A. Schmitt (BAUD *et al.* 2012, 2-4). L'intervention avait pour objectif d'étudier l'architecture et les modes de construction de cette fondation rurale représentative du bâti médiéval et religieux du haut Vivarais.

Avant d'exposer la méthodologie employée, une rapide présentation de l'église de Veyrines s'impose.

² Cette étude a également fait l'objet d'un rapport de fouille.

2. PRÉSENTATION DU PRIEURÉ DE VEYRINES (Fig. 1)

Le prieuré de Veyrines se situe en Ardèche, dans le haut-Vivarais, un territoire marqué par l'implantation de plusieurs établissements religieux aux XI^e et XII^e siècles. Cette période du Moyen Âge voit, en effet, le développement intensif du monachisme à travers la floraison de plusieurs prieurés d'obédiences diverses. L'abbaye de Saint-Chaffre fonde ainsi trois prieurés dont celui de Veyrines. Le prieuré de Veyrines se situe sur la commune de Saint-Symphorien de Mahun et constitue l'un des exemples le mieux conservé parmi ces fondations religieuses médiévales du haut-Vivarais. Cette église prieurale de moyenne montagne, située au centre du hameau, est encore relativement peu restaurée, excepté les voûtes du transept. Elle est orientée Nord-Est et présente un plan à une nef unique dotée à l'Est d'un transept débordant et d'une abside encadrée de deux absidioles greffées directement sur les croisillons. Un clocher quadrangulaire domine la croisée du transept.

L'église possédait trois accès assurant la communication avec l'extérieur: un portail monumental aménagé dans la façade occidentale et deux portes plus modestes ouvertes dans chacun des murs Ouest du transept: la première, au Nord, donnait sur l'ancien cimetière; la seconde, aujourd'hui condamnée, livrait un accès au prieuré. À côté de cette dernière porte, une autre baie ouvre sur une étroite montée d'escalier, ménagée dans l'épaisseur du mur et desservant le clocher. La nef est charpentée. Néanmoins, d'anciennes photographies indiquent un couvrement lambrissé remontant probablement à l'époque moderne (POIDEBARD 1928). Les murs sont ouverts par des fenêtres en plein cintre et à ébrasement unique: à l'Ouest une baie largement ébrasée est placée immédiatement au-dessus du portail alors que chacun des murs gouttereaux, est percé de deux baies. L'abside principale présente à l'intérieur un tracé semi-circulaire tandis que l'enveloppe extérieure est composée de trois pans. Trois fenêtres cintrées et ébrasées assurent l'éclairage du sanctuaire. La croisée du transept est déterminée par quatre grandes arcades brisées à la clé, reposant sur des piliers engagés dotés de chapiteaux à thèmes végétaux ou narratifs du XII^e siècle. Elles supportent une coupole octogonale sur trompes. Les bras du transept sont voûtés en berceau; une baie ouverte dans chacun des murs Sud et Nord, permet l'éclairage du lieu. Le voûtement a été largement repris au béton au moment des restaurations; contrairement à la coupole, il ne subsiste qu'une petite section de maçonneries originelle. Les absidioles ont été presque entièrement remontées de telle sorte que nous ignorons si les murs étaient à l'origine aveugles, comme c'est le cas aujourd'hui, ou s'ils étaient percés d'une fenêtre. Néanmoins, il est plus vraisemblable qu'ils aient été ouverts par une petite baie.

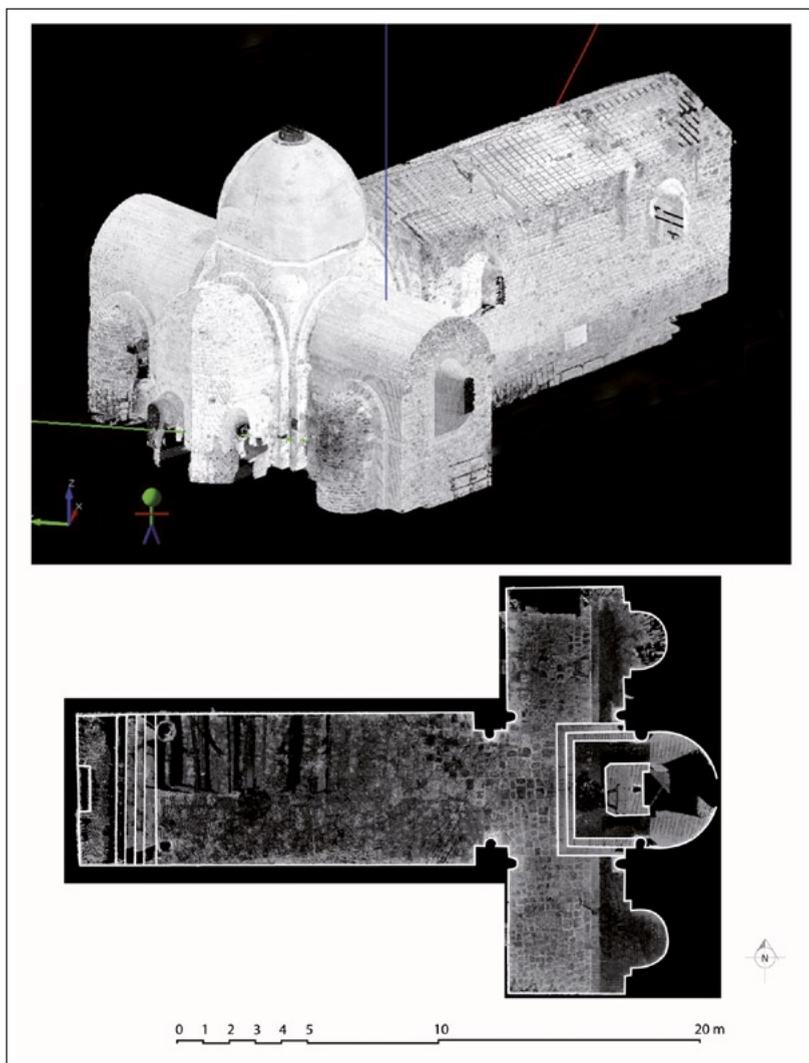


Fig. 1 – Veyrines (Ardèche), église Sainte-Marie, nuage de points des différents scans assemblés et plan au sol (réalisation A. Flammin).

3. MÉTHODOLOGIE DE LA RÉALISATION DES RELEVÉS SCANNOGRAPHIQUES

3.1 Acquisition des données

Quatre scans ont été réalisés à l'intérieur de l'édifice avec une résolution de 1/5 (c'est-à-dire 1 point tous les 7.5 mm à 10 m). Sur le terrain, l'acquisition

des scans s'effectue à l'aide des sphères placées en différents endroits de façon à ce que, de chaque station, on puisse voir au moins trois sphères de la station précédente. L'utilisation de cette méthode garantit le recalage automatique des scans entre eux lors de leur traitement dans le logiciel Faro Scene.

3.2 Traitement réalisé sur le nuage de points

Les nuages de points sont d'abord filtrés de manière à enlever les points aberrants (à l'aide des filtres de Faro Scene et de 3D Reconstructor). Une sélection manuelle des zones d'intérêt est réalisée et les points situés en dehors de ces zones sont enlevés de manière à alléger le scan. Les nuages des points des quatre scans sont ensuite assemblés entre eux (étape appelée consolidation) grâce à la reconnaissance automatique des sphères dans Faro Scene. Une fois le recalage automatique des scans terminé, on obtient une vue du nuage de point intégral de la partie intérieure de l'édifice (Fig. 1).

3.3 Extraction des plans au sol

Il est aisé d'extraire, avec les logiciels Faro Scene et 3D Reconstructor, le plan au sol de l'édifice à partir du nuage de points ou à différents niveaux (au niveau des baies par exemple, etc.). Nous avons ainsi réalisé un plan au sol de l'édifice (Fig. 1). Le logiciel offre aussi la possibilité de créer des coupes longitudinales de l'église.

3.4 Extraction des orthophotographies

La génération d'orthophotographies à partir des modèles 3D est également possible à partir de Reconstructor. Cinq orthophotographies (ou des "ortho-nuages de points") des élévations intérieures de l'édifice ont ainsi été extraites. Il s'agit d'images redressées des élévations sous la forme de nuages de points, plus ou moins nettes en fonction de la densité des points. Ces orthophotographies sont exportées de Reconstructor vers AutoCAD puis retravaillées en dernier lieu dans le logiciel Adobe Illustrator où certains éléments architecturaux sont dessinés. Nous avons ainsi réalisé les orthophotographies des murs Ouest du transept, des murs gouttereaux Nord et Sud et du revers de la façade occidentale (Figs. 2-4).

4. COMPLÉMENTARITÉ DES MÉTHODES DE RELEVÉS MANUEL ET SCANNOGRAPHIQUE

Les relevés manuels des murs ont donc pu être intégrés et repositionnés dans les orthophotographies mises à l'échelle (dans le logiciel Adobe Illustrator). Certaines parties des relevés ont été complétées. Le relevé du mur Ouest du bras Sud du transept par exemple a été inscrit dans le relevé scannographique

de la coupe transversale des murs Ouest de ce même transept (Fig. 2). Les relevés pierre à pierre des murs gouttereaux Nord et Sud ont été complétés et les limites supérieures (charpente) et inférieures (sol) ajoutées (Fig. 3). Afin de distinguer les relevés manuels et scannographiques, une couleur différente (le bleu) a été employée. Il nous a paru important en effet de dissocier sur le relevé ce qui avait été dessiné manuellement de ce qui avait été dessiné à partir de l'orthophotographie imprimée à l'échelle 1/20^e et complétée en retournant dans l'église pour ajouter les informations manquantes indispensables à l'étude comme certains blocs, les césures, les reprises, etc. que l'on ne discerne pas directement sur ce document.

5. LES AVANTAGES ET LES LIMITES DE L'UTILISATION DU LASER SCANNER EN COMPLÉMENT DU RELEVÉ MANUEL

L'un des premiers avantages de l'utilisation du laser scanner a été la possibilité de compléter des relevés trop partiels, de les repositionner dans le cadre architectural général entier et ainsi de produire une documentation graphique complète des élévations. Sans l'emploi du laser scanner, les parties hautes de l'édifice inaccessibles n'auraient pu être relevées. Or elles recèlent des informations importantes sur le phasage de cet édifice. Sans détailler ici tous les résultats de l'analyse de bâti (BAUD *et al.* 2012), on peut néanmoins souligner que les parties hautes ont été reprises pour l'installation des deux nouvelles baies qui ne sont pas d'origine et trahissent une restructuration importante de la nef. Elles pourraient en effet avoir remplacées de plus anciennes ouvertures. Sur le revers du mur de façade à l'Ouest on note la reprise des parties hautes avec l'insertion de cette large fenêtre au-dessus du portail. Par ailleurs, au sommet des murs Sud et Nord, le relevé montre la présence de jambes de forces appartenant à une ancienne charpente: il s'agit d'une charpente à "ferme-diaphragme" dont les vestiges sont encore visibles et d'autres ne sont connus que par les désordres créés dans la maçonnerie suite à des arrachages. En chronologie relative, l'insertion de cette charpente a clairement eu lieu après la reprise des baies. Les murs sont ensuite rehaussés d'une quarantaine de centimètres comme en témoigne la césure horizontale: cette phase correspond à la destruction de la charpente précédente lorsqu'une nouvelle toiture est installée sur la nef. A partir de cette documentation graphique, la restitution très précise des différents états de l'édifice en plan et en élévation est réalisable.

Le second avantage réside dans la réalisation simple et très rapide, à partir du nuage de points, de coupes et de plans au sol (Fig. 1). Un autre apport de la technique laser scanner pour l'archéologie du bâti est de pouvoir travailler – à partir des cotes et des dimensions prises directement sur le nuage de points dans le logiciel Reconstructor – sur les questions de modules des

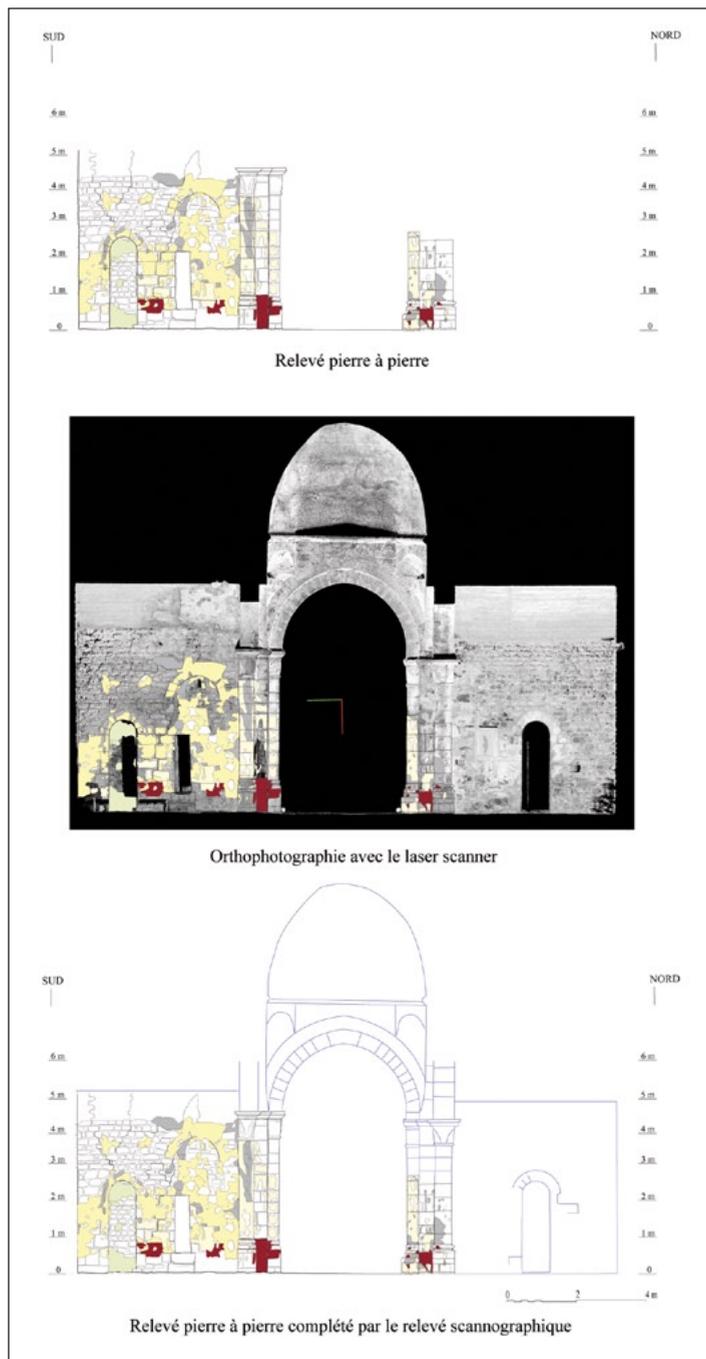


Fig. 2 – Veyrines (Ardèche), église Sainte-Marie, transept, murs Ouest, présentation des techniques de relevés (relevés et DAO: étudiants de l'Université de Lyon2, O. Puel et A. Flammin; relevés scannographiques: A. Flammin).

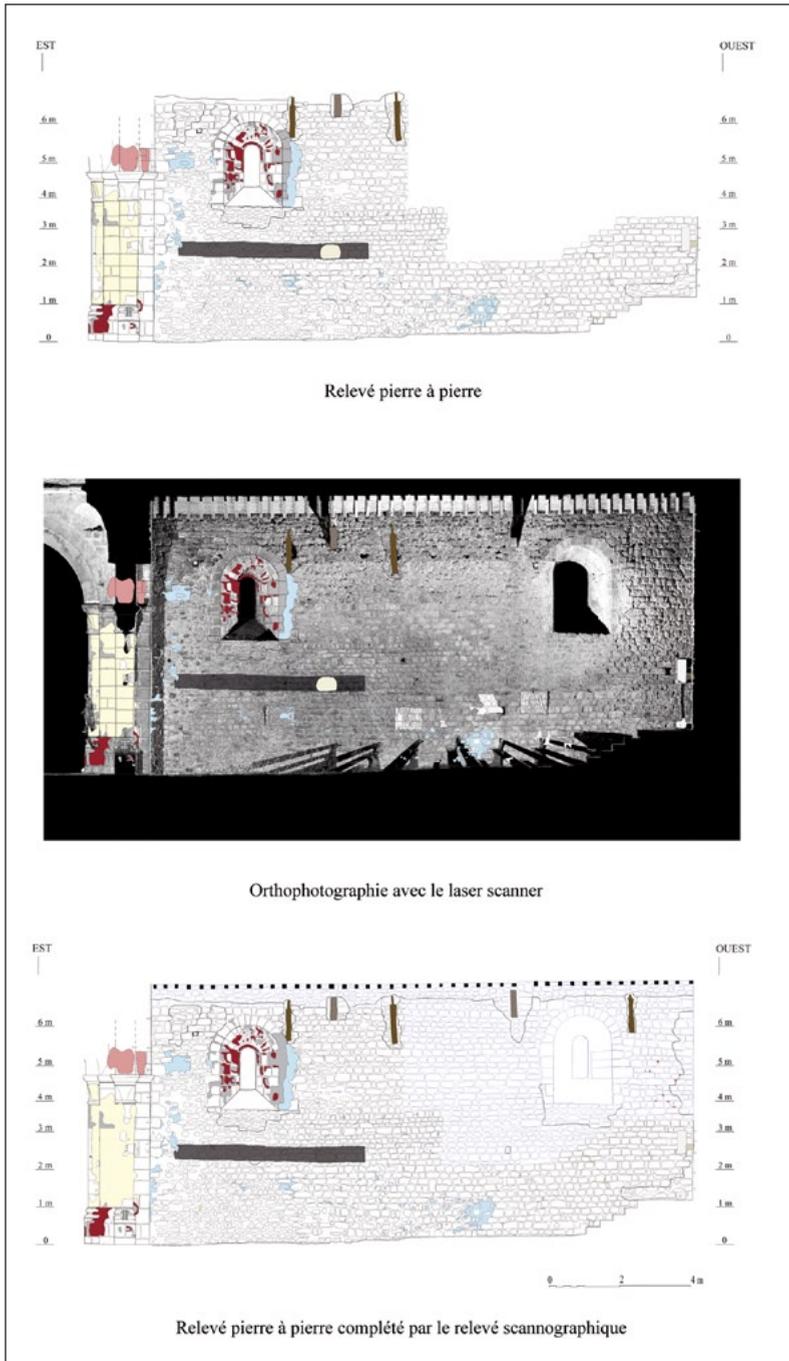


Fig. 3 – Veyrines (Ardèche), église Sainte-Marie, nef, murs gouttereaux Sud, présentation des techniques de relevés (relevés et DAO: étudiants de l'Université de Lyon2, O. Puél et A. Flammin; relevés scannographiques: A. Flammin).

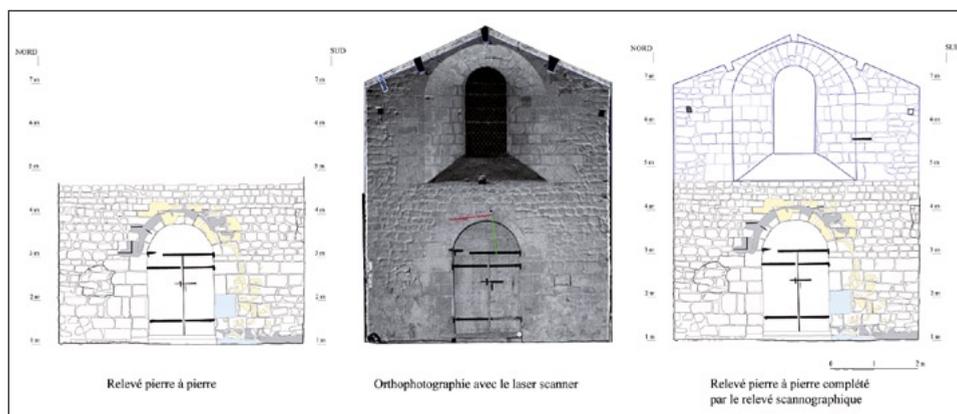


Fig. 4 – Veyrines (Ardèche), église Sainte-Marie, mur Ouest, présentation des techniques de relevés (relevés et DAO: étudiants de l'Université de Lyon2, O. Puel et A. Flammin; relevés scannographiques: A. Flammin).

blocs, des divergences de hauteur d'assises, du positionnement des trous de boulin et donc de l'échafaudage à l'échelle du monument entier.

En revanche l'une des limites de son utilisation apparaît clairement lorsqu'il s'agit de marquer les différents enduits superposés indispensables à l'étude de bâti car ils sont imperceptibles sur la seule orthophotographie. Il est nécessaire de retourner sur le terrain pour compléter ces informations manquantes et l'orthophotographie imprimée à une échelle souhaitée nous a servi de base pour parachever ce travail. On l'aura compris, l'emploi du laser scanner ne saurait remplacer le nécessaire contact direct avec le mur pour son analyse dans le cadre d'une étude de bâti. L'approche essentielle du « nez collé au mur », comme le rappellent A. Baud et I. Parron, permet en effet une observation indispensable de l'ensemble des données architecturales car certains détails sont uniquement accessibles à l'œil nu: telle que la présence de plusieurs enduits superposés, de traces laissées par un outil sur la pierre ou bien de liaisons entre les pierres (BAUD, PARRON 1999, 176).

6. CONCLUSION

En conclusion, le bilan de l'utilisation du laser scanner dans le cadre de l'étude de bâti de l'église de Veyrines est plutôt positif. Il a permis de compléter les relevés de terrain à partir des orthophotographies des élévations intérieures et d'obtenir une documentation graphique plus complète. Ces relevés scannographiques sont d'une grande précision et leurs superpositions avec les relevés pierre à pierre réalisés par les étudiants a été très facile. Ils

ont, de plus, été réalisés dans des délais extrêmement rapides puisque sur le terrain, une demi-journée a suffi pour la réalisation des scans, une autre pour leur assemblage et pour la réalisation des orthophotographies. Mais les relevés scannographiques n'ont pas vocation à se substituer intégralement au relevé pierre à pierre exécuté à la main – qui reste indispensable pour étudier la taille des pierres, leur nature et les composantes du mortier et permet une analyse très pointue des élévations – mais peut être utilisé pour le compléter quand des parties restent inaccessibles ou quand l'installation d'un échafaudage reste trop coûteux. L'innovation et le haut degré de technicité du laser scanner ne doivent pas faire oublier que le relevé obtenu est souvent insuffisant et nécessite des compléments indispensables liés à l'analyse réalisée par l'archéologue. Rien ne remplace le contact direct avec le monument et sa réalité physique. Il est en tout cas nécessaire de retravailler un relevé scannographique.

Désormais, suite à l'expérience menée à Veyrines, le laser scanner est systématiquement associé à nos opérations d'archéologie du bâti. Les orthophotographies des élévations de l'hôtellerie Saint-Hugues à l'abbaye de Cluny serviront, par exemple, de "supports" aux relevés manuels pour un gain de temps et de précision évidents lors de la phase de terrain³. Le laser scanner s'avère être également un instrument d'analyse précieux dans le cadre d'un travail en cours, débuté en 2011, sur le positionnement et la restitution du décor sculpté aujourd'hui déposé du mur du fond de scène du théâtre antique d'Orange, en collaboration avec l'Institut de Recherche sur l'Architecture Antique et sous la direction de J.-Ch. Moretti.

ANNE FLAMMIN

UMR 5138

«Archéométrie et Archéologie»

Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon

BIBLIOGRAPHIE

- BAUD A., PARRON I. 1999, *L'analyse architecturale et le relevé pierre à pierre*, in A. BAUD, I. PARRON (eds.), *Les techniques de relevé d'élévation, Table ronde (Bibliothèque municipale de Lyon 1997)*, Centre international d'études romanes, 176-183.
- BAUD A., SCHMITT A., FLAMMIN A., PUEL O. (eds.) 2012, *Veyrines (Ardèche), église Sainte-Marie. Etude archéologique du bâti*, Rapport de fin d'opération, DRAC Rhône-Alpes, Service régional de l'archéologie (dactylographié).
- POIDEBARD R. 1928, *L'église de Veyrines: XII^e siècle*, Aubenas, C. Habauzit.

³ Dans le cadre d'une étude de bâti menée en 2012-2013 en collaboration avec une équipe de Centre d'Etude Médiéval d'Auxerre.

ABSTRACT

In building archaeology, the survey is the most important tool. It gives a global analysis of the building: its relative chronology, the building stratigraphy, the architectural techniques, etc. These elements indicate the progress of the construction site. A section of the “Archéométrie et Archéologie” laboratory (UMR 5138), managed by Prof. N. Reveyron, is specialized in building archaeology. Archaeologists, confronted with the analysis of a building, often choose the manual survey, “stone by stone”. In 2010, the laboratory equipped itself with a LaserScan (Faro Photon 120) and software of processing point-cloud (Faro Scene and JRC Reconstructor) for surveys of medieval archaeology. Formerly unable to use this type of tool, the archaeologists of this laboratory received in situ training in the manipulation of the laser scanner and in the data processing. The goal of this acquisition was not to produce simple point-cloud surveys, but to cross the traditional technique (hand-sketch survey) with the lasergrammetry, in order to enrich the graphic documentation, which is the basis of any building archaeology analysis. It should document a building, improve the hand survey and facilitate the realization of new surveys, without the need for an often too-expensive scaffold. This article presents our methodology and the results obtained during building analysis of the Romanesque Church of Veyrines in Ardèche; it aims to demonstrate the potentials and the limitations of this technique of 3D acquisition, and to compare the needs and the technical solutions afforded by building archaeology.