

■ Le cas présenté illustre à la fois les difficultés rencontrées pour utiliser un capteur grand public, celles qui sont inhérentes à tous les travaux de terrain ainsi que les ressources photogrammétriques qui ont été mises en œuvre pour atteindre le niveau de qualité attendu. ■



## photogrammétrie expédiée : étude de cas

Christian DONNENWIRTH CHS  
Jacques-Alain QUESSETTE CHS  
Valérie ROUSSET Archéologue  
Claude SOIROT Architecte

### Introduction

Les techniques photogrammétriques sont largement utilisées en archéologie et en architecture dans les chantiers importants et il est naturel d'essayer de les adapter aux limites budgétaires des petits projets en utilisant des appareils photographiques numériques grand public dont les performances paraissent se rapprocher chaque mois de celles des chambres métriques normalement utilisées.

Le cas présenté illustre à la fois les difficultés rencontrées pour utiliser un capteur grand public, celles qui sont inhérentes à tous les travaux de terrain ainsi que les ressources photogrammétriques qui ont été mises en œuvre pour atteindre le niveau de qualité attendu.

### Le projet

Datant du <sup>x</sup> siècle, le mur sud du château de Saint-Cirq-Lapopie dans le Lot devait faire l'objet d'un relevé pierre à pierre à l'échelle 1/50 par une équipe d'architectes et d'archéologues avant d'entreprendre des travaux d'analyse et de conservation pour le compte de la Communauté de Communes LOT CÉLÉ.

### La solution initiale

Lorsque le Cabinet Claude Soiroit avait recommandé une méthodologie efficace fondée sur des clichés numériques, il pensait obtenir un cliché orthogonal du mur entier qu'il aurait suffi de mettre à l'échelle 1/50 pour y relever directement le dessin de l'appareillage.

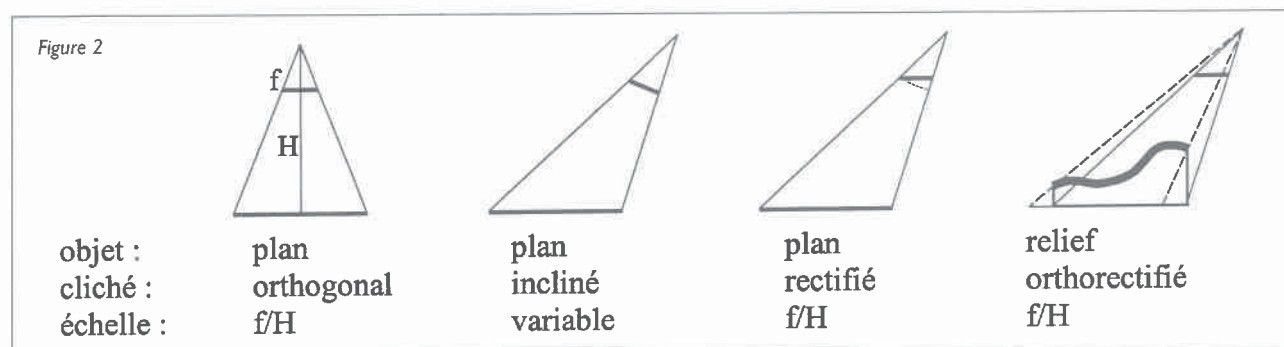
Ni les dimensions, 40 x 13 mètres, du mur ni les performances optiques de l'appareil Fuji MX 700, ni l'accessibilité du site n'autorisant un tel cliché, il fut proposé de prendre une série de clichés rapprochés, puis de les rectifier à l'aide de points d'appui et de les mosaïquer pour en faire l'équivalent d'un cliché orthogonal : en effet les creux et renflements de 15 à 30 centimètres du mur paraissaient négligeables devant ses dimensions et on pouvait l'assimiler à un plan justifiable d'une simple rectification géométrique.

Plusieurs clichés couvrant partiellement le mur ont été pris pendant la campagne de préparation à l'aide d'un appareil numérique FUJI MX 700 de 1,5 million de pixels, parmi lesquels ont été sélectionnés les 8 clichés de la figure 1, qui paraissaient de bonne qualité et qui présentaient des recouvrements suffisants pour y loger des points d'appui communs

à 2 clichés successifs pour limiter à environ 20 les mesures de coordonnées sur le mur.

Rappelons en effet que le logiciel FAÇADE 2 permet de redresser des clichés monoscopiques avec une bonne précision

géométrique quand l'objet est plan et que l'on dispose de 4 points connus de bonne qualité aux coins de chaque cliché. Quand l'objet n'est pas plan, il faut introduire un modèle 3 D ou MNT précis de l'objet pour orthorectifier le cliché et corriger ainsi les effets du relief (figure 2).



## Les difficultés rencontrées

Aux difficultés d'accessibilité déjà citées se sont ajoutés d'autres problèmes :

a) Les cibles de papier soigneusement disposées sur le mur pour servir de point d'appui ont été emportées par les intempéries avant les prises de vue définitives ; il a donc fallu mesurer les coordonnées de détails du mur moins facilement identifiés que les cibles de papier. Certains se sont d'ailleurs révélés inutilisables par la suite.

b) Une difficulté fondamentale présentée par la plupart des appareils photographiques numériques a été de fixer les valeurs des paramètres d'orientation internes requis par FAÇADE 2 :

- marques fiduciaires
- dimensions du détecteur ou distances séparant les marques fiduciaires
- distance principale (longueur focale)

Les coins de clichés ont servi de marques fiduciaires pour déterminer la position du centre des clichés, qui s'est révélée a posteriori une bonne approximation.

La distance principale ainsi que les dimensions utiles du capteur CCD ne sont pas fournies par les constructeurs d'appareils numériques destinés au grand public ; probablement pour ne pas avoir à distinguer entre pixel affiché forcément interpolé et radiométrie détectée, on donne un équivalent  $24 \times 36$ .

Distance principale et dimensions du détecteur ont été estimées à un facteur près en photographiant une grille de dimensions connues, donnant directement la valeur du rapport :

$$\frac{f}{\text{dimensions du capteur}} = \frac{f}{\text{nb de pixels} \times \text{taille du pixel}}$$

Cette procédure est suffisante car la grandeur qui intervient réellement dans les calculs d'orientation est la distance principale exprimée en pixels.

c) La troisième difficulté est apparue lorsque les clichés géométriquement rectifiés par projection sur un plan moyen ont été mosaïqués pour contrôler la qualité de la rectification : la figure 3 montre les discontinuités de l'appareillage entre clichés avec des décalages inacceptables de 15 à 20 centimètres par endroits.



Figure 3

## La solution de référence

Après vérification de tous les paramètres mesurés nous avons conclu que les décalages observés étaient dus à l'assimilation trop rapide du mur à un plan moyen alors qu'il s'en écartait de 20 centimètres.

Il aurait fallu à ce stade reprendre le chantier pour effectuer des prises de vue stéréoscopiques classiques, calculer un MNT précis et ensuite procéder à une orthorectification fondée sur ce même MNT.

## La solution réelle

Les conditions météorologiques défavorables et les délais trop courts n'ont pas permis de réaliser la couverture stéréoscopique souhaitée ni les mesures de terrain complémentaires ; une autre solution utilisant les seuls éléments disponibles a été mise en place :

- calibration du système objectif-détecteur à l'aide d'une grille de référence pour déterminer la position du PPA et éliminer les distorsions, en fait plus faibles que prévu



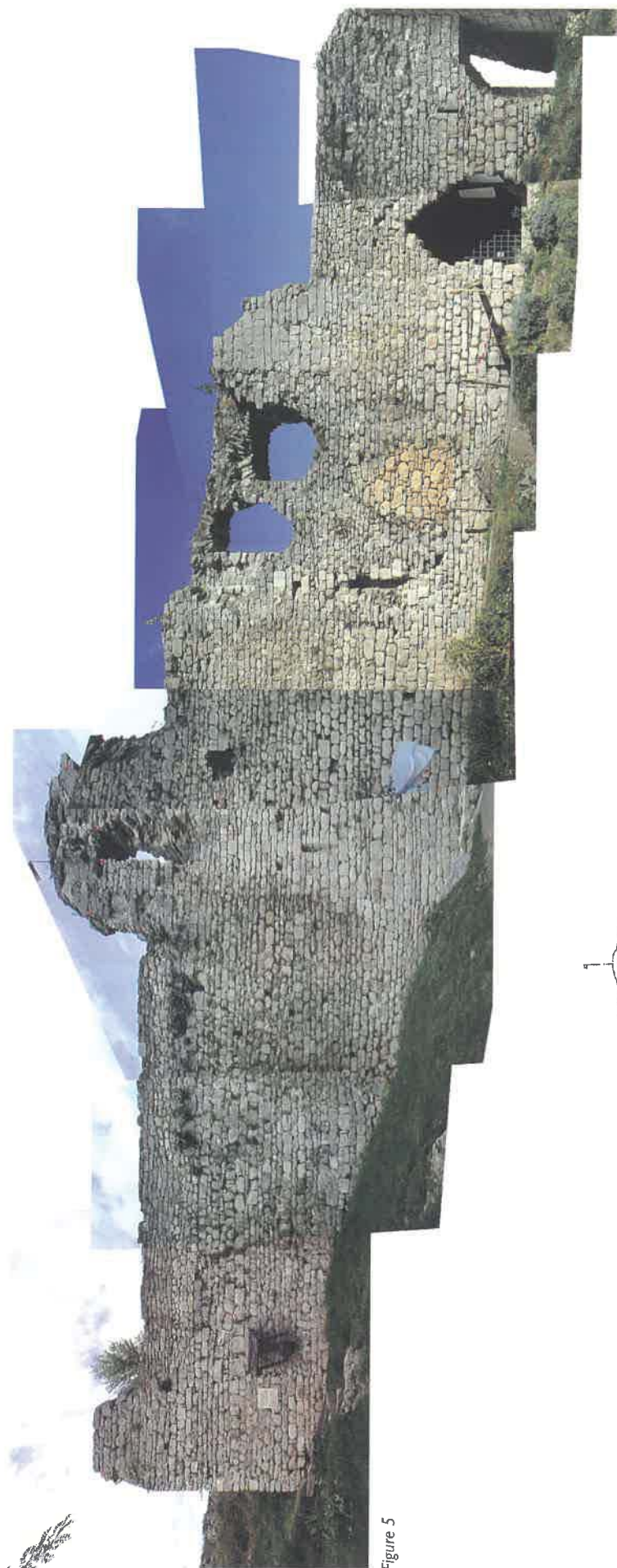


Figure 5

**CHATEAU de SAINT-CIRQ LAPOPIE**  
Elevation sud  
Dessin Valérie Rousset d'après les orthophotos Claude Soiro

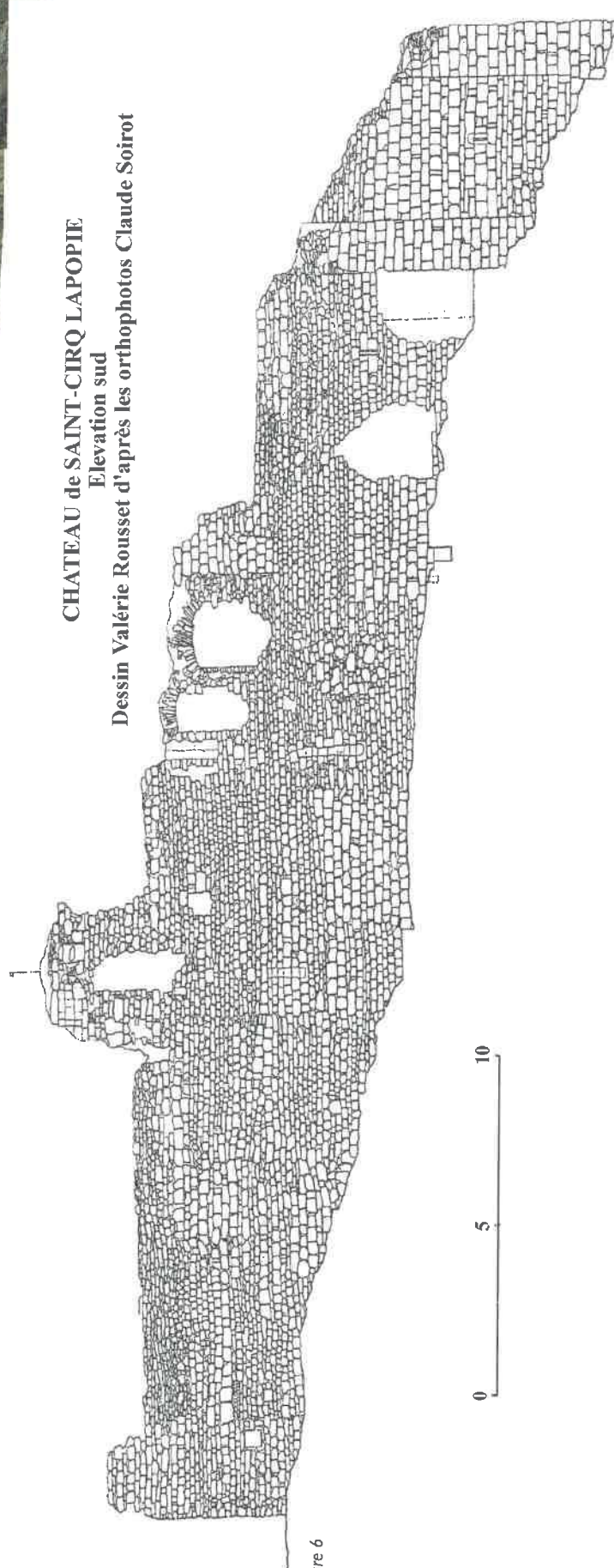


Figure 6

- calcul par résection spatiale des coordonnées de points observés dans le faible recouvrement latéral des clichés, afin de densifier le réseau de points d'appui connus en XYZ;
- orientation des couples stéréoscopiques et restitution numérique pour générer par PHOTOMOD un MNT par couple, limité par construction aux extrémités des clichés;
- constitution d'un MNT global par mosaïquage avec interpolation dans les parties centrales monoscopiques des clichés;
- génération des orthophotos au 1/50;
- mosaïquage des orthophotos pour contrôle des raccords (figure 4).

## Résultats

La mosaïque des 8 clichés initiaux qui n'a fait l'objet d'aucun traitement radiométrique afin de reconnaître les différents composants est représentée sur la figure 5, tandis que le dessin tracé sur les orthophotos à l'échelle 1/50 est représenté sur la figure 6.

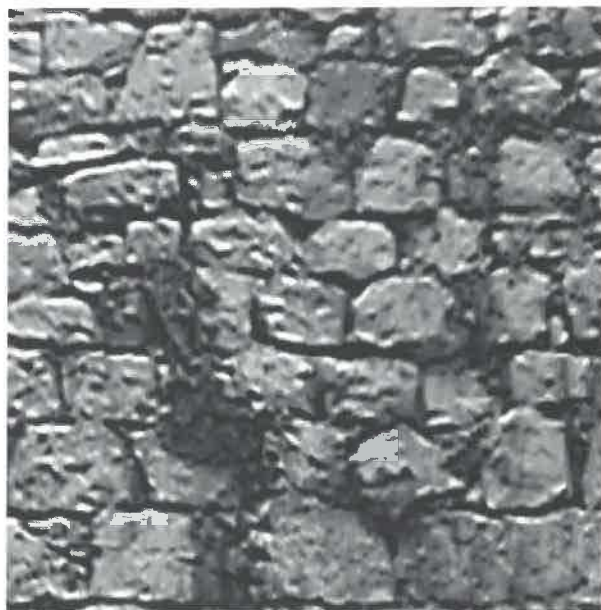


Figure 4



# Au service du Bâtiment et des Travaux Publics pour **former** **autrement**

*L'Ecole Chez Soi, pionnier de la formation professionnelle du BTP, est fière d'avoir préparé plusieurs générations de cadres et de techniciens du Bâtiment et des Travaux Publics. Plus de 20 000 anciens élèves de l'Ecole Chez soi sont actuellement en activité dans des bureaux d'études, cabinets d'architectes, cabinets topographiques, dans des entreprises de BTP ou encore, dans la fonction publique.*

*Elle forme des Ingénieurs, des Techniciens Supérieurs, des Techniciens. Elle dispense toutes les formations qualifiantes du Bâtiment et des Travaux Publics, elle prépare aux examens d'Etat.*

**Des experts vous forment !** Les formateurs sont des professionnels du BTP, reconnus pour leurs compétences.

**Des formations à distance.** La souplesse de la méthode laisse à chacun sa liberté.

**Des formations sur mesure !** Chacun peut se former en fonction de ses besoins personnels.

*Il existe un compagnonnage actif et dynamique entre anciens élèves et nouveaux. Celui-ci permet de faciliter :*

- l'insertion des jeunes dans le monde du travail,
- la réorientation et le plan de carrière des professionnels.

Informations et inscriptions  
**Tél. 01 46 03 66 83**

**Ecole Chez Soi**



INSTITUT PRIVÉ FONDÉ PAR L. EYROLLES EN 1891

3615 Ecole chez soi\* • 92774 Boulogne Cedex  
Site internet : [www.ecole-chez-soi.com](http://www.ecole-chez-soi.com)

