

Le lever par photogrammétrie numérique

Maxime Seguin

▶ **To cite this version:**

Maxime Seguin. Le lever par photogrammétrie numérique : Un outil au service des archéologues. 7ème Table Ronde des Jeunes Chercheurs en Archéologie, May 2014, Aix-en-Provence, France. hal-01495595

HAL Id: hal-01495595
https://inrap.hal.science/hal-01495595

Submitted on 25 Mar 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

LE LEVER PAR PHOTOGRAMMETRIE NUMERIQUE

Un outil au service des archéologues

SEGUIN Maxime, Master 2 Archéologie Médiévale.
Université Aix-Marseille
LA3M (Laboratoire d'Archéologie Méditerranéenne Médiévale et Moderne)
Sous la direction de M. HARTMANN-VIRNICH Andreas (LA3M)

La technique de lever photogrammétrique à but métrologique a connu en quelques années des progrès significatifs. Il est maintenant possible de calculer des modèles tridimensionnels de manière presque entièrement automatique à partir d'images numériques. Dans de nombreux domaines et notamment ceux de l'archéologie et de l'architecture, la photogrammétrie numérique est devenue une alternative à l'utilisation des scanners laser (Pierrot-Desseiligny 2011). C'est un moyen simple et peu onéreux qui permet d'effectuer des levers précis de structures complexes ou difficiles d'accès.

La photogrammétrie est la « technique qui a pour but de déterminer les dimensions, les positions et la forme d'objets, à partir de clichés photographiques pris dans des chambres métriques. » (AFT 2006). Elle est née avec l'apparition de la photographie. Aujourd'hui les chambres métriques ont été remplacées par les appareils photographiques numériques et les appareils mécaniques de restitution ont progressivement cédé le pas aux stations de restitution numériques.

A l'heure actuelle, il existe de nombreux logiciels qui permettent de traiter les acquisitions photographiques (Remondino 2014). Certains sont sous licences libres et d'autres sous licences commerciales. La qualité des résultats diffère selon le type d'algorithme mis en œuvre et le protocole de prise de vue. La suite logicielle présentée ici est développée par l'Institut Géographique National. Elle a l'avantage d'être libre et d'être conçue pour un usage scientifique. Elle s'articule autour de trois « briques » logicielles : *Pastis*, *Apero* (Pierrot-Deseilligny 2011) et *MicMac* (Pierrot-Deseilligny 2007).

L'acquisition des images numériques suit un protocole (Pierrot-Deseilligny 2012) qui est directement contraint par les principes théoriques de la photogrammétrie. Les images doivent donc être prises parallèlement à la surface de l'objet que l'on souhaite restituer et doivent respecter un recouvrement d'environ 80%. Ceci permet d'obtenir des couples d'images stéréoscopiques. Sur chacune de ces images, des points dits homologues correspondent à des détails de l'objet photographié. En mesurant la position de ces points dans les images, il est possible de déterminer leur position dans l'espace. L'utilisation d'algorithmes de traitement d'image et l'exploitation de certaines propriétés géométriques permettent alors de générer automatiquement des nuages de points denses par corrélation d'images.

L'arc de triomphe de *Glanum* (Gros 1979), situé sur la commune de Saint-Rémy-de-Provence (Bouches-du-Rhône, France), a été choisi pour illustrer les applications possibles de la photogrammétrie architecturale. C'est un ensemble maçonné de 12,5 mètres de longueur, 5,5 mètres de largeurs et 8,6 mètres de hauteur. L'édifice comporte sur deux de ses faces des décors sculptés et l'intrados de sa voûte est composé de caissons hexagonaux richement décorés.

L'acquisition photogrammétrique (fig. 1) a été effectuée avec un appareil reflex numérique Nikon D90 et deux objectifs à focale fixe Nikon 20 et 50 mm. Trois type de documents ont été produits : des coupes horizontales et verticales, des orthophotographies des façades et une orthophotographie déroulée de l'intrados de la voûte. Au total, trois cents clichés photographiques ont été acquis lors de cette campagne de mesure. Le modèle a été mis à l'échelle, mais n'a pas été géoréférencé. La mise à l'échelle a nécessité la mesure par tachéométrie de quatre cibles positionnées sur une des façades. Un nuage de points global a été généré à partir des images de focale 20 mm. Le résultat étant extrêmement dense, le nuage a été sous-échantillonné à $1pt.mm^{-1}$. C'est à partir de ce nuage et avec l'aide du logiciel libre *CloudCompare* (CloudCompare 2014), que des coupes (fig. 2) ont pu être produites : deux coupes transversales et une coupe horizontale. L'intérêt de disposer d'un modèle tridimensionnel du monument est de pouvoir produire des coupes à l'endroit souhaité.

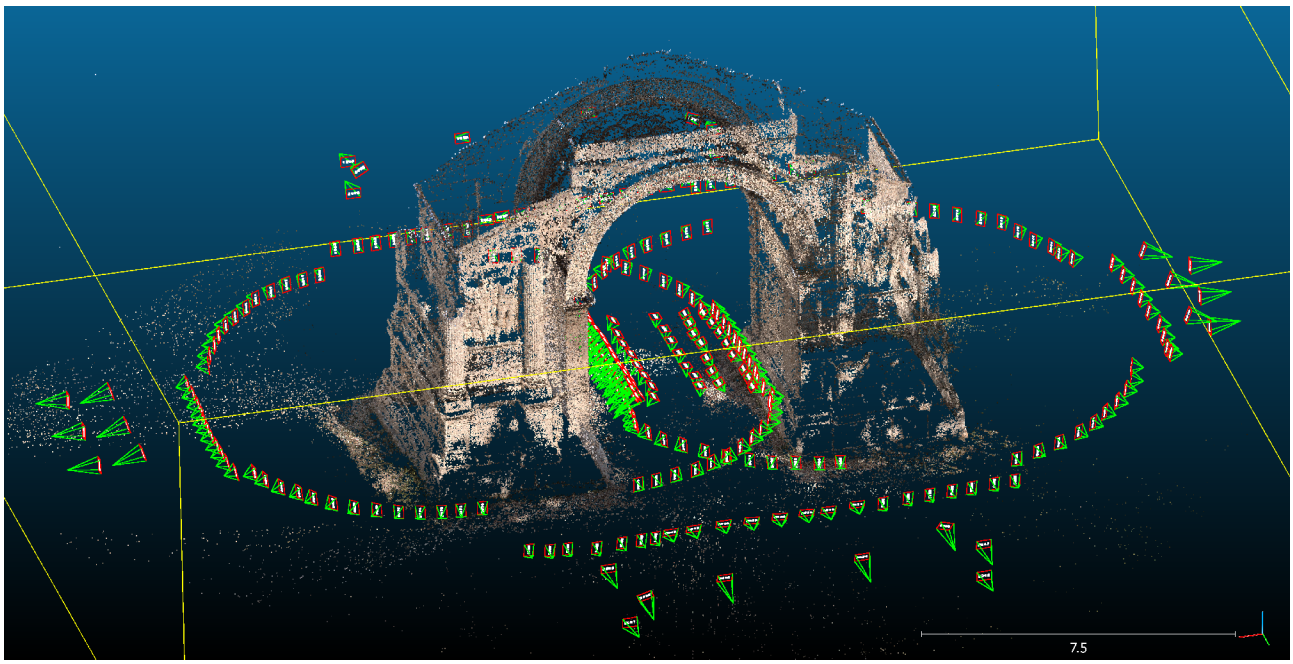


Fig. 1 : Configuration de l'acquisition

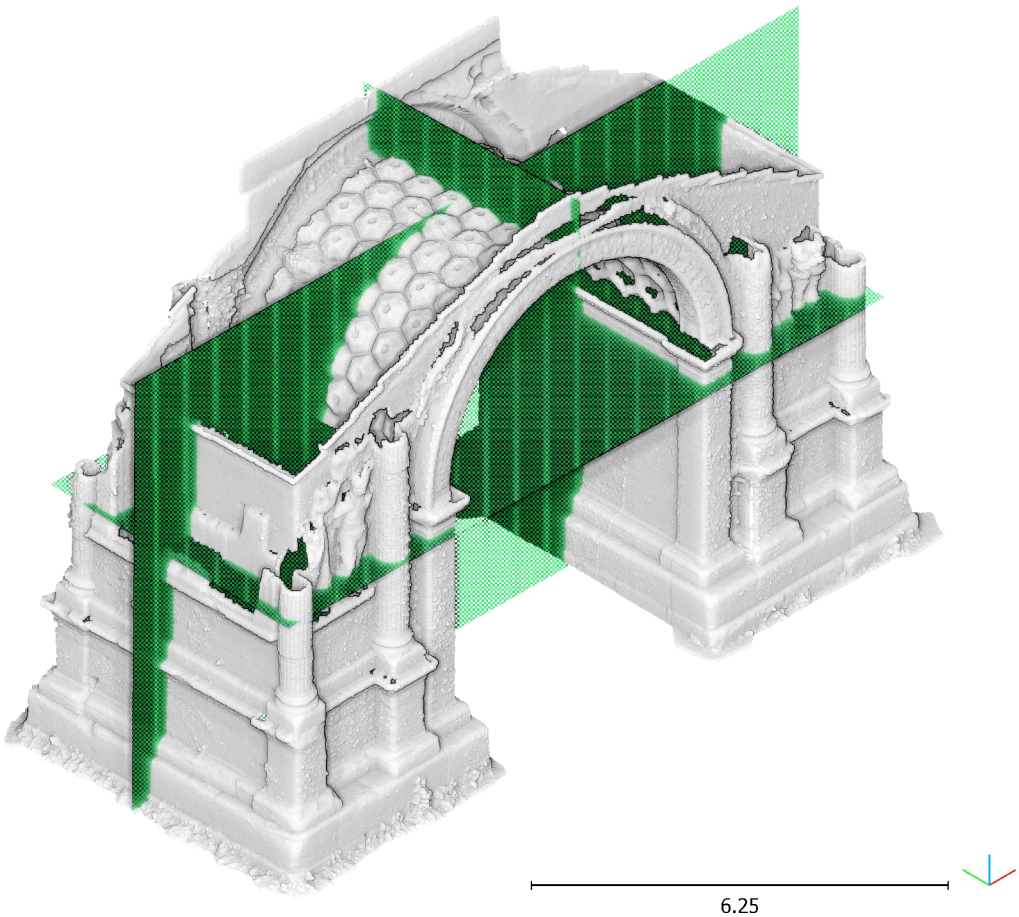


Fig. 2 : Vue isométrique du nuage de points global et position des plans de coupe

Pour la production des orthophotographies des façades ce sont les images de focale 50 mm qui ont été utilisées. L'orthophotographie est un document qui apporte un niveau d'information supplémentaire à un plan. En effet, c'est une photographie rééchantillonnée pour laquelle la position d'un point dans l'image est directement lié à la position d'un détail sur le terrain. Tout comme le plan, elle peut être enrichie d'autres informations : courbes de niveau, contours, etc... A la différence du levé manuel son processus de production est exempt de toute interprétation humaine. L'interprétation et l'exploitation archéologique interviennent une fois le document produit. L'aspect esthétique du document en fait également un excellent support de publication et de communication.

La représentation en plan de l'intrados a nécessité de développer le modèle. Ce déroulé (fig. 3) s'est fait à partir un cylindre théorique approximant au mieux la forme de la voûte. Le dessin manuel des éléments sculptés aurait nécessité la mise en place d'un échafaudage ou l'utilisation d'une nacelle. L'exercice aurait été encore plus difficile si l'on s'était fixé pour but de dessiner l'intrados développé.



Fig. 3 : Orthophotographie développée de l'intrados

La qualité du lever photogrammétrique est directement liée au respect d'un protocole de prise de vue (Waldhaüsl 1994 ; Pierrot-Desseiligny 2012 ; Nony 2012). Le non respect de certaines recommandations de base entraîne immanquablement des résultats inexploitables. La variation et la présence d'ombres projetées est un exemple de configuration inadaptée. La figure 4 montre le

résultats d'un nuage de points obtenu avec deux images pour lesquelles, les ombres projetées d'un arbre se sont déplacées entre les deux prises de vues. Les zones affectées par ces variations ont entraîné une fausse corrélation et donc un bruit important dans le nuages de points résultant.

La densité d'un nuage de points et la résolution de l'orthophotographie sont directement liés à la taille du capteur, à la longueur de la focale et à la distance de prise de vue. La figure 5 montre la distance entre la façade et le centre optique de l'appareil photographique. On remarque que la partie supérieure de la façade est plus éloignée du centre optique de l'appareil de prise de vue. Les parties de l'image les plus éloignées du centre optique couvrent donc une surface de façade plus importante que le centre de l'image. Pour obtenir une densité homogène il est donc nécessaire d'échantillonner a posteriori le nuage de point obtenu.

Les parties non visibles ne sont évidemment pas modélisables, mais les parties vues de manière rasante ne sont également pas propices à une corrélation correcte. De manière générale, les faces du bâtiments qui forment un angle supérieure à 60° avec les rayons incidents ont de grande chance d'être mal restituées (fig. 6).

Ces quelques remarques permettent d'illustrer certaines limites de cette technique qui permet tout de même de s'affranchir de bien d'autres contraintes inhérentes au dessin manuel traditionnel.

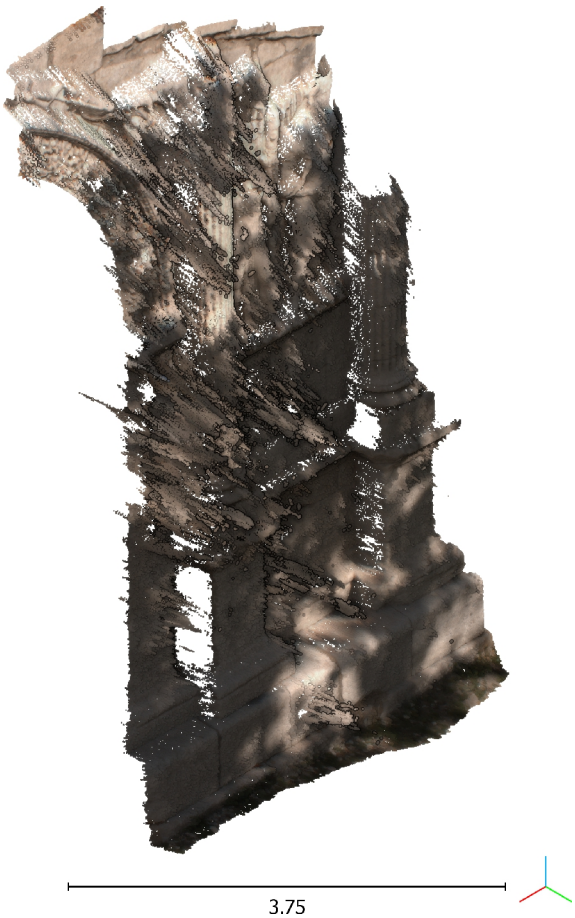


Fig. 4 : Nuage de points bruité

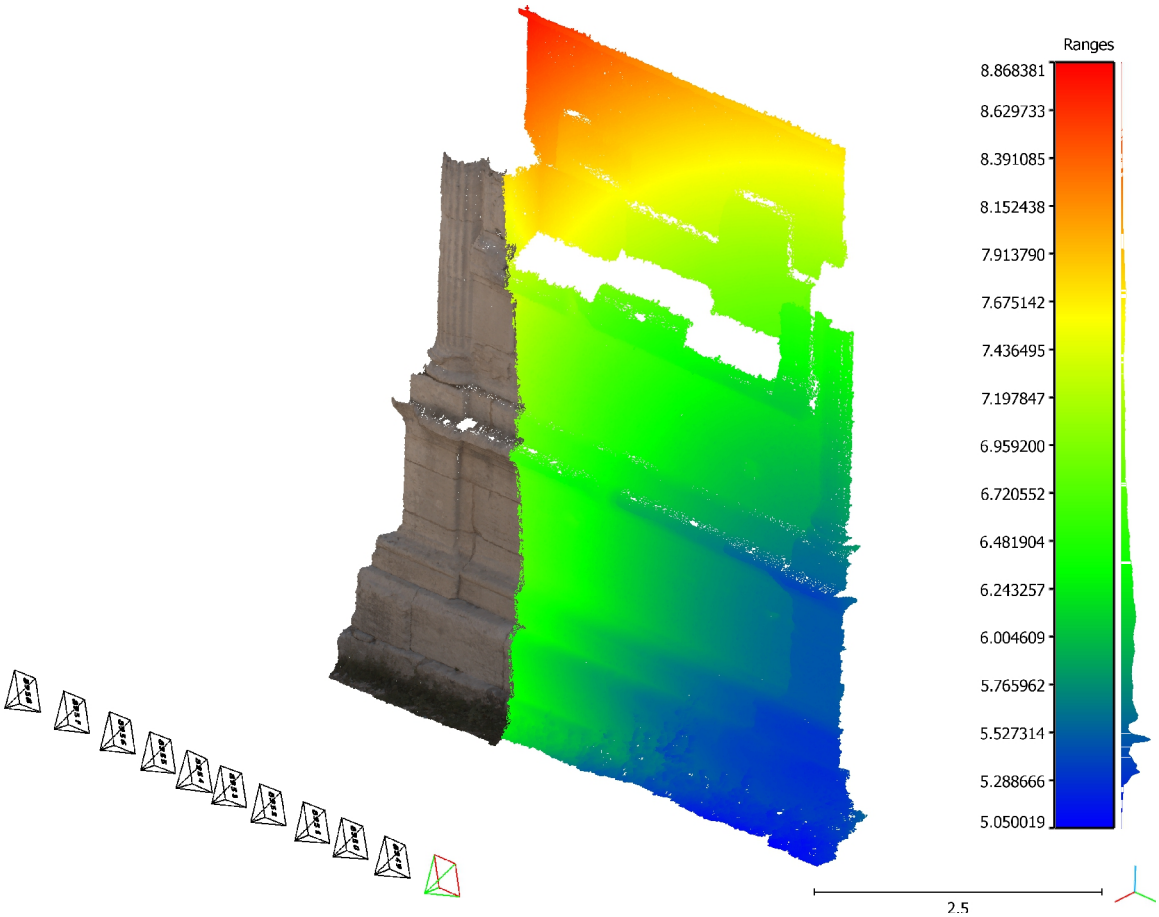


Fig. 5 : Distance de la façade au centre optique de l'appareil photographique

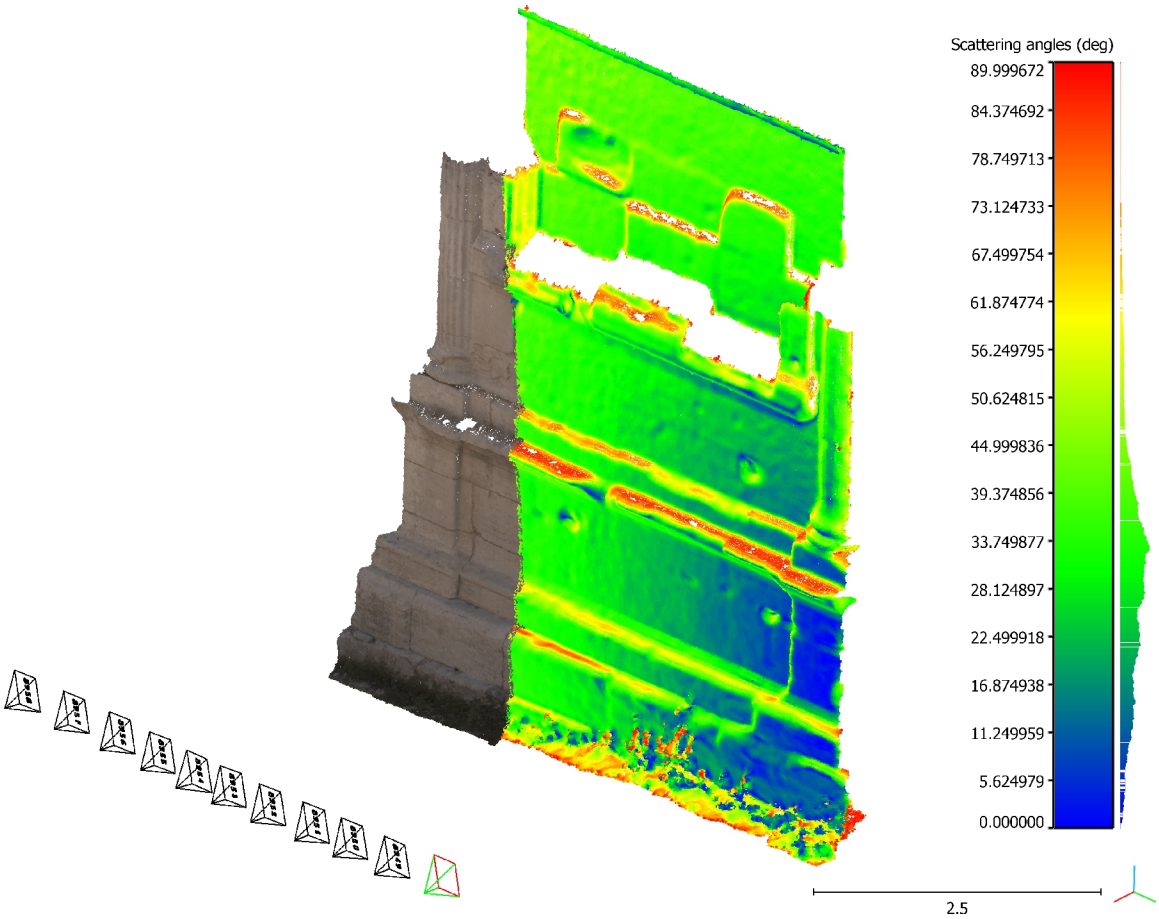


Fig. 6 : Angle entre les rayons optiques et la façade

En effet, la technique du lever photogrammétrique permet de réaliser des levers denses et d'une très grande précision. Contrairement à d'autres méthodes elle permet de mesurer et de modéliser les parties inaccessibles d'un édifice. Elle offre une représentation de l'architecture à un moment donné avec une très grande précision. L'existence de logiciels libres et le faible coût des appareils photographiques numériques augurent une démocratisation de cette technique dans le domaine de l'archéologie du bâti. Cependant l'exactitude et l'exhaustivité ne sont pas des fins en soi. Avant de débuter une opération de lever, il faut avoir identifié les besoins liés à la problématique archéologique. Les orthophotographies et les nuages de points ne sont que des supports de travail qu'il est très souvent impératif de compléter par des levers manuels. Ces deux techniques sont donc complémentaires et il n'y a pas lieu d'opposer le lever manuel et lever numérique.

BIBLIOGRAPHIE

AFT 2006 : ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE. - *Lexique topographique*. 2e éd. Saint-Mandé : Association Française de Topographie, 2006. 126 p.

Remondino 2014 : REMONDINO (F.), SPERA (M.G.), NOCERINO (E.), MENNA (F.), NEX (F.). - State of the art in high density image matching. *The Photogrammetric Record,* 29, 146. Nottingham : The Remote Sensing and Photogrammetry Society, 2014. p. 144-166.

Gros 1979 : GROS (P.). - Pour une chronologie des arcs de triomphe de Gaule Narbonnaise (à propos de l'arc de Glanum). *Gallia*, tome 37, fascicule 1. Paris : CNRS Éditions, 1979. pp. 55-83.

CloudCompare 2014 : CLOUDCOMPARE, *3D Point Cloud and Mesh Processing Software.* Url : http://innovation.edf.com/recherche-et-communaute-scientifique/logiciels/cloudcompare-41182.html, consulté le 25 août 2014.

Waldhäusl 1994 : WALDHÄUSL (P.), OGLEBY (C.) - 3 x 3-Rules for Simple Photogrammetric Documentation of Architecture. *International Archives of Photogrammetric and Remote Sensing*, 30. p. 426-429.

Pierrot-Deseilligny 2007 : PIERROT-DESEILLIGNY (M.) - MicMac, un logiciel pour la mise en correspondance automatique d'images dans le contexte géographique. *Bulletin d'Information Scientifique et Technique de l'IGN*, n°77. Saint-Mandé : IGN, 2007. p. 1-12.

Pierrot-Deseilligny 2011 : PIERROT-DESEILLIGNY (M.), CLÉRY (I.) - APERO, an Open Source Bundle Adjusment Software for Automatic Calibration and Orientation of a Set of Images. *Proceedings of the ISPRS Commission V Symposium, Image Engineering and Vision Metrology*, Trento, Italy, 2-4 March 2011.

Pierrot-Deseilligny 2012 : PIERROT-DESEILLIGNY (M.), CLÉRY (I.) - Some Possible Protocols of Acquisition for Optimal Use of the "APERO" Open Source Software in Automatic Orientation and Calibration. *Tutorial for EuroCow*, Castelldefels, Espagne, 2012.

Nony 2012 : NONY (N.), DE LUCA (L.), GODET (A.), PIERROT-DESEILLIGNY (M.), REMONDINO (F.), VAN DONGEN (A.), VINCITORE (M.) - Protocols and assisted tools for effective image-based modeling of architectural elements. *Procedings EuroMed 2012 Conference*. Heidelberg :Springer, 2012. p. 432-439.

Pierrot-Deseilligny 2011 : PIERROT-DESEILLIGNY (M.), CLÉRY (I.) - Évolutions récentes en photogrammétrie et modélisation 3D par photo des milieux naturels. *Images et Modèles 3D en Milieux naturels*, Le Bourget-du-Lac : Edytem, 2011. p. 51-66.