



HAL
open science

Un guide de bonne pratique pour la photogrammétrie en archéologie

Quentin Verriez, Matthieu Thivet, Anna Tomasinelli

► To cite this version:

Quentin Verriez, Matthieu Thivet, Anna Tomasinelli. Un guide de bonne pratique pour la photogrammétrie en archéologie. JC3DSHS 2023, Les Journées du Consortium 3D SHS, Nov 2023, Lyon, France. hal-04480772v1

HAL Id: hal-04480772

<https://hal.science/hal-04480772v1>

Submitted on 27 Feb 2024 (v1), last revised 6 Jun 2024 (v2)

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.

UN GUIDE DE BONNE PRATIQUE POUR LA PHOTOGRAMMÉTRIE EN ARCHÉOLOGIE

Quentin Verriez Matthieu Thivet, Anna Tomasinelli

Laboratoire Chrono-environnement-CNRS-UBFC(UMR6249)-CNRS :UMR 6249, Université de Franche-Comté

Mots-clés : MicMac - Photogrammétrie - Solution libre

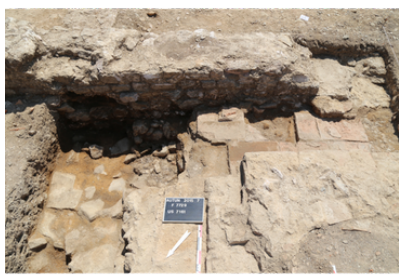
Résumé : Guide de levé orthophotographique par photogrammétrie appliqué au patrimoine archéologique-Du choix des équipements aux paramètres de traitement par solution libre sous MicMac (IGN ENSG).

Les techniques de fouilles impliquent la dégradation partielle des sites archéologiques étudiés (1). C'est pourquoi les archéologues documentent méthodiquement les éléments observés, dans le but de restituer le plus précisément possible les différentes étapes de la fouille d'une part et les vestiges détruit par l'action de fouille d'autre part.

Les enregistrements se présentent à la fois sous forme de compte-rendu textuel plus ou moins formalisé, et de documents graphiques capables de refléter fidèlement la réalité des sites. Pour cette deuxième catégorie, on retrouve parmi les méthodes employées : le traditionnel dessin technique sur papier millimétré, la photographie, mais surtout toute une gamme récente d'outils de relevés numériques tels que les scanner 3D, le LiDAR ou encore la photogrammétrie (fig. 1).

Cette dernière technique, permettant de reconstituer des scènes en 3D à partir d'images 2D, est bien connue des archéologues, qui l'utilisent dès le XIX^{ème} s. (2-4). Parmi les exemples célèbres, nous pouvons citer les levés de la grotte de Lascaux par stéréophotogrammétrie en 1966 par l'IGN, qui ont offert les supports nécessaires à la construction des fac-similés grandeur nature de Lascaux II (5).

Toutefois, la photogrammétrie a récemment connu un large regain d'intérêt, dans la communauté archéologique et au-delà, grâce à la convergence de deux facteurs au milieu des années 2000 : le développement de la photographie numérique et l'augmentation exponentielle de la puissance de calcul des ordinateurs personnels. Cette situation a considérablement facilité l'acquisition et le traitement automatique des images par des logiciels accessibles avec peu de formation.



Photographie



Photogrammétrie



Dessin technique (d'après photogrammétrie)

Fig. 1 - Différents types de relevés en archéologie

Face à cette apparente simplicité de mise en œuvre de la 3D et de l'orthoimage, les archéologues ont démultiplié les acquisitions photogrammétriques, au point de devenir les acteurs les plus actifs au sein de la communauté des SHS. Le cas du Conservatoire National des Données 3D (CND3D), qui vise à héberger les données 3D des Humanités Numériques, illustre bien cette situation. Ce dernier, qui repose en grande partie sur l'expertise de la plateforme Archeovision et son application ArcheoGRID, accueille à plus de 90 % des modèles 3D issus des disciplines archéologiques et du patrimoine. Pour justifier l'intensification dans leur pratique de la 3D et particulièrement de la photogrammétrie, les archéologues avancent plusieurs arguments :

- La photogrammétrie permet de remplacer les traditionnels relevés archéologiques (topographie, dessins, profils) par des mesures 3D à haute résolution.
- Elle permet d'augmenter la productivité sur le terrain (fouilles, prospections et études du bâti) par le traitement et la production automatique de modèles 3D et d'orthophotographies.
- Elle fournit un retour exhaustif sur les données après la fin des chantiers, avec la création d'archives visuelles inédites pour revenir sur les éléments fouillés ou bâti.
- Elle améliore la reproductibilité des résultats, en fournissant un modèle orthonormé de la réalité, calculé à partir d'un ensemble de paramètres contrôlés et contrôlables.
- Elle offre de nouvelles possibilités de partage et de diffusion des connaissances en multipliant la nature des supports mobilisés : illustration, modélisation, visualisation 3D, interface web, outils collaboratif, multimédia, etc.

Cette situation mène au remplacement progressif de tout ou partie des relevés de terrain traditionnels (à la main, sur papier millimétré) par des levés produits par photogrammétrie. Les images de vestiges archéologiques deviennent alors de véritables supports aux relevés techniques et scientifiques. Pourtant, la photogrammétrie reste une technique de représentation d'une scène du monde réel. Comme toutes les techniques, elle s'avère plus ou moins adaptée, en fonction du contexte scientifique et du cadre opérationnel.

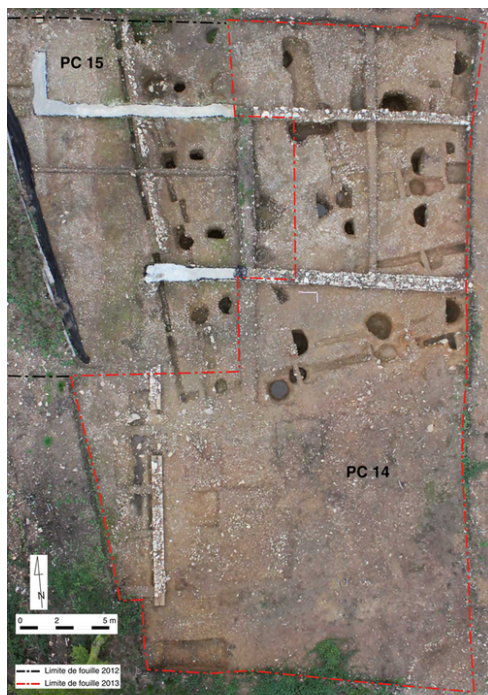
La bonne pratique de la photogrammétrie implique également la maîtrise d'un ensemble de connaissances lors des phases d'acquisition et de traitement que de nombreux utilisateurs ont tendance à négliger, tant les interfaces des logiciels actuels en simplifient l'usage. Cette impression, qui n'en est clairement qu'une, conduit même parfois à caricaturer son usage en une démarche "presse boutons", alors qu'en réalité sa mise en œuvre relève de processus pourtant hautement scientifiques.

Le cas des fouilles menées sur l'oppidum de Bibracte est représentatif de cet engouement des archéologues pour la photogrammétrie. Enthousiasme qui a également conduit à un certain manque de rigueur dans sa mise en œuvre. Ce site emblématique, capital du peuple Éduen au Ier s. av. n. è., est situé sur le Mont Beuvray, dans le sud du massif du Morvan, à la frontière entre les actuels départements de la Nièvre (58) et de la Saône-et-Loire (71).

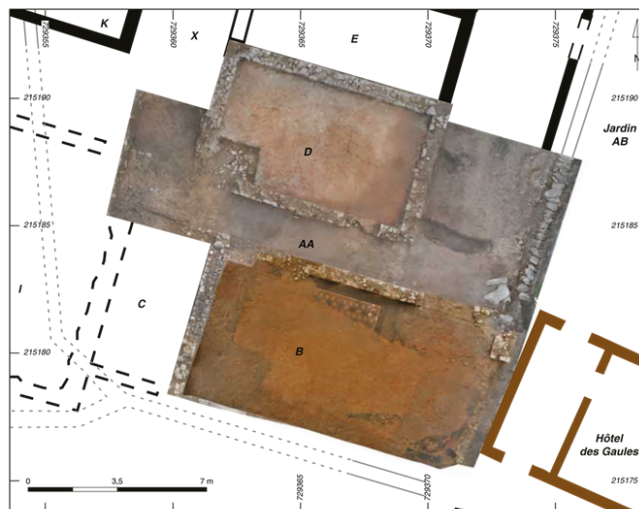
Il fait l'objet, depuis le milieu des années 1980, d'un programme de recherche qui réunit chaque année des équipes d'archéologues venues de l'Europe entière pour explorer les quelque 200 hectares occupés par le site archéologique. La photogrammétrie a été employée pour la première fois en 2013.

Dès lors, plusieurs opérations archéologiques menées sur le Mont Beuvray ont commencé à produire des orthophotographies, en remplacement des relevés traditionnels en plan et en élévation, mais sans jamais fournir d'informations sur les méthodes d'acquisition, les images sources ou les paramètres des traitements (fig. 2). En plus des problèmes de validité scientifiques induits par le manque d'informations, l'intensification et l'hétérogénéité de la production d'imagerie numérique a également confronté le centre de recherche européen de Bibracte à des problèmes de conservation et de partage des modèles photogrammétriques sur le long terme.

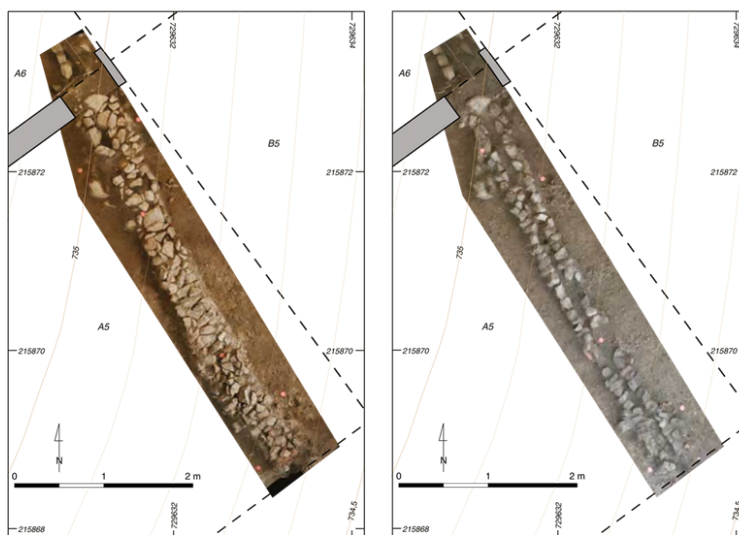
Tous ces éléments ont alors entraîné une réflexion plus générale sur la création, la gestion, l'archivage et la diffusion des données numériques produites dans le cadre du programme de recherche, conduite de 2018 à 2021 dans le cadre du projet Bibracte Numérique et d'une recherche doctorale sur l'usage des outils numériques au sein des chantiers archéologiques de Bibracte (Verriez 2023).



2013. Terrasses PC 14 et PC 15, vue zénithale en fin de chantier (B. Chagny).



2014. Domus PC1, locaux D, AA et B en fin de campagne (A. Meunier).



2014. Quartier du Champlain, drain 1127-1167 (A. Meunier).



2014. Theurot de la Roche, parement ouest de PS 19 (A. Meunier).

Figure 2. Exemples d'orthophotographies réalisées en 2013 et 2014 sur les chantiers de fouilles de Bibracte

En combinant ce travail avec les développements méthodologiques menés au sein de l'Université de Franche-Comté, nous avons souhaité proposer à la communauté archéologique un guide méthodologique intitulé "Levé orthophotographique par photogrammétrie appliqué au patrimoine archéologique. Du choix des équipements aux paramètres de traitement par solution libre sous MicMac (IGN ENSG)".

Cet ouvrage s'appuie à la fois sur une solide expérience de terrain, mais également sur les recommandations du livre blanc du consortium 3D SHS (6). L'objectif de cette nouvelle publication sur le sujet était le suivant : fournir aux archéologues les éléments fondamentaux pour produire des orthophotographies adaptées aux problématiques scientifiques et aux contraintes techniques d'un chantier de fouille et d'une étude du bâti, le tout en produisant des résultats reproductibles et documentés.

Ce manuel propose une chaîne complète de traitement réalisée avec le logiciel MicMac. Ce logiciel a été développé par des équipes de l'IGN et de l'ENSG, et s'adresse principalement à des usages dans un cadre scientifique. En plus d'être libre, gratuit et supporté par une communauté active, il met en avant la justesse des modèles plutôt que la qualité du rendu. A titre d'exemple, MicMac ne traitera les images que si celles-ci répondent à certaines exigences, telles que la netteté, la luminosité ou le taux de recouvrement entre les photos.

En l'absence de conditions satisfaisantes, le logiciel laissera des "trous" dans le modèle ou cessera simplement le traitement, à l'inverse de plusieurs logiciels commerciaux qui privilégient les solutions d'interpolation. Ceux-ci comblent alors les espaces vides (ou moins bien couverts à l'acquisition) pour lisser le rendu final, en créant des points qui ne reposent pas sur des éléments réellement présents dans la scène capturée. MicMac a également la particularité de fonctionner en ligne de commande, sans autre interface graphique qu'un terminal.

Le guide se structure donc en 4 parties. La première, théorique, explicite la chaîne opératoire photogrammétrique complète depuis l'acquisition jusqu'au traitement des images (du choix des capteurs, aux processus de calcul) (fig. 3). Elle revient sur les principes fondamentaux à maîtriser, tout en gardant un discours adapté à un public d'archéologues, en s'appuyant sur des exemples concrets, issus d'expériences de terrain.

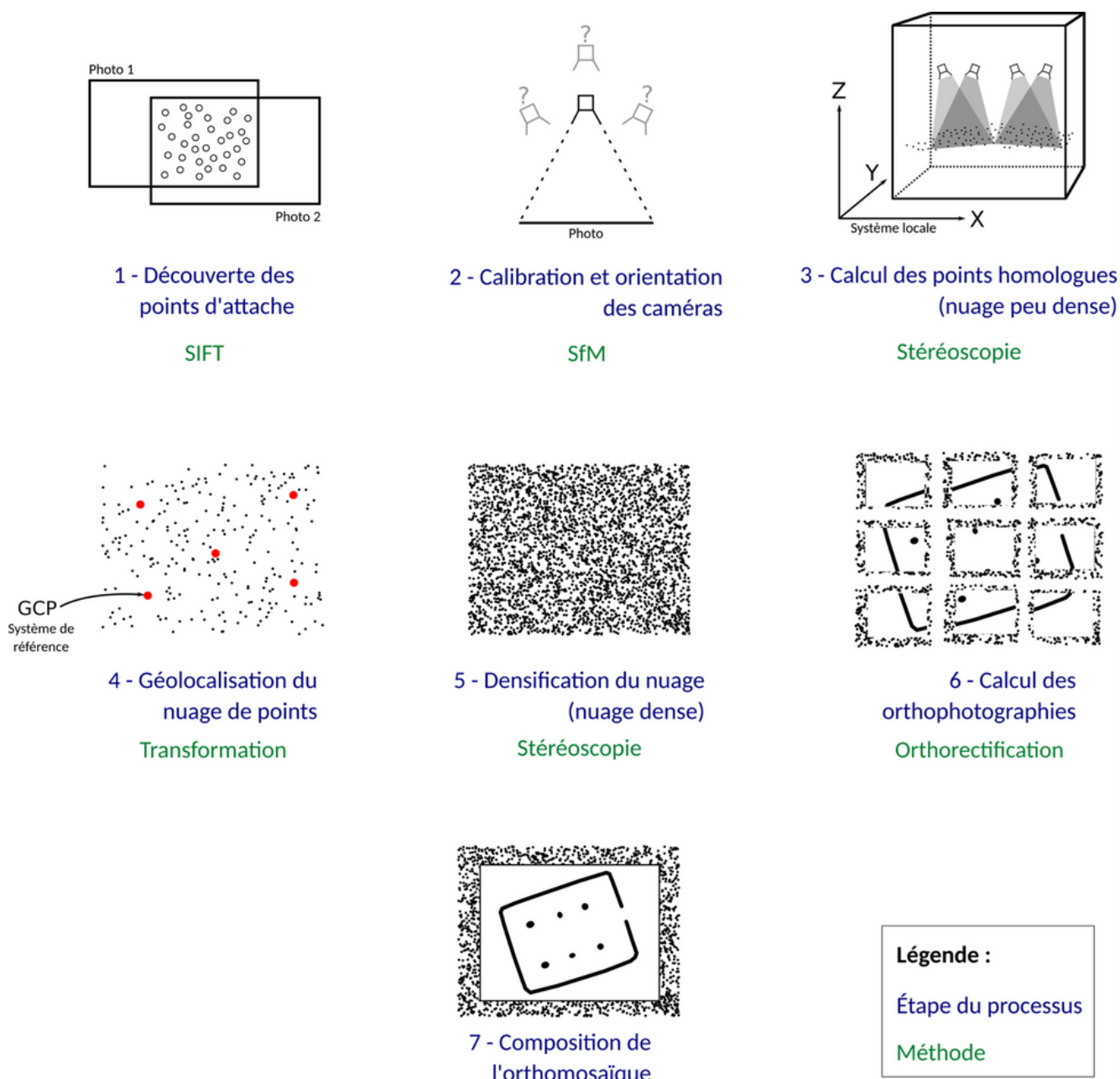


Figure 3. Processus théorique de production d'une orthophotographie.

La deuxième partie décrit le processus de production d'une orthophotographie en plan à l'aide du logiciel MicMac. Elle reprend toutes les étapes du traitement afin de simplifier l'usage de ce logiciel rigoureux mais dont l'interface en ligne de commande apparaît pour beaucoup rebutante. L'organisation de cette partie du guide suit donc une trame régulière, commande à commande, détaillant les principaux arguments (fig. 4).

Elle se compose de la présentation et de la description de la commande, détaillant la fonction et le type de production de chaque argument, ainsi qu'une explication des éléments spécifiques à prendre en compte.

<i>Guide de bonne pratique en archéologie : la photogrammétrie</i>	43
<h3>2.3.2. Vérification de l'alignement des images</h3>	
<p>Commande</p>	
<pre>mm3d Schnaps ".*JPG" MoveBadImgs=1</pre>	
<p>Description</p>	
<p>Schnaps : Approche statistique basée sur la multiplicité et la redondance permettant le nettoyage et la réduction des points homologues avant la calibration et l'orientation des images.</p>	
<p>".*JPG" : la vérification s'effectue sur toutes les images (*).</p>	
<p>MoveBadImgs=1 : déplace automatiquement les images qui présentent trop peu de points d'attache pour être alignées dans un dossier Poubelle.</p>	
<p>À prendre en compte</p>	
<p>La commande se base sur les résultats de Tapioca pour évaluer la qualité des images.</p>	
<p>Production :</p>	
<p>Répertoire Poubelle : contient les images qui présentent trop peu de points homologues pour être alignées. S'il est créé, la commande Tapioca doit être relancée après modification (amélioration) des arguments utilisés (mode et/ou résolution).</p>	

Figure 4. Exemple de présentation d'une commande dans le guide.

La troisième partie reprend le même modèle que la seconde, mais en développant un processus alternatif, adapté aux orthophotographies sur un axe vertical. En effet, MicMac est actuellement un des seuls logiciels disponibles permettant la production d'orthophotographies de coupe ou d'élévation reposant sur de véritables calculs mathématiques plutôt que de simples ajustements manuels (fig. 5).

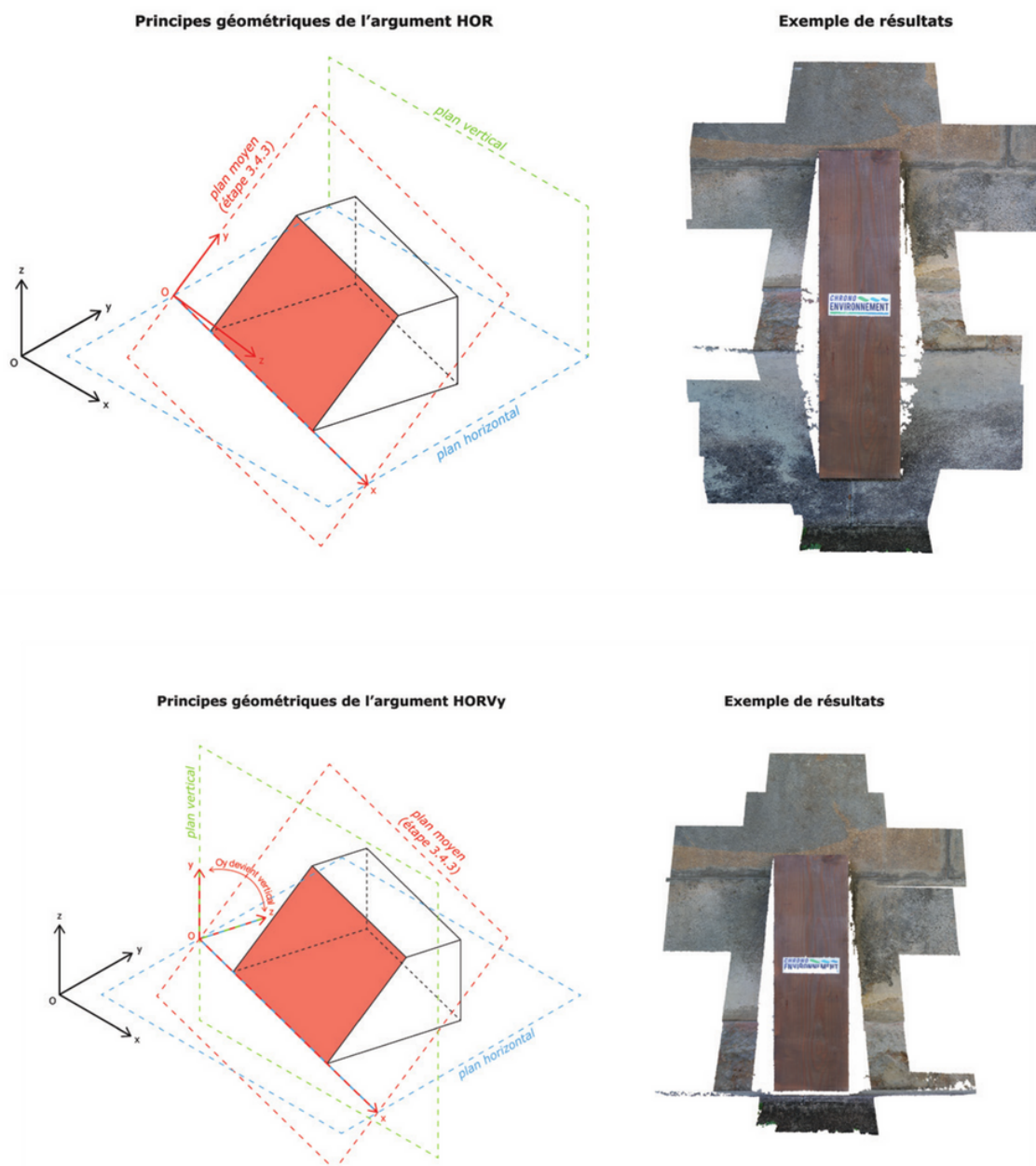


Figure 5. Les options de la commande RepLocBascule pour la production d'orthophotographies verticales

Enfin, la quatrième et dernière partie de l'ouvrage traite rapidement des aspects d'archivage et de diffusion des données photogrammétriques.

Comme la photogrammétrie nécessite une rigueur scientifique dès la phase de terrain, le guide a également été pensé comme un support capable d'accompagner les chercheurs en extérieur, sur les chantiers. Il est imprimé sur un papier imputrescible et résistant à la déchirure, dans un format qui offre un bon compromis entre transportabilité et qualité des illustrations. Il présente également une reliure à petite spirale, permettant de conserver l'ouvrage ouvert sur une ou deux pages sans décoller les pages.

Enfin, un espace a été réservé pour la prise de notes à la suite de chaque commande, en fonction des besoins spécifiques du lecteur. Finalement, nous avons souhaité produire un guide qui s'adresse autant aux étudiants en archéologie qu'aux professionnels du milieu. Les premiers y découvriront les éléments théoriques fondamentaux pour maîtriser la photogrammétrie en contexte archéologique, et les seconds pourront apprendre à maîtriser un nouveau logiciel permettant aux utilisateurs de s'affranchir des solutions propriétaires et commerciales largement utilisées aujourd'hui. Cette promotion des solutions libres, gratuites et ouvertes se trouve également renforcée par la publication de cet ouvrage sur la plateforme OpenBook edition, en langue française mais aussi en anglais, s'inscrivant parfaitement dans une démarche de science ouverte.

Bibliographie

1. Djindjian F. L'archéologie: théorie, méthodes et reconstitutions. 2ème ed. Malakoff: Armand Colin; 2017. 612 p.
2. Kasser M, Egels Y. Photogrammétrie Numérique [Internet]. HERMES Sciences Publications. Paris; 2001 [cité 2 févr 2022]. 379 p. (Collection ENSG-IGN).
3. Egels Y. La photogrammétrie, principes généraux et terminologie. Images et modèles 3D en milieux naturels. 2011;12(1):41-50.
4. Djindjian F. Archéologie, de l'analogique au numérique: évolution technique ou révolution méthodologique? Les nouvelles de l'archéologie. 4 déc 2016;(146):6-11.
5. IGN. Nouveaux relevés architecturaux et archéologiques par stéréophotogrammétrie. Bulletin d'information de l'Institut géographique national. oct 1966;(4):pp 12-12.
6. Vergnieux R, Bernard JF, Chayani M, Abergel V, Benistant P, Bergerot L, et al. Livre blanc du Consortium 3D SHS [Internet]. 2017 [cité 15 avr 2021]. 234 p. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01683842>