



## L'Amphithéâtre (Arles, France)

Ce relevé a été mené au cours d'une visite de la ville d'Arles, dans le but de fournir un exemple d'acquisition d'édifice en milieu urbain.

Etant donné la morphologie complexe et la superficie du bâtiment, seule l'enveloppe externe a été prise en compte.

Le relevé doit permettre de générer un modèle 3D complet de l'édifice, ainsi qu'une série d'orthophotographies des arcades.

La procédure se divise en trois étapes. Dans un premier temps, la façade fait l'objet d'une acquisition photographique. Les photos sont ensuite traitées automatiquement par le logiciel PhotoCloud, qui génère des nuages de points 3D à partir de photographies. Enfin, ces nuages sont assemblés afin de créer une orthophotographie complète de la façade.

Cet exemple permet ainsi d'illustrer deux types de traitements différents, effectués à partir d'une même acquisition photographique: la création d'un nuage

de points 3D, et la réalisation d'orthophotographies.

En plus de l'intérêt architectural de l'objet étudié, cette exemple permet également de mettre en évidence un certain nombre de points essentiels à respecter tout au long du processus, depuis l'acquisition jusqu'au traitement informatique, pour pallier aux différentes contraintes propres à ce type d'édifices.

### Sommaire

- 1 - Présentation de la mission
  - 1.1 - Contexte historique
  - 1.2 - Architecture et environnement
  - 1.3 - Préparation de la mission
- 2 - Acquisition photographique
  - 2.1 - Approche générale
  - 2.2 - Contraintes
  - 2.3 - Orientation globale
  - 2.4 - Corrélation
- 3 - Traitement informatique
  - 3.1 - Gestion des masques
  - 3.2 - Résultat final

## 1.1 - Contexte historique

L'amphithéâtre se situe dans le centre-ville d'Arles, quartier de la Hauteure.

Sa construction remonte à la fin du premier siècle après J.C. Destiné à accueillir les combats de gladiateurs jusqu'à la fin de l'empire romain, il est dès le VI<sup>e</sup> siècle utilisé à des fins défensives. C'est à cette époque qu'il se dote de trois tours. Des habitations sont également construites dans l'enceinte du bâtiment, qui perdurent jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle.

Il constitue aujourd'hui l'un des monuments emblématiques de la ville, et accueille divers spectacles (tauromachie, concerts, etc.)

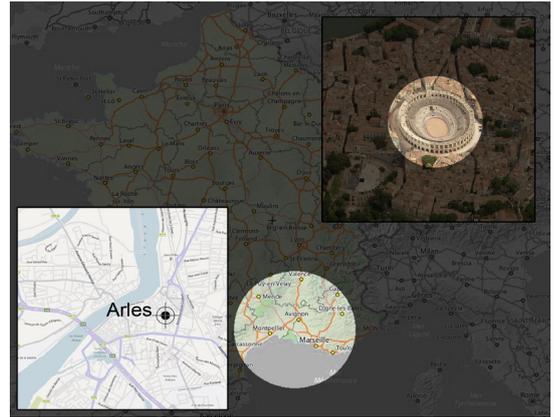


Fig. 1 - Situation géographique de l'amphithéâtre.

## 1.2 - Architecture et environnement

L'amphithéâtre mesure 136 mètres de long (grand axe) et 107 de large (petit axe), et pouvait accueillir à l'époque de sa construction 21000 personnes.

Il est construit sur le modèle du Colisée de Rome: une arène centrale de forme éллиptique entourée de gradins, avec un système de galeries et d'escalier permettant de faire sortir la foule.

La façade extérieure est rythmée par une série d'arcades en plein cintre, sur deux niveaux, séparés par des piers. L'ensemble est réalisé en pierre de taille.

Le tissu urbain entourant l'édifice est relativement dense, cependant il est possible d'en faire le tour complet en empruntant la rue des arènes. Compte tenu de l'inclinaison du terrain sur lequel il a été construit, une fosse - ou un remplai, selon la position - le sépare de la rue.

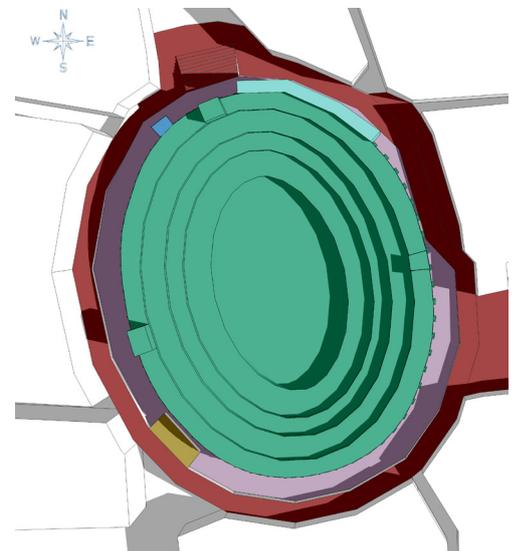


Fig. 2 - Plan du site.

## 1.3 - Préparation de la mission

### Le temps imparti

La mission s'est déroulée le 29 avril 2011, à neuf heures du matin, pour une durée d'une heure.

### Éléments à acquérir

Le relevé concerne l'enveloppe externe de l'amphithéâtre.

### Matériel

Le choix s'est porté sur le NIKON D3X, en raison de sa haute définition (6048 x 4032 pixels), équipé d'un objectif 24mm.



Fig. 3 - le matériel nécessaire à l'acquisition: le D3X et l'objectif 24mm.

## 2.1 - Approche générale

La morphologie complexe de l'amphithéâtre en fait un édifice très difficile et long à acquérir en totalité (extérieur et intérieur). Le relevé s'est donc concentré sur la façade extérieure. Le but étant d'obtenir un modèle complet du bâtiment, l'ensemble des photos doivent être connectées. Compte tenu de la distance à l'objet relativement constante, une seule focale (24mm) a été utilisée.

L'acquisition s'est faite de manière classique: une première phase d'orientation, en tournant autour du bâtiment, une phase de corrélation en suivant le même parcours, et enfin une phase de calibration.

## 2.2 - Contraintes

### Les contraintes internes

L'amphithéâtre comporte de nombreuses auto-occlusions dues aux corniches, moulures, garde-corps, etc. Certaines pierres ayant été remplacées récemment présentent une texture relativement homogène, qui peut poser des problèmes lors des calculs de corrélation.

### Les contraintes externes

La principale contrainte vient du fort ensoleillement, qui génère des effets de contre-jour et d'importantes variations radiométriques entre la partie éclairée et la partie ombragée. De nombreux obstacles gênent la circulation autour de l'édifice: panneaux de signalisation, véhicules stationnés, garde-corps entre la rue et la fosse, etc. D'autres plus importants empêchent d'accéder à certaines parties de l'amphithéâtre: la plate-forme au sud-est et la cabane près de l'entrée, qui obstruent les arcades inférieures, et les échafaudages au nord.

Le site présente malgré cela de très bonnes conditions d'acquisition: possibilité de circuler facilement autour des arènes, recul suffisant, matériaux adaptés (à quelques exceptions près).

## 2.3 - Orientation globale

Elle s'est faite en prises de vue convergentes/parallèles, en tournant autour de l'édifice (par le rond-point des arènes). Cette étape n'a pas comporté de réelle difficulté, dans la mesure où les différents obstacles (principalement le garde-corps, les véhicules en stationnement et les panneaux de signalisation) ont pu être soit évités facilement, soit inclus dans les prises de vue sans ce que cela ne perturbe les calculs ultérieurs.

Certains éléments parasites n'ont en revanche pas pu être évités, comme la plate-forme au sud-ouest, ainsi que la construction en préfabriqué au niveau de l'entrée. La partie en chantier n'a pas été acquise.

Les clichés ont été pris de plus ou moins loin selon le recul disponible. Enfin, deux des trois tours ont nécessité des prises de vue verticales.

NB: Pour des raisons pratiques, seulement un cliché sur deux est présenté ici.

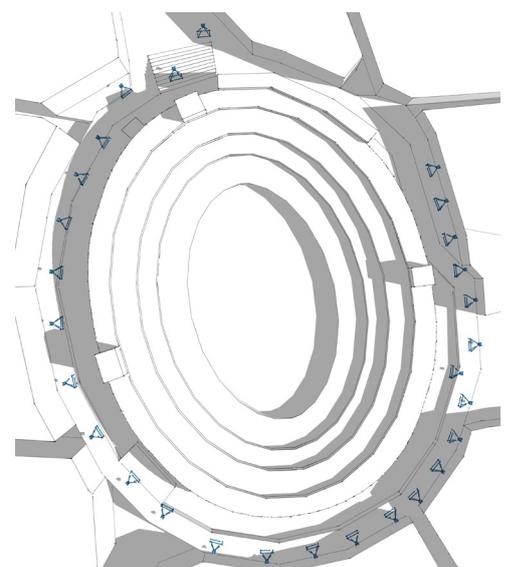
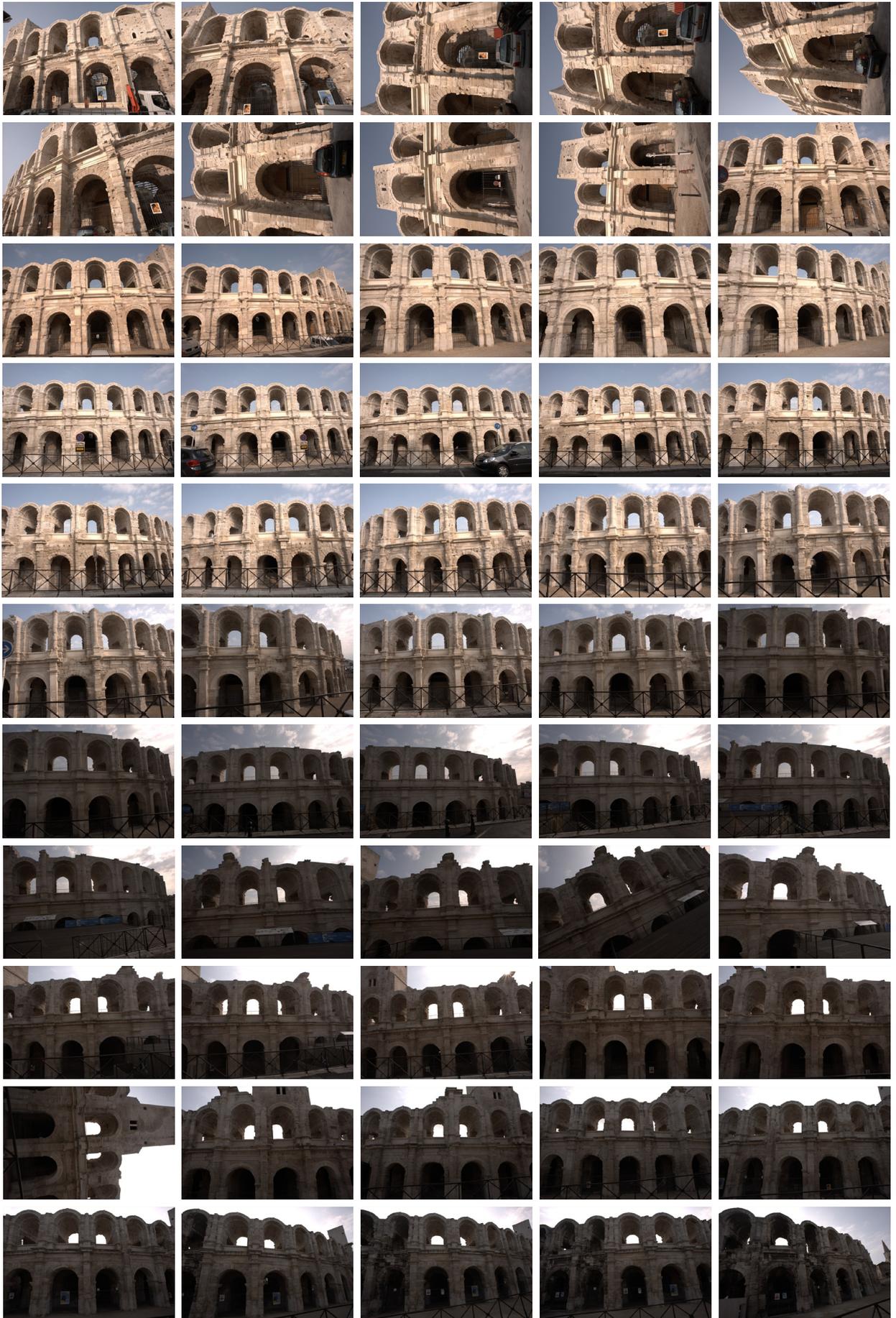


Fig.4 - Schéma d'acquisition de l'orientation globale.



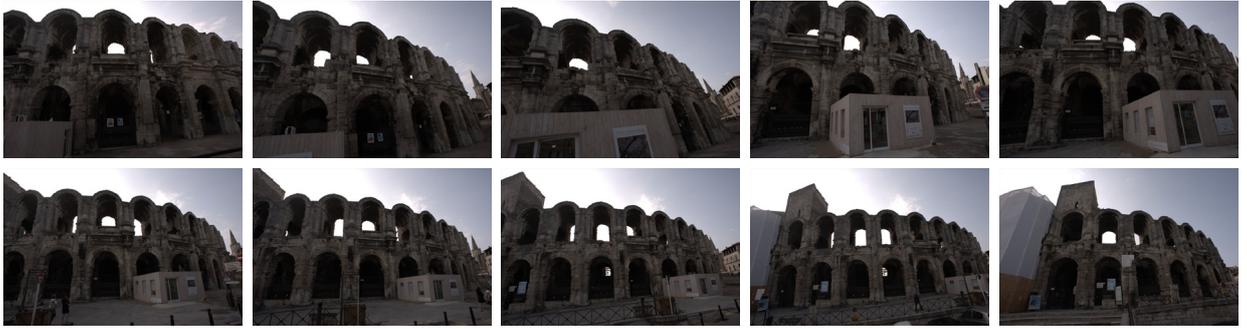


Fig.4 - Les clichés d'orientation globale.

## 2.4 - Corrélation et calibration

Une trentaine de sites de corrélation ont été pris, en tournant une nouvelle fois autour de l'édifice. Certains obstacles ont pu être totalement évités (notamment la rambarde séparant la rue de la fosse, les véhicules stationnés et les panneaux de signalisation.) Les parties masquées par la cabane et la plate-forme n'ont en revanche pas pu être acquises.

Certains sites ont été prise à la verticale, lorsque le garde-corps ne permettait pas d'avoir toute la hauteur du bâtiment avec une prise de vue horizontale, ou lorsque le recul n'était pas suffisant.

Le fait que les sites se recoupent permet de gérer les auto-occlusions générées par les colonnes engagées, les arcades, etc. Chacun comporte quatre ou cinq photos convergentes.

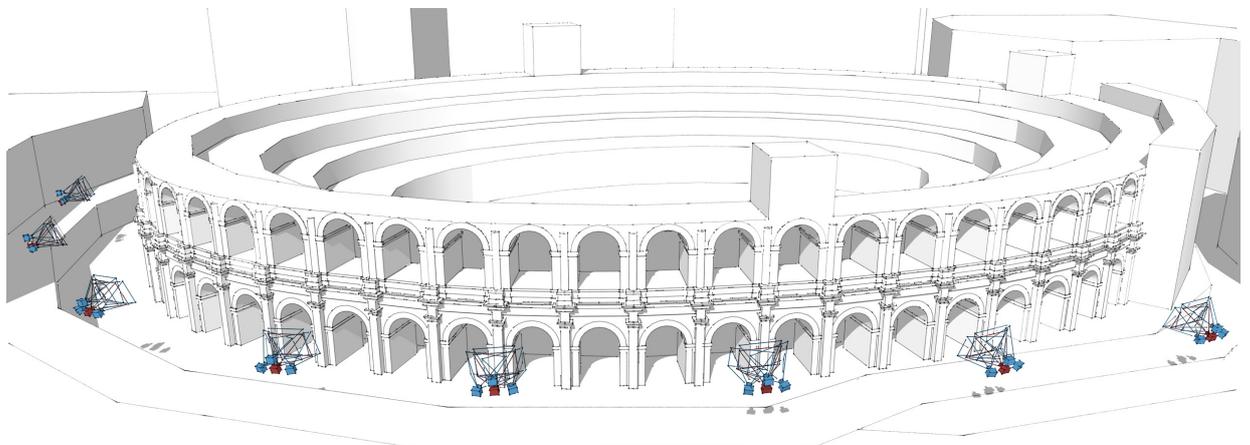
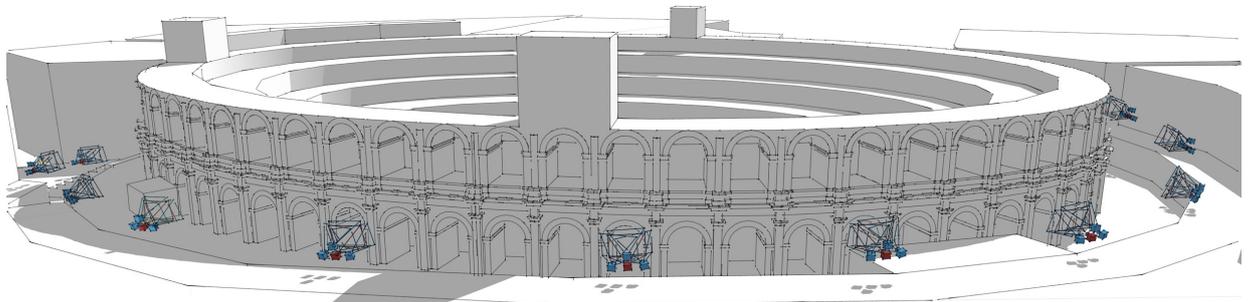
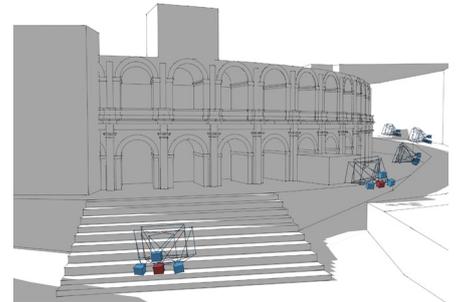


Fig.4 - Schéma d'acquisition de la corrélation; en rouge l'image maîtresse, en bleu les images filles.





Fig.4 - Les clichés de corrélation.

La calibration s'est faite au pied d'une arcade (six photos).



Fig.4 - Les clichés de calibration.

Le traitement informatique comporte deux parties: une automatique, et une manuelle. La partie automatique exécute la détection des points homologues, ainsi que tous les calculs d'orientation, de calibration des caméras et de corrélation. Cette étape n'est pas décrite ici, dans la mesure où elle ne nécessite aucune intervention. Compte tenu du nombre de photos à traiter, sa durée est d'environ deux heures et demie.

La partie manuelle consiste à définir les zones à partir desquelles générer les nuages de points, puis à traiter ces nuages (passage en 2D puis création des orthophotographies.) Cette étape est plus longue que la précédente, puisqu'il faut compter environ quatre heures pour réaliser ce type d'orthophotographie (une heure de calcul des nuages de points et trois heures de traitement des images 2D, compte tenu de la complexité de

## 4.1 - Gestion des masques

Sur ce type d'édifice, cette étape doit faire l'objet d'un soin particulier: les parties sculptées comptent de nombreuses occlusions, qui ne peuvent être évitées qu'en définissant précisément les limites des différents masques.

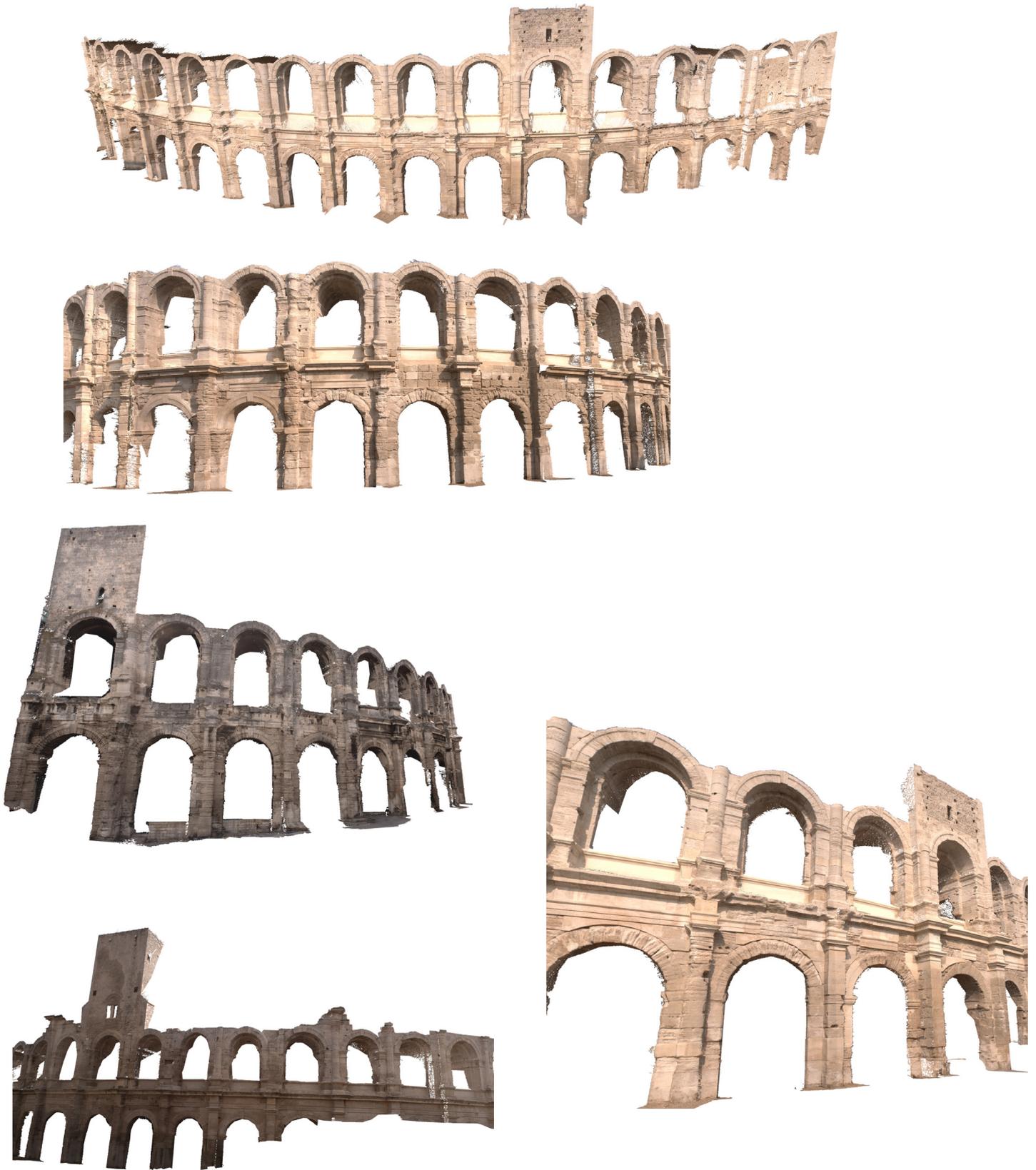
Certaines zones apparaissent sur plusieurs masques, ce qui permet de corriger certaines erreurs ou imprecisions lors de la création des orthophotos: on choisira pour une zone présente sur plusieurs nuages celui qui aura la meilleure définition. Le choix a également été fait, pour plus de clarté lors de la visualisation des nuages de points, de séparer les masques au sein d'un même site de corrélation (colonnes, sculptures, appareil).

*Fig.13 - Les masques pour les sites réalisés au 75mm.*

## 4.2 - Résultat final

Les nuages de points sont ensuite assemblés afin d'obtenir un modèle 3D complet de la façade. L'orthophotographie s'obtient en redressant le modèle (passage en vue orthographique, sans effets de perspective.)

L'ensemble est retouché de manière à disposer d'un éclairage le plus homogène possible. Les éventuelles zones bruitées sont également supprimées.



*Fig.15 - Orthophotographie complète de la façade.*