

Reconstruction 3D d'un cœur anatomique et d'un échiquier par photogrammétrie

Wassim Chikhi

Master 2 Vision et Machine Intelligente – 2025/2026

Le notebook de pré-traitement (conversion HEIC→JPG, crop) ainsi que les exports 3D utilisés pour ce TP sont disponibles sur GitHub :

<https://github.com/vvazzim/Tp-VMI-Wassim/tree/main/3d>

1. Objectifs du TP

L'objectif de ce TP est de mettre en place un **pipeline complet de photogrammétrie** pour reconstruire en 3D deux objets de table :

- un **modèle anatomique de cœur** (KIT Heart 3D) ;
- un **échiquier en bois** avec ses pièces.

Les deux scènes sont acquises uniquement avec des **smartphones**, puis reconstruites dans **Agisoft Metashape** jusqu'au *mesh* texturé. Les objectifs sont : (i) concevoir un protocole d'acquisition multi-vues robuste, (ii) analyser l'impact des paramètres (qualité des depth maps, filtrage, etc.), (iii) comparer la reconstruction de deux objets aux géométries et textures différentes.

2. Données, matériel et protocole d'acquisition

2.1. Capteurs et caractéristiques

Deux iPhones ont été utilisés, sans calibration interne explicite.

	Cœur	Chessboard
Modèle	iPhone 14	iPhone XR
Résolution	4032×3024	4032×3024
Focale réelle	4.15 mm	4.25 mm
Focale équivalente	≈ 24 mm	≈ 26 mm
Ouverture	f/1.5	f/1.8
Pixel pitch	1.9 μm	1.4 μm

TABLE 1. Caractéristiques principales des caméras utilisées.

2.2. Setup expérimental et trajectoires

La Figure 1 illustre les **setups d'acquisition** retenus (une photo par objet).

- **Cœur** : modèle posé sur un socle blanc circulaire, lui-même sur un plateau texturé. L'éclairage est diffus (lumière ambiante de salle), sans flash.
- **Chessboard** : échiquier en bois posé sur un plateau, entouré de cartes papier (texture riche) pour faciliter l'alignement.

Dans les deux cas, les photos sont prises **à main levée** à une distance d'environ 30–45 cm, avec : (1) deux à trois anneaux de prises de vues autour de l'objet, (2) un recouvrement visuel $\geq 70\%$ entre images consécutives, (3) quelques vues obliques supplémentaires afin de combler les zones d'ombre.

Au total, après tri :

- Coeur : 93 images conservées (93/93 alignées).
- Chessboard : 69 images conservées (69/69 alignées).

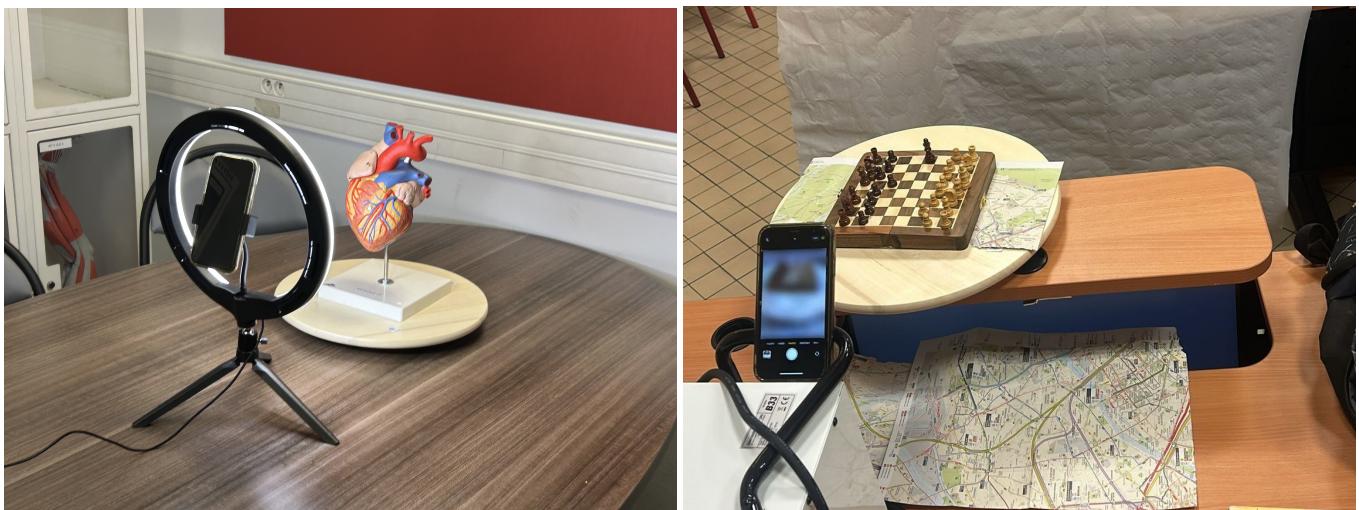


FIGURE 1. Setups d'acquisition pour le cœur (gauche) et le chessboard (droite).

2.3. Pré-traitement et environnement logiciel

Par erreur, une partie des acquisitions a été réalisée au format HEIC (format par défaut de l'iPhone) au lieu de JPG. Avant d'importer les données dans Metashape, un **pré-traitement unique** a donc été appliqué via un *seul notebook Jupyter* (disponible sur le dépôt GitHub) :

- conversion systématique de tous les fichiers .HEIC en .JPG (qualité élevée), sans modifier les originaux ;
- organisation des images converties dans des dossiers séparés par scène (coeur / chessboard) ;
- application d'un **crop automatique** identique pour toutes les images, afin de recentrer l'objet et de supprimer les bordures inutiles et une partie du fond.

Nous avons ensuite testé la génération de **masques automatiques** à partir des images coupées (détection du fond) ainsi que dans Metashape. Ces masques se sont révélés trop agressifs : certaines zones utiles de l'objet étaient supprimées et le nombre de tie points diminuait fortement.

Dans la version finale du pipeline, **seuls les JPG coupés sont utilisés, sans masque**, et le nettoyage est réalisé directement sur le nuage de tie points dans Metashape.

L'environnement logiciel comprend donc :

- un notebook Python de pré-traitement pour conversion et crop ;
- **Agisoft Metashape** pour la reconstruction SfM/MVS ;
- éventuellement Meshlab / CloudCompare pour la visualisation des exports OBJ/PLY.

3. Méthodologie de reconstruction

Le pipeline Metashape est identique pour les deux objets, hormis quelques paramètres de qualité.

3.1. Alignement des photos

L'étape **Align Photos** (Figure 2) est réalisée avec :

- Accuracy : High ;
- Generic preselection : Enabled ;
- Reference preselection : Disabled ;
- Key point limit : 40 000–80 000 ;
- Tie point limit : 0–10 000.

Après alignement, un **nettoyage manuel** du nuage de tie points est effectué : suppression des points isolés, amas incohérents et parties du décor non pertinentes. Cette décision est prise plutôt que d'utiliser des masques, qui se sont révélés *trop agressifs* lors de tests préliminaires (suppression de zones utiles et forte baisse du nombre de points).

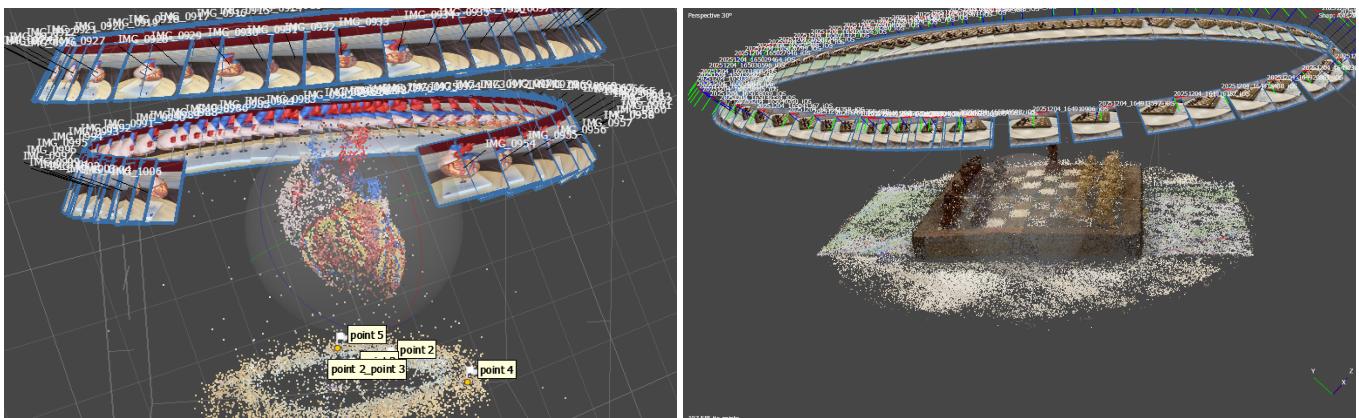


FIGURE 2. Alignement des photos et tie points pour le cœur (gauche) et le chessboard (droite).

3.2. Depth maps, dense cloud et mesh

Les **depth maps** sont générées avec :

- Quality : Medium-High;
- Depth filtering : Mild.

Ce compromis offre un bon équilibre entre temps de calcul et finesse des détails.

Le **dense cloud** (Figure 3) est ensuite construit à partir de ces depth maps. Enfin, un **mesh** triangulaire est généré avec :

- Source data : Depth maps ;
- Surface type : Arbitrary (3D) ;
- Quality / face count : Medium-High ;
- Interpolation : Enabled.

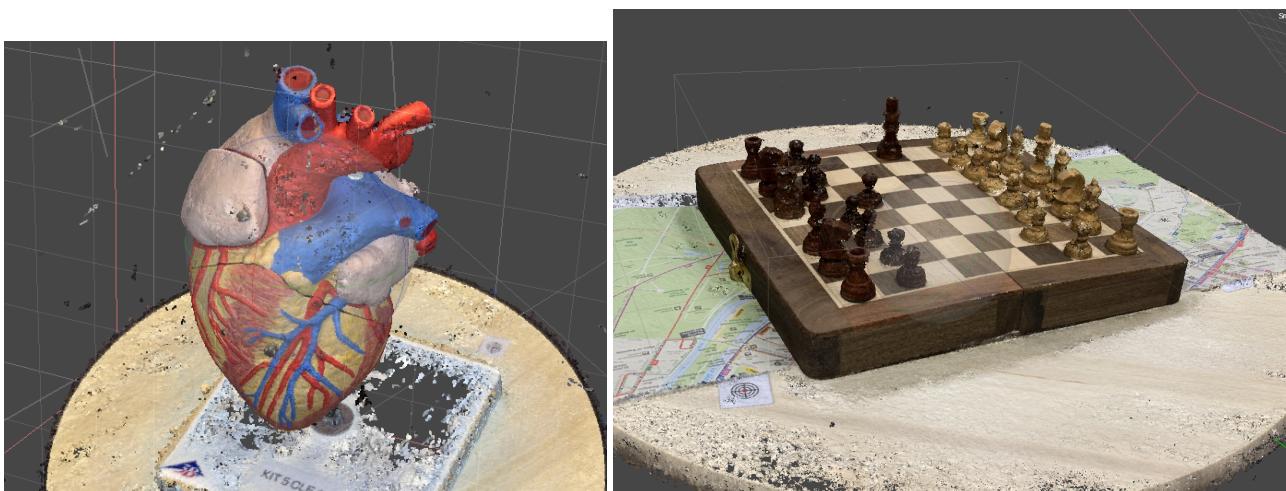


FIGURE 3. Nuages de points denses pour le cœur (gauche) et le chessboard (droite).

3.3. Texturisation et exports

La texture diffuse est calculée avec :

- Mapping mode : Generic ;
- Blending mode : Mosaic ;
- Texture size : 4096×4096 px ;
- Color correction : Enabled.

Les Figures 4 illustrent les meshes texturés finaux. Les modèles sont exportés en OBJ + MTL + JPG ainsi qu'en PLY pour les nuages denses.

Les produits typiques de cartographie (orthomosaïque, DEM/MNT) n'ont **pas** été générés ici, car ils sont peu pertinents pour des objets de petite taille acquis en intérieur, et non explicitement demandés dans le sujet.

4. Résultats et discussion

4.1. Synthèse quantitative

	Cœur	Chessboard
Images alignées	93	69
Tie points	17 134	107 555
Dense cloud (points)	≈1 060 000	≈1 822 000
Faces du mesh	53 173	29 418
Taille texture	4K	4K

TABLE 2. Résumé des résultats quantitatifs pour les deux objets.

4.2. Analyse qualitative

Pour le **coeur**, la géométrie globale (ventricules, oreillettes, grands vaisseaux) est correctement restituée. La texture reproduit bien le code couleur pédagogique (rouge/bleu/jaune) et les numéros imprimés, malgré quelques micro-flous locaux.

Pour le **chessboard**, la planéité du plateau et la forme des pièces sont bien reconstruites. Les pièces proches les unes des autres sont plus délicates : quelques fusions légères apparaissent aux zones de contact, ce qui est classique pour des géométries fines avec occultations.

Les essais de **masques automatiques** ont été abandonnés : les masques supprimaient une partie du support et même certains morceaux de l'objet, réduisant fortement la densité du nuage. Le nettoyage manuel des tie points avant reconstruction s'est révélé plus contrôlable.

Les **marqueurs de calibration** présents dans le projet Metashape n'ont pas été exploités pour une géoréférence stricte. La scène reste donc dans un repère arbitraire ; une mesure manuelle (scale bar) permet néanmoins d'obtenir une échelle approximative pour interpréter les dimensions.

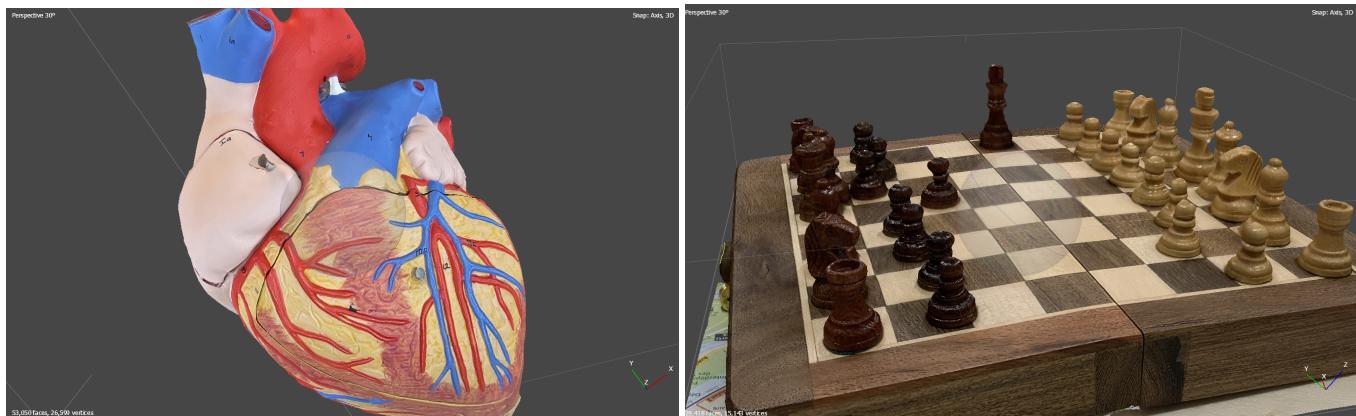


FIGURE 4. Meshes texturés finaux pour le cœur (gauche) et le chessboard (droite).

5. Conclusion

Ce TP a permis de mettre en oeuvre un **pipeline complet de photogrammétrie** sur deux objets de nature différente en utilisant uniquement des smartphones et Metashape.

Les résultats montrent qu'avec un protocole d'acquisition structuré (recouvrement suffisant, trajectoires circulaires, éclairage maîtrisé), un pré-traitement léger (conversion HEIC→JPG + crop), un nettoyage raisonné des points et des paramètres de qualité adaptés (Medium + filtrage Mild), il est possible d'obtenir des **modèles 3D denses et visuellement réalistes**.

Les principales limites identifiées concernent les zones très occluses (entre les pièces de l'échiquier), la sensibilité aux reflets et l'absence de géoréférence absolue. Des pistes d'amélioration seraient l'utilisation de plus de vues très basses, d'un éclairage encore plus diffus, et l'exploitation de marqueurs calibrés pour une mise à l'échelle métrique rigoureuse.

Auteur : Wassim Chikhi

Année : 2025/2026