Photogrammétrie et médiations 3D culturelles multiplateformes

Exemple du travail sur le Tombeau de Jovin

Eric Desjardin
Stéphanie Prévost
Hervé Deleau

CReSTIC / RVM
Université de Reims Champagne-Ardenne

Le 20 novembre 2019

Environnement du « projet Jovin »

- Groupe de recherche autour du Tombeau de Jovin
  - « Les musées de Reims » (Reims Métropole)
  - Laboratoires de recherche universitaires de Reims Champagne-Ardenne :
    - GEGENAA (Géomatériaux, histoire, archéologie)
    - CReSTIC (Informatique 3D, gestion des connaissances, SIG)
  - Sociétés savantes : RHA, GEACA
  - Bibliothèques et services Archives

Environnement du « projet Jovin »

- Positionnement de la 3D en muséographie/archéologie/histoire

- Virtualisation du modèle
- Acquisition simple
- Solution logicielle et matérielle peu coûteuse
- Support d'échange entre chercheurs (maquette virtuelle)
- Accès aux fonds inaccessibles
- Sauvegarde du patrimoine
- Nouveaux supports d'échange vers tout type de public
- Nécessite une analyse critique des supports de visualisation

Environnement du « projet Jovin »

- Les sources :

TOMBEAU DE JOVIN

1er siècle (entre 260 et 380)

Sculpture - Marbre

H. : 148 cm ; l. : 285 cm ; P. : 133 cm

Provenance : Reims

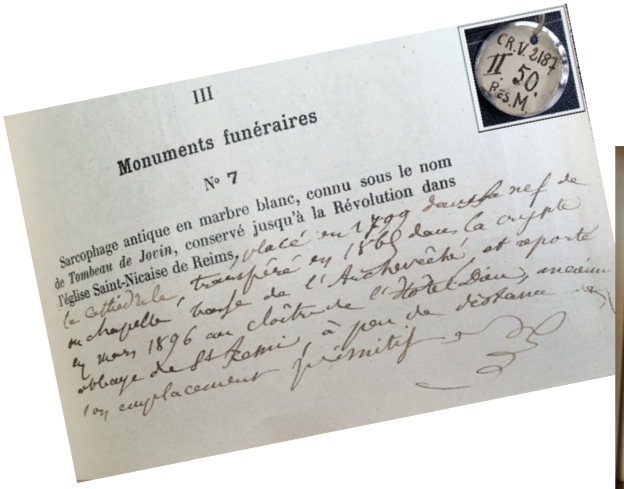
Musée **Saint-Remi** (inv. 978.20171)

Ce tombeau aurait été édifié pour le général romain d'origine gauloise, Flavius Valerius Jovinus, né à Durocortorum au début du IVe siècle. Il présente une scène de chasse au lion, divisée en deux registres : à gauche, le défunt se prépare pour le départ, tandis qu'à droite, on l'aperçoit à cheval, s'apprêtant à transpercer un lion d'une lance. Ce type de figuration, que l'on retrouve fréquemment sur les sarcophages romains du IIIe siècle, renvoie à l'iconographie de la chasse mythique.

Fiche de présentation – Site Web Musée Saint-Rémi - Reims

Environnement du « projet Jovin »

- Les sources historiques : textuelles, iconographiques, géomatériaux…



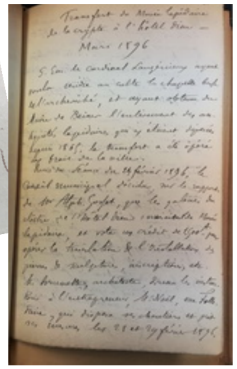
III

Monuments funéraires

N° 7

Sarcophage antique en marbre blanc, connu sous le nom de Tombeau de Jovin, conservé jusqu'à la Révolution dans l'église Saint-Nicaise de Reims, [illegible] nef de la cathédrale, transféré en 1860 dans la crypte de la chapelle [illegible] de l'Archevêché, et reporté en mars 1896 au cloître de l'Hôtel-Dieu, ancienne abbaye de St Remi à pour de destination son emplacement définitif.

CR.V.2181 II 50 Rés M.



Transport du Sarcophage de la crypte à l'Hôtel Dieu — Mars 1896

Sources : RHA

Abb. 1. Jagdsarkophag in Reims. Kopf des Feldherrn

man die linke Szene als Aufbruch zur Jagd deuten. Sicherlich anders ist die Bedeutung auf den Sarkophagen Mattei II und Reims. Hier bilden die steil und ruhig in feierlicher Repräsentation in Vorderansicht stehenden Gestal-ten des Feldherrn und der Virtus einen Gegensatz zu der lebhaften Aktion der Jagdszene. Der Gepanzerte ist ein Gegenstück zu dem mit Tunica und Mantel bekleideten Jäger. Er greift a Sarkophag reicht ihm ein Er bringt der Diener auf der lin

JAGDSARKOPHAG IN REIMS
Von GERHART RODENWALDT
(Tafel 31—38)

Pr Vincent Barbin
(GEGENAA)
marbre identifié comme
venant de Marmara (Turquie)

Environnement du « projet Jovin »

- De nombreuses hypothèses : par exemple

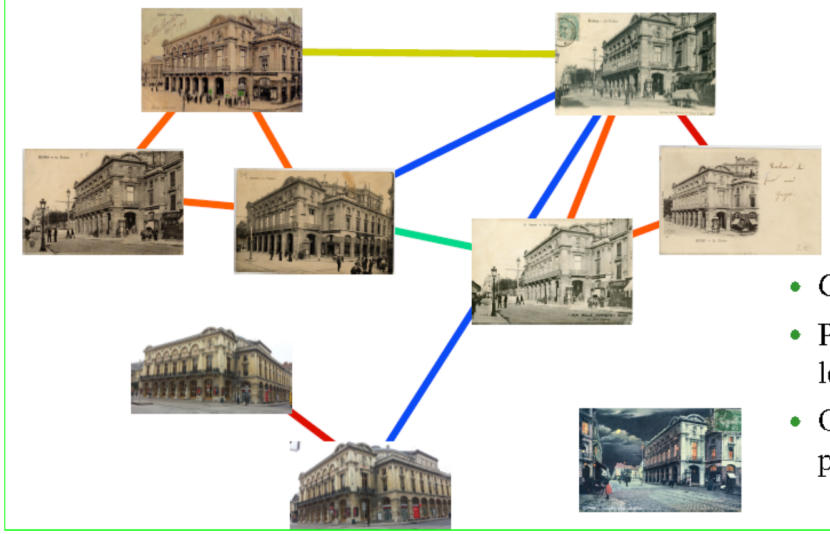
Retaillage ?
Prétaillage ?

Pièces manquantes ?

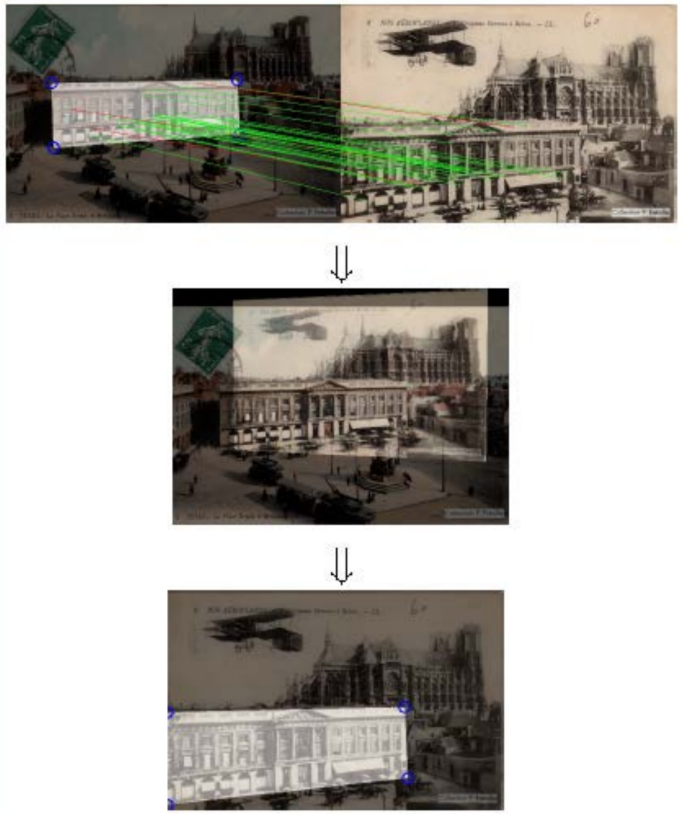
Mises en couleur ?

Autres cas d'utilisation

Appariement d'images



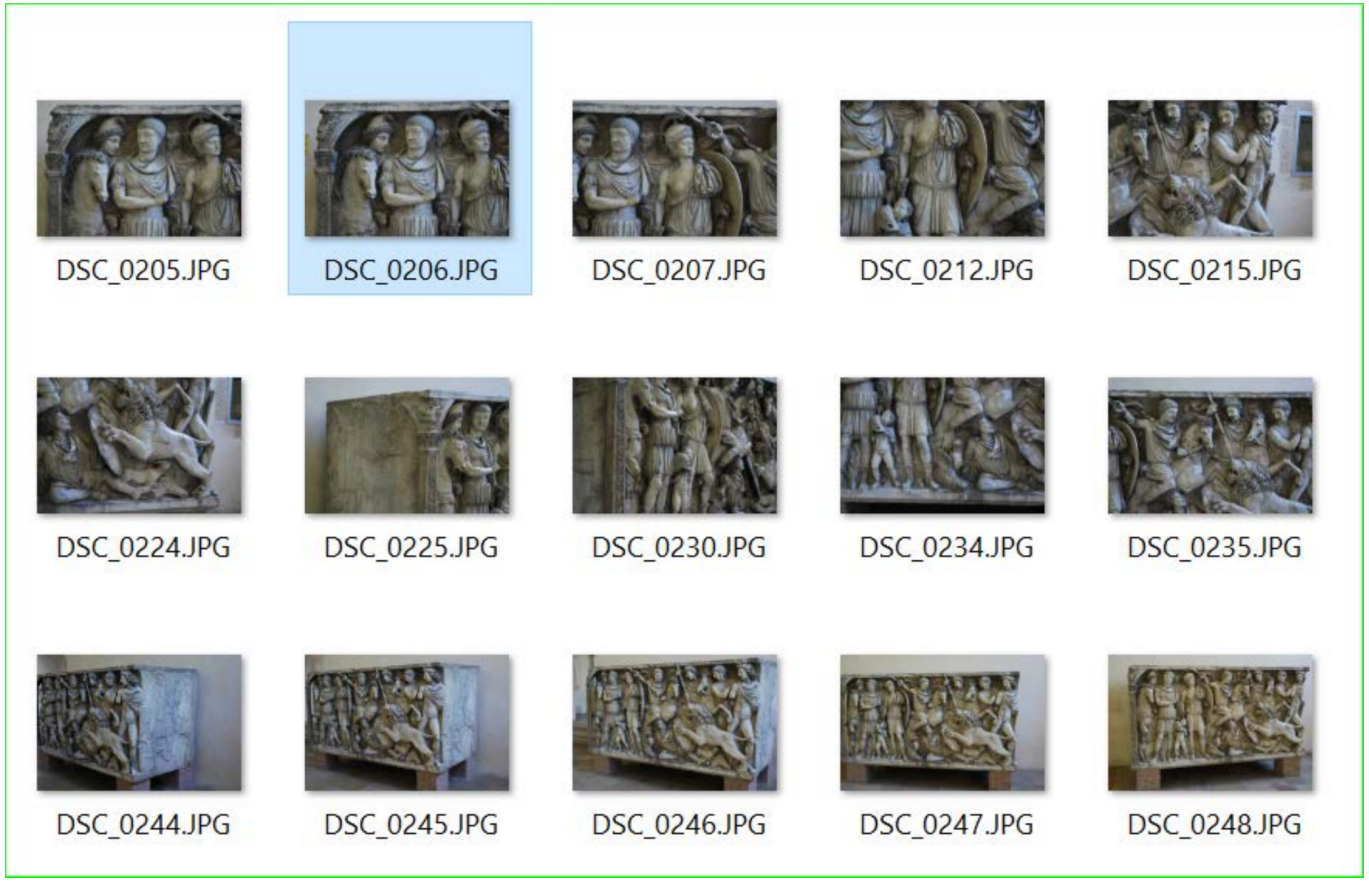
- Groupes d'images appareillées
- Peu de correspondances entre les divers groupes
- Certaines images n'appartiennent potentiellement à aucun groupe



Reconstruction à partir de plusieurs cartes postales anciennes – Thèse Lara Younes

La 3D : Acquisition / Numérisation ?

- Photogrammétrie
  - Utilisation d'un grand nombre d'images
  - Prises de vue, échelles, voire APN, différents
  - Avantages
    - Accessible à tous
    - Simple
    - Logiciels libres
  - Inconvénients
    - Temps de calcul
  - Tombeau de Jovin *Tête de Lothaire*

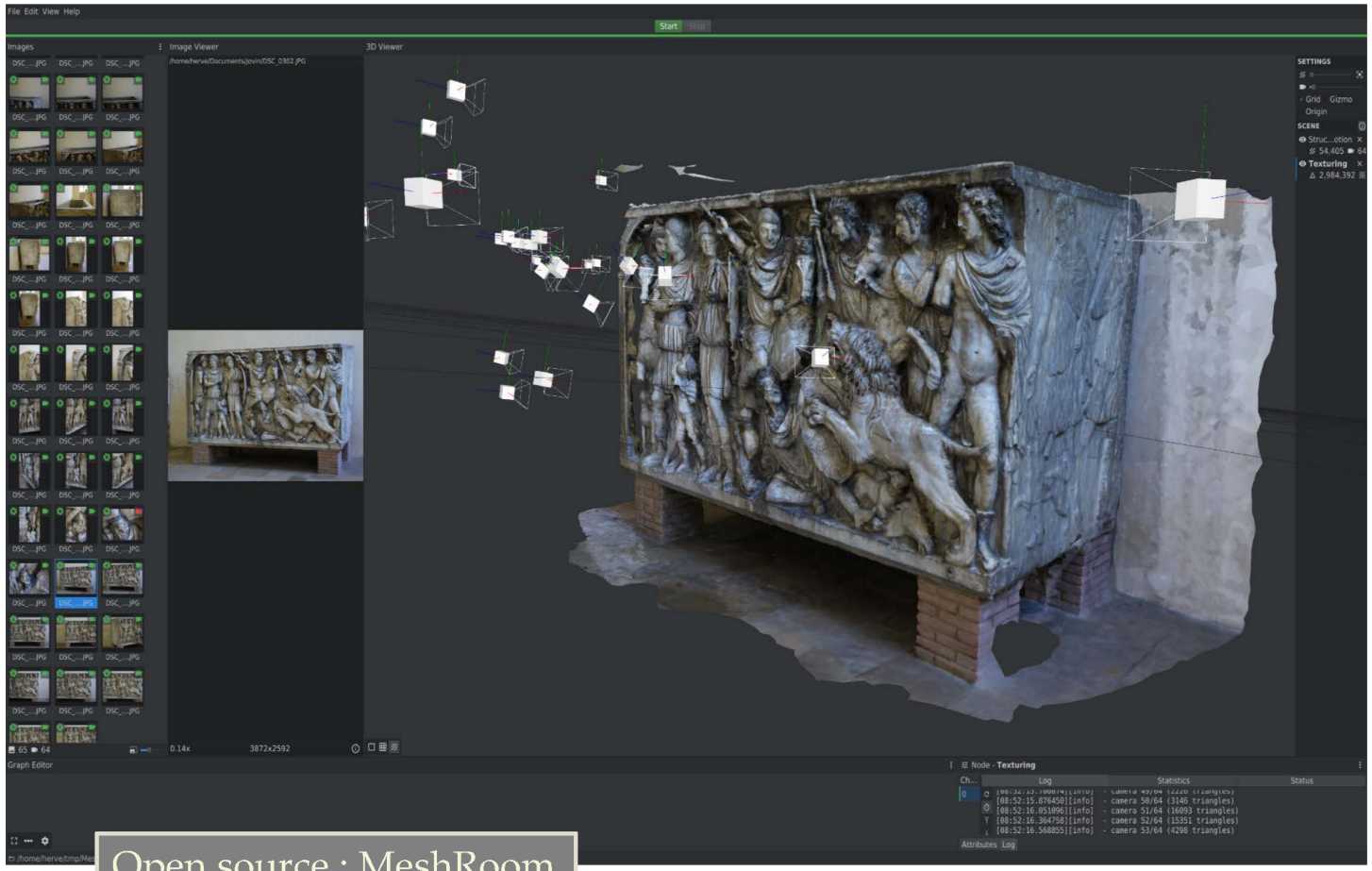


90 photos à différents niveaux, orientations, zoom

Passage des photos au modèle

1. Extraction des caractéristiques
2. Correspondance d'images
3. Mise en correspondance des caractéristiques
4. Construction du modèle rigide de la scène
5. Estimation des cartes de profondeur
6. Maillage
7. Texturage

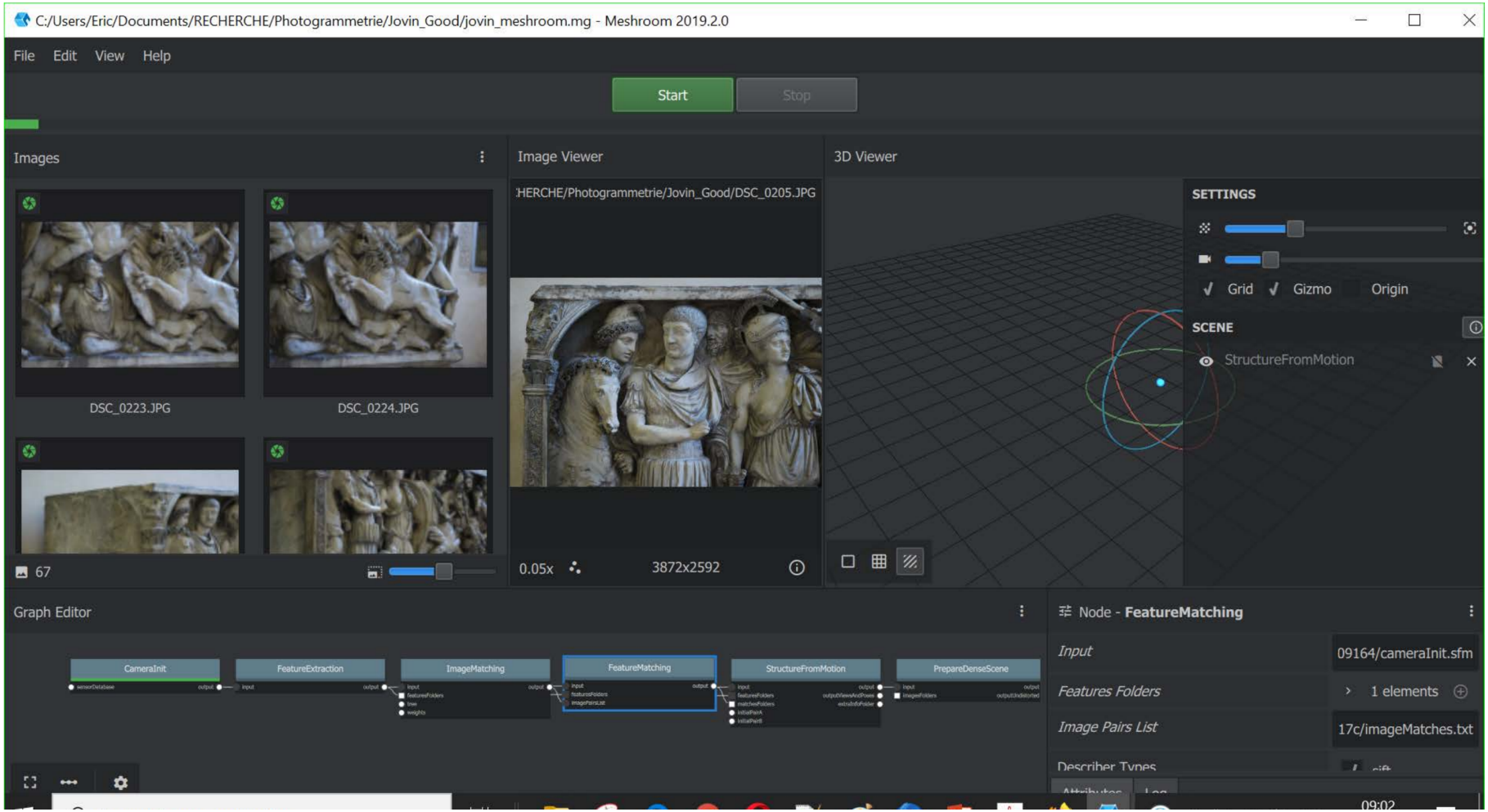
- *Calibration, déplacement de la caméra…*



Open source : MeshRoom

Passage des photos au modèle

Open source : MeshRoom



Passage des photos au modèle

1. **Extraction des caractéristiques**
2. Correspondance d'images
3. Mise en correspondance des caractéristiques
4. Construction du modèle rigide de la scène
5. Estimation des cartes de profondeur
6. Maillage
7. Texturage

- *Calibration, déplacement de la caméra…*

Objectifs :

- Identifier des éléments dans les images le plus possible invariants/représentation stable par rapport aux différentes variations des prises de vue.

Méthodologie :

- SIFT : Scale Invariant Feature Transform – Transformateur de caractéristiques invariant à l'échelle
  Proposé par Lowe
  Représentation sous la forme d'un vecteur
  Par défaut 1000 points répartis dans l'image

Détecteurs		Invariances		
		Rotation	Échelle	Bruit
Coins	Moravec			
	CenSurE		✓	
	FAST			
	BRISK		✓	✓
	ORB	✓	✓	✓
	Hessien			
	Harris			✓
	Hessien laplacien		✓	✓
	Harris laplacien		✓	✓
Blob like	SIFT	✓	✓	✓
	SURF	✓	✓	✓
	MSER		✓	

TABLE I.1.1 – Tableau comparatif des détecteurs .

Open source : MeshRoom

Thèse Lara Younes

Passage des photos au modèle

1. Extraction des caractéristiques
2. **Correspondance d'images**
3. Mise en correspondance des caractéristiques
4. Construction du modèle rigide de la scène
5. Estimation des cartes de profondeur
6. Maillage
7. Texturage

- *Calibration, déplacement de la caméra…*

Objectifs :

- Trouver des images qui regardent à peu près les mêmes zones de la scène

Méthodologie :

- Pré-traitement par arbre de descripteurs

Passage des photos au modèle

1. Extraction des caractéristiques
2. Correspondance d'images
3. **Mise en correspondance des caractéristiques**
4. Construction du modèle rigide de la scène
5. Estimation des cartes de profondeur
6. Maillage
7. Texturage

- *Calibration, déplacement de la caméra…*

Objectifs :

- Faire correspondre toutes les caractéristiques entre les paires d'images candidates.

Méthodologie :

- Comparaison des 2 caractéristiques les plus proches
  => Liste de candidats d'appariement de caractéristiques basée uniquement sur un critère photométrique

- Filtrage géométrique en utilisant la géométrie épipolaire par RANSAC (RANdom SAmple Consensus).

Passage des photos au modèle

1. Extraction des caractéristiques
2. Correspondance d'images
3. Mise en correspondance des caractéristiques
4. **Construction du modèle de la scène**
5. Estimation des cartes de profondeur
6. Maillage
7. Texturage

- *Calibration, déplacement de la caméra…*

Objectifs :

- Comprendre la relation géométrique entre toutes les images
- Poser un repère commun

Méthodologie :

- Structure from Motion (SfM)

- Estimation de la position et de l'orientation de chacune des caméras (AP)
- Estimation des paramètres intrinsèques (étalonnage) des caméras

- Processus itératif à partir de 2 images initiales (=> repère 3D)
- Fabrication d'un nuage de points support (3D)
- Ajouts successifs d'images comme source d'informations
  => ajouts et suppressions de points crédibles

Passage des photos au modèle

1. Extraction des caractéristiques
2. Correspondance d'images
3. Mise en correspondance des caractéristiques
4. Construction du modèle rigide de la scène
5. **Estimation des cartes de profondeur**
6. Maillage
7. Texturage

- *Calibration, déplacement de la caméra…*

Objectifs :

- Positionner précisément les points dans le repère de la scène à partir des informations caméra

Méthodologie :

- Mise en correspondance stéréo
- Réalisable en //

- De nombreuses approches existent :
  - mise en correspondance de blocs,
  - mise en correspondance semi-globale (SGM),
  - ADCensus
  …

Passage des photos au modèle

1. Extraction des caractéristiques
2. Correspondance d'images
3. Mise en correspondance des caractéristiques
4. Construction du modèle rigide de la scène
5. Estimation des cartes de profondeur
6. **Maillage**
7. Texturage

- *Calibration, déplacement de la caméra…*

Objectifs :

- Fabriquer un maillage à partir des nuages de points

Méthodologie :

- Fusion de toutes les cartes de profondeur dans un octree global
- Tétraédricisation 3D de Delaunay.
- Réduction

Passage des photos au modèle

1. Extraction des caractéristiques
2. Correspondance d'images
3. Mise en correspondance des caractéristiques
4. Construction du modèle rigide de la scène
5. Estimation des cartes de profondeur
6. Maillage
7. **Texturage**

- *Calibration, déplacement de la caméra…*

Objectifs :

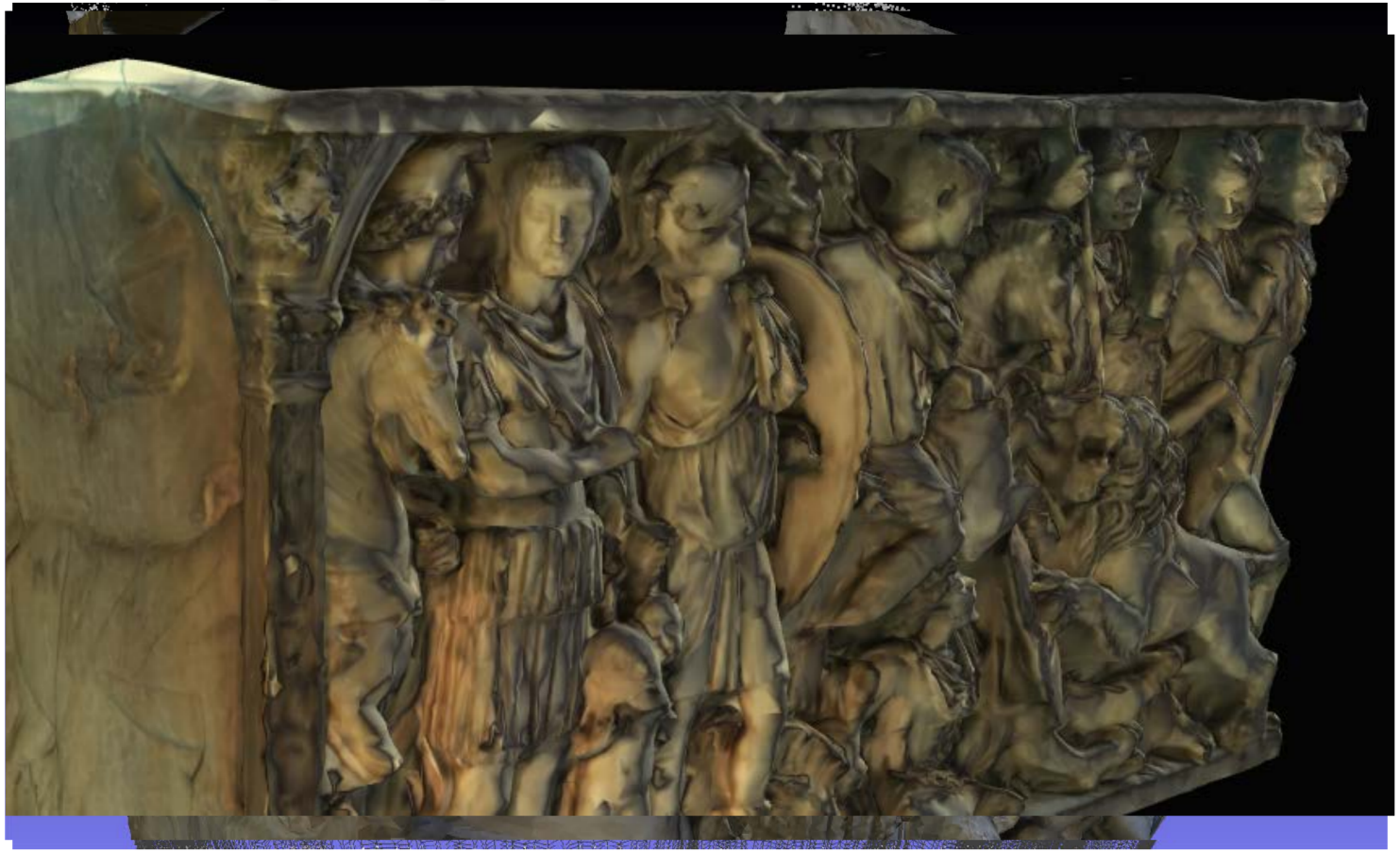
- Coloriser les points du maillage obtenu

Méthodologie :

- Pour chaque sommet,
  recherche des caméras les mieux orientées
- Moyennage
- Filtrage

La 3D : Modélisation 3D

- Passage du nuage de points au modèle 3D



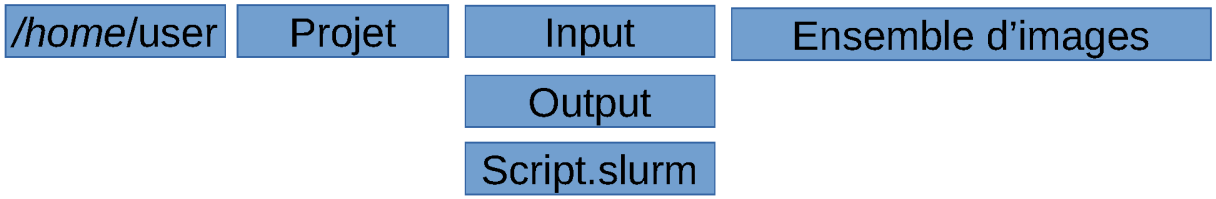
La 3D : Modélisation 3D

- Bilan

- Les photos doivent être de bonne qualité (résolution, sans flou…)
- Lien Résolution photo <-> Précision du nuage de points et maillage
- Expérimentation avec :
  - Recap™ d'Autodesk,
  - OpenMVG,
  - Meshroom (en cours d'évaluation)
- Demande des ressources matérielles pour de gros éléments
- Nécessite nettoyage des modèles + adaptation au besoin

Meshroom sur ROMEO

- Meshroom est proposé avec l'application meshroom_photogrammetry qui permet de lancer une reconstruction sans interface graphique
  => utilisation en batch sur ROMEO

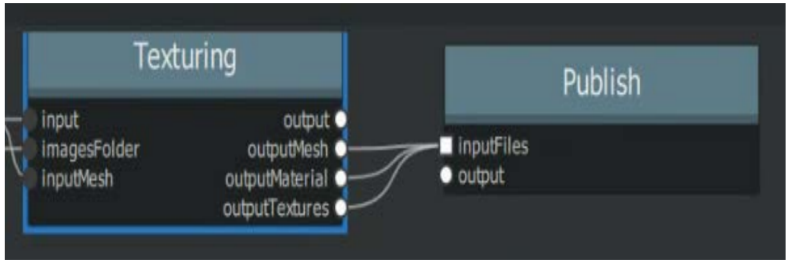


Si la reconstruction ne nécessite pas de la Pipeline spécifique, alors il suffit dans un script SLURM d'ajouter les commandes :

```
> module load meshroom/2019.1.0
> meshroom_photogrammetry --input Input --output Output --forceStatus \
                                --forceCompute --cache ./
```

Meshroom sur ROMEO

Il est possible de proposer un pipeline personnalisé. Pour cela, éditez-le depuis l'interface de Meshroom et ajoutez l'action Publish en fin du pipeline. Placez votre fichier dans votre répertoire Projet.



- */home/*user
  - Projet
    - Input
      - Ensemble d'images
    - Output
    - Projet.mg
    - Script.slurm

```
> module load Meshroom/2019.1.0
> meshroom_photogrammetry --input Input --output Output \
                          --pipeline Projet.mg --forceStatus --forceCompute --cache ./
```

Attention : dans notre cas, le fichier Projet.mg ne fait référence à aucune image. Dans le cas contraire, il faudra éditer le fichier en mode texte et remplacer le chemin absolu de chaque image par le chemin correspondant sur le calculateur.

Meshroom sur ROMEO

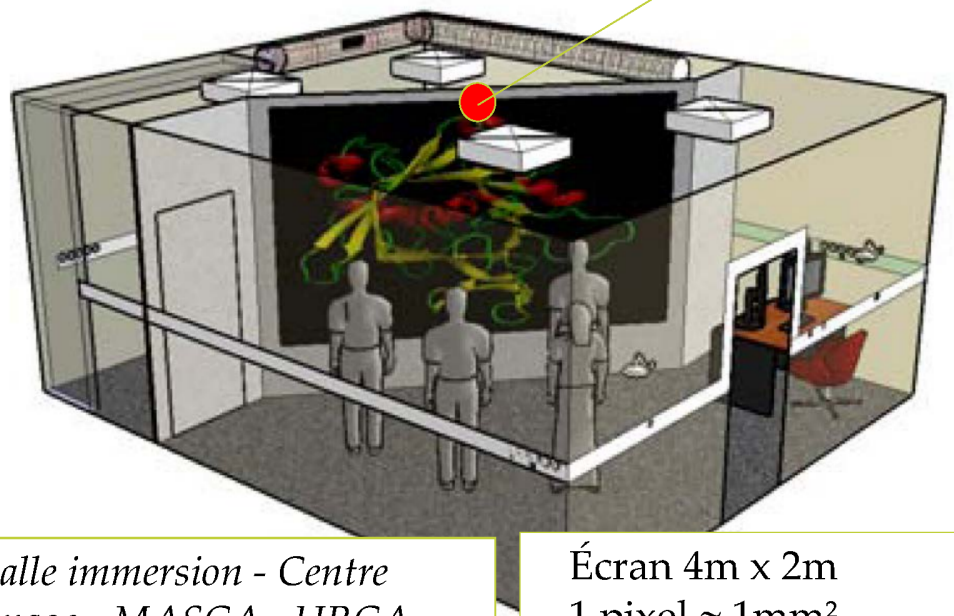
```
#!/bin/bash
#SBATCH --time=01:00:00
#SBATCH -p short
#SBATCH -N 1
#SBATCH -c 28
#SBATCH --gres=gpu:4
#SBACTH --mem 96000

module load Meshroom/2019.1.0
meshroom_photogrammetry --input Input --output Output \
                        --pipeline Projet.mg \
                        --forceStatus --forceComputeCache ./
```

Le saviez-vous ? Meshroom propose une Live Reconstruction.
Pour plus d'informations, faites comme nous, lisez la documentation (ou pour les plus vieux d'entre nous, RTFM ;-)).

La 3D : Visualisation 3D

- Salle d'immersion 4K en relief avec interactivité

Émetteur de synchronisation



Salle immersion - Centre Image - MASCA - URCA

Écran 4m x 2m
1 pixel ≈ 1mm²
Capacité accueil max : 10 pers

Récepteur de synchronisation

Tracking

Interface haptique / sans contact

La 3D : Visualisation 3D

- Bilan

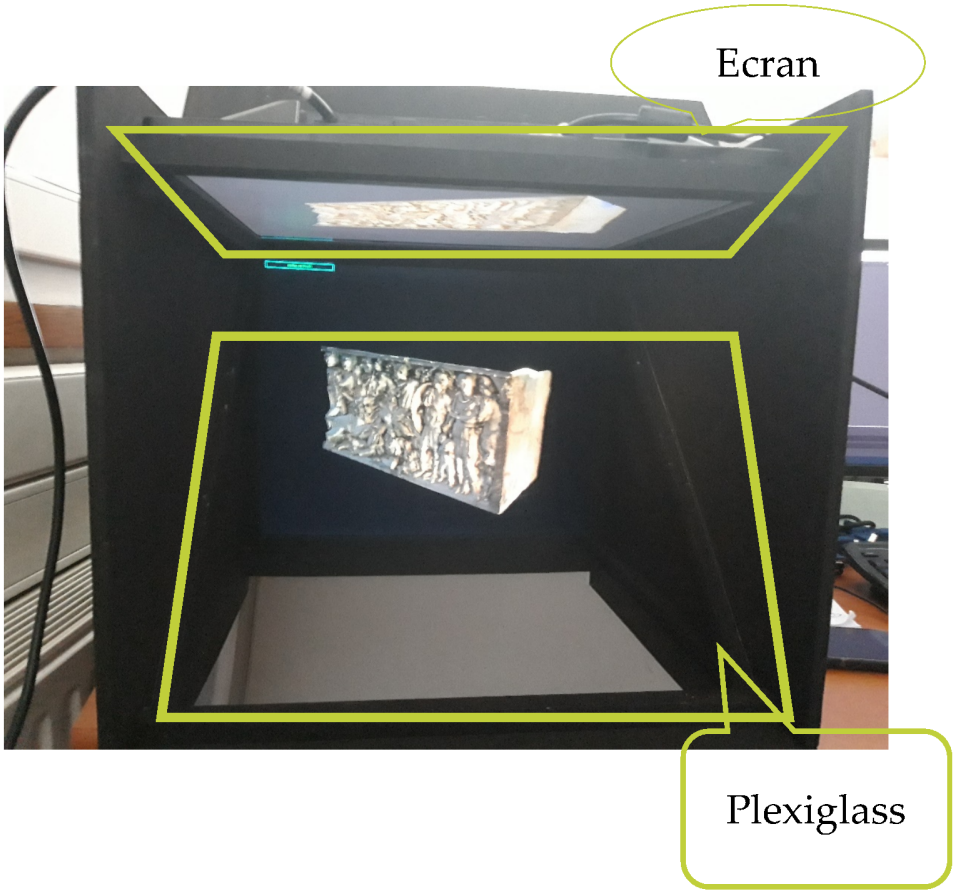
Lunette active sur poste de travail
- Très percutant
- Difficulté à trouver des équipements car arrêt de production par les constructeurs

Lunettes actives en salle collaborative
- Bonne qualité
- Limitation par le coût de l'équipement

Salle d'immersion
- Sensation perceptuelle différente
- Tracking utilisateur principal
- Très sensible à la qualité
- Calcul déportable sur SuperCalculateur ROMEO
- Visualisation déportable (USE™)
- Coût élevé

La 3D : Visualisation 3D

- Les « hologrammes » & Illusion 3D
  - *Fantôme de Pepper*
  - Projection sur une surface réfléchissante
  - Règles de crédibilité mentale



La 3D : Visualisation 3D

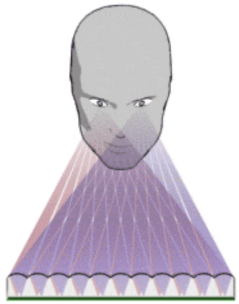
- Bilan

  - Peu couteux à l'utilisation
  - A priori peu coûteux à générer
  - Transportable aisément
  - Activité en classe
  - Environnement à faible lumière préféré
  - Application dédiée en cours de portage sur informatique embarquée

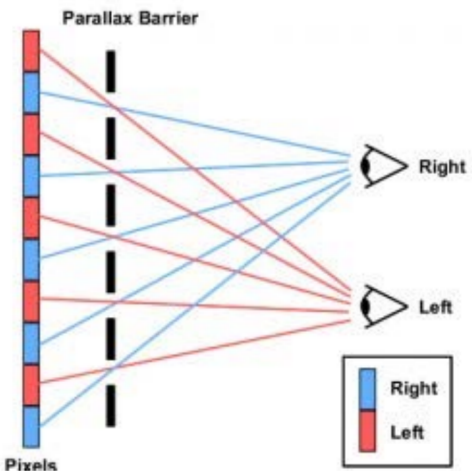
La 3D : Visualisation 3D

- Ecrans autostéréoscopiques multi-vues

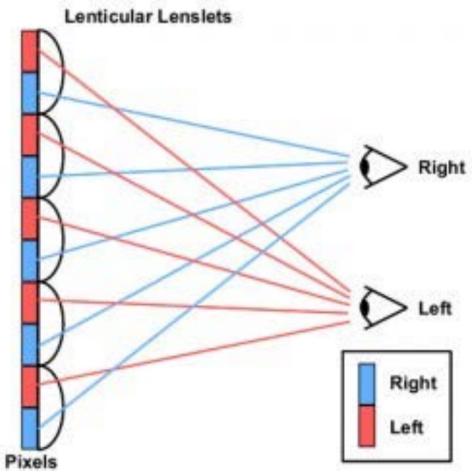
Sans lunette

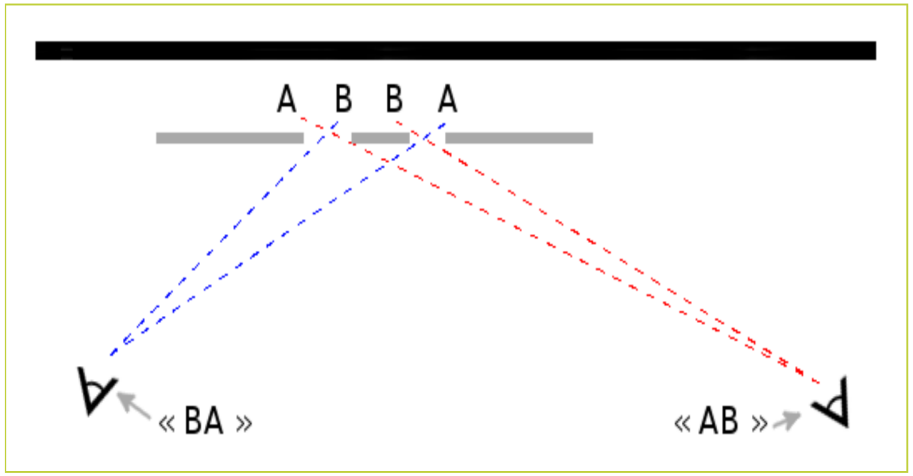


Parallaxe



Lenticulaire





La 3D : Réalité augmentée

- Casque de Réalité mixte

Avantages

- Dématérialisation
- Réalité virtuelle – Équipement actuel
- Superposition des hypothèses

Interface sans contact

- Commande basique
- Interface enrichie en étude
- Recalage in situ
- Equipement manifestation grand public

Limitations

- Développement Unity
- Limitation en mémoire
- Zone de vision limitée

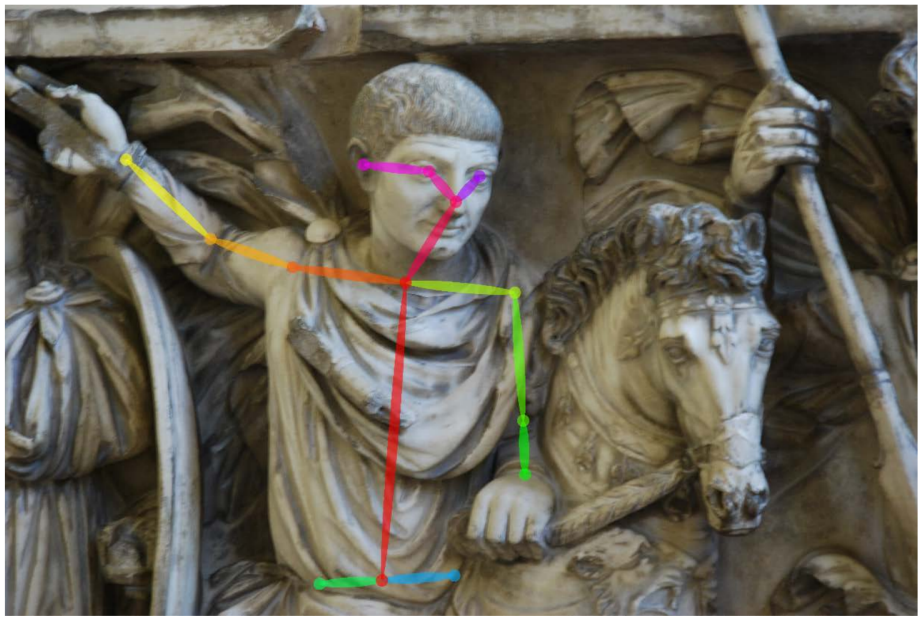
Hololens

Exemple : insertion du modèle et interaction avec un casque Hlolens et application Unity 3D

Exemples d'Enrichissement

Estimation des poses des personnages

- Test réalisé sur image 4K avec la version 1.4.0 d'OpenPose

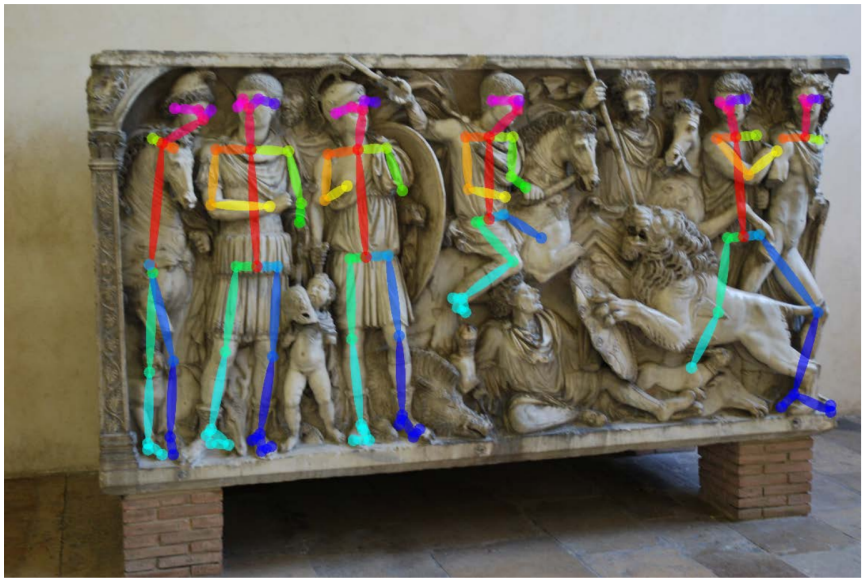


- Résultat de l'estimation OpenPose
- Tps calcul : env. 0,9 s

Enrichissement

Estimation des poses des personnages

- Image originale : 3872 x 2592



- Image estimée par OpenPose
- Tps estimation : env. 0,9 s

Photogrammétrie et médiations 3D culturelles multiplateformes

Exemple du travail sur le Tombeau de Jovin

Merci

CReSTIC / RVM
Université de Reims Champagne-Ardenne

Le 20 novembre 2019