



Travaux Pratiques - Reconstruction 3D

Auteur :

LATIFI ASMAE
BOURASS YOUSRA

Enseignant Encadrant :

CHATOUX HERMINE

Introduction

Ce TP vise à mettre en œuvre la bibliothèque OpenCV pour la reconstruction en 3D d'images capturées à l'aide de deux caméras disponibles en salle de TP. L'objectif principal de ce TP est de comprendre et de maîtriser le processus de calibrage des caméras, d'analyser la distance entre les deux caméras stéréo, et d'utiliser des techniques de vision stéréo pour calculer la profondeur des objets dans les images.

Table des matières

1	Calibrage de la caméra	1
1.1	Acquisition	1
1.2	Estimation de la matrice de la camera	1
1.2.1	2
1.2.2	2
1.2.3	Analyse et comparaison entre les deux caméras	3
2	Calibrage de la stéréovision	5
2.1	Notre scène	5
2.2	Estimation de la matrice fondamentale	5
2.2.1	5
2.2.2	6
2.2.3	6
2.3	Analyse des résultats	6
2.3.1	6
2.3.2	Comparaison	7
3	Géométrie épipolaire	8
3.1	Analyse des résultats	8
3.1.1	8
3.1.2	8
3.1.3	8
3.1.4	8
4	Reconstitution 3D	10
4.1	Conclusion	12

Chapitre 1

Calibrage de la caméra

Pour cette partie, l'objectif est de prendre les images acquises et de tenter de les calibrer afin d'étudier les résultats obtenus. Voici les images que nous avons capturées.

1.1 Acquisition

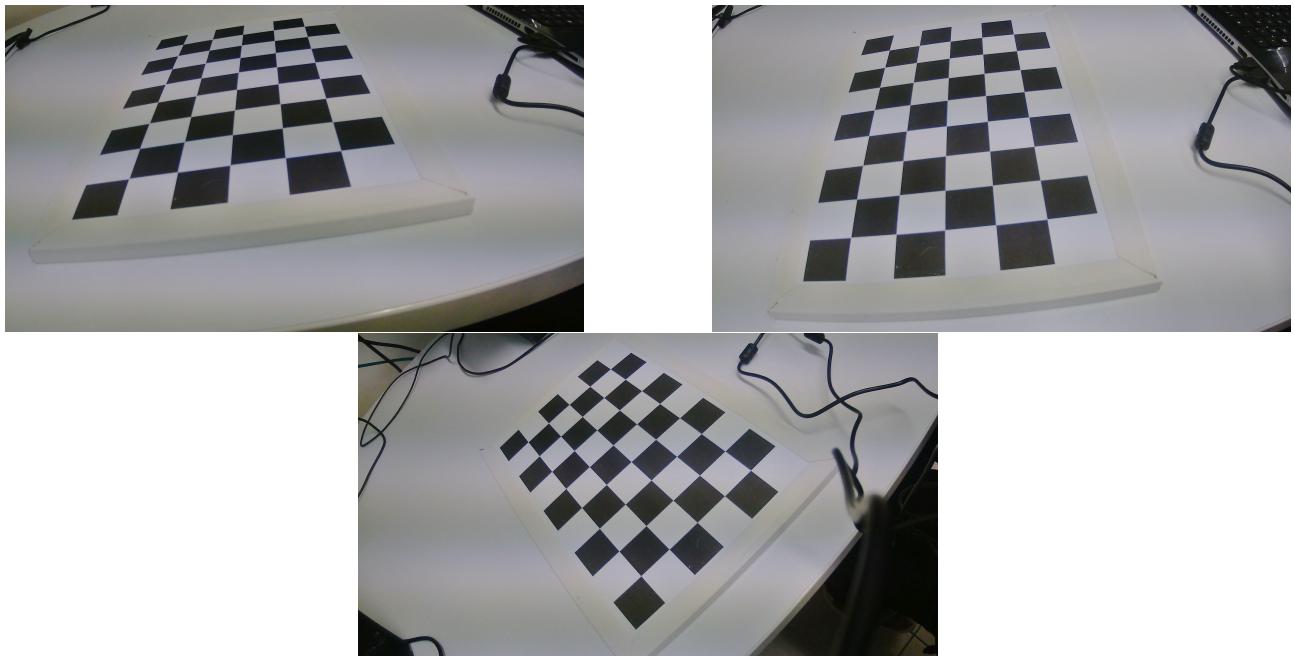


FIGURE 1.1 – Les images acquises

1.2 Estimation de la matrice de la camera

Nous essayons d'adapter la fonction `CameraCalibration()`. Dans cette optique, nous avons apporté des modifications spécifiques aux lignes suivantes :

```
1 # Original:  
2 objp = np.zeros((4*6, 3), np.float32)  
3  
4 # Modifie :  
5 objp = np.zeros((5*8, 3), np.float32)  
6  
7 # Original:  
8 images = glob.glob('Images/chess/P30/*.jpg')  
9 # Modifie:  
10 images = glob.glob('Images/cameraBleu/*.jpg')
```

```

11
12 # Original:
13 ret, corners = cv.findChessboardCorners(gray, (4, 6), None)
14
15 # Modifie:
16 ret, corners = cv.findChessboardCorners(gray, (5, 8), None)

```

1.2.1

La déformation de la figure 2d est résultée de divers phénomènes. La distorsion optique introduit des distorsions radiales et tangentielle altérant la forme réelle des objets. La perspective, induisant des variations selon les angles et distances, peut conduire à des déformations telles que l'agrandissement apparent des objets plus proches et la convergence des lignes parallèles vers un point de fuite. L'utilisation de caméras mobiles, surtout en cas d'inclinaison ou de changements rapides d'angle, peut également générer des déformations. De plus, lors de la correction de la perspective dans le processus de rectification, des déformations peuvent apparaître, notamment si la correction n'est pas parfaitement réalisée. Enfin même une calibration incorrecte de la caméra peut introduire des erreurs dans la représentation géométrique des objets.

1.2.2

Ainsi, en appelant cette fonction pour l'appliquer aux photos prises par chaque caméra, nous obtenons :

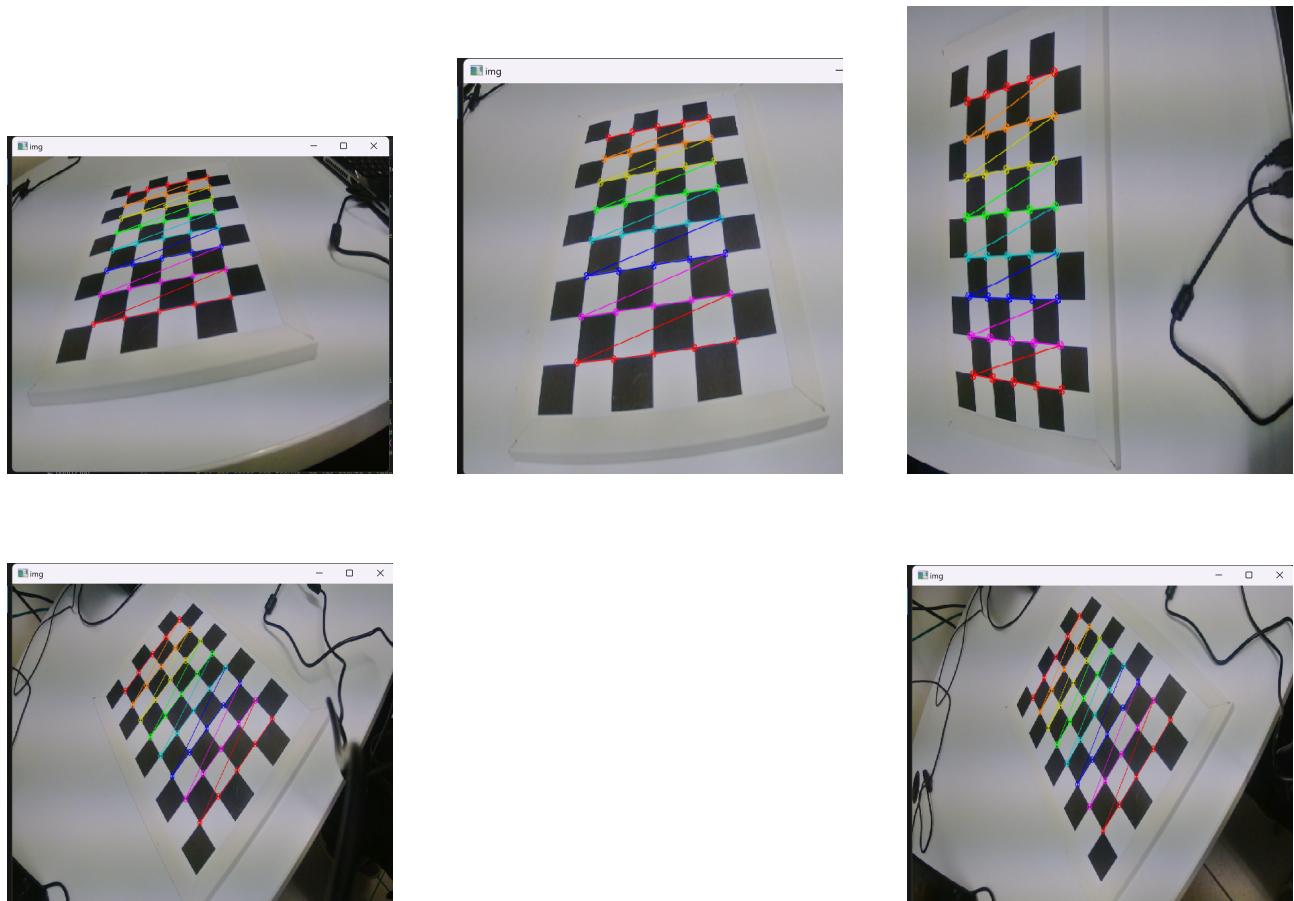


FIGURE 1.2 – Le résultat des images obtenues par la caméra bleue

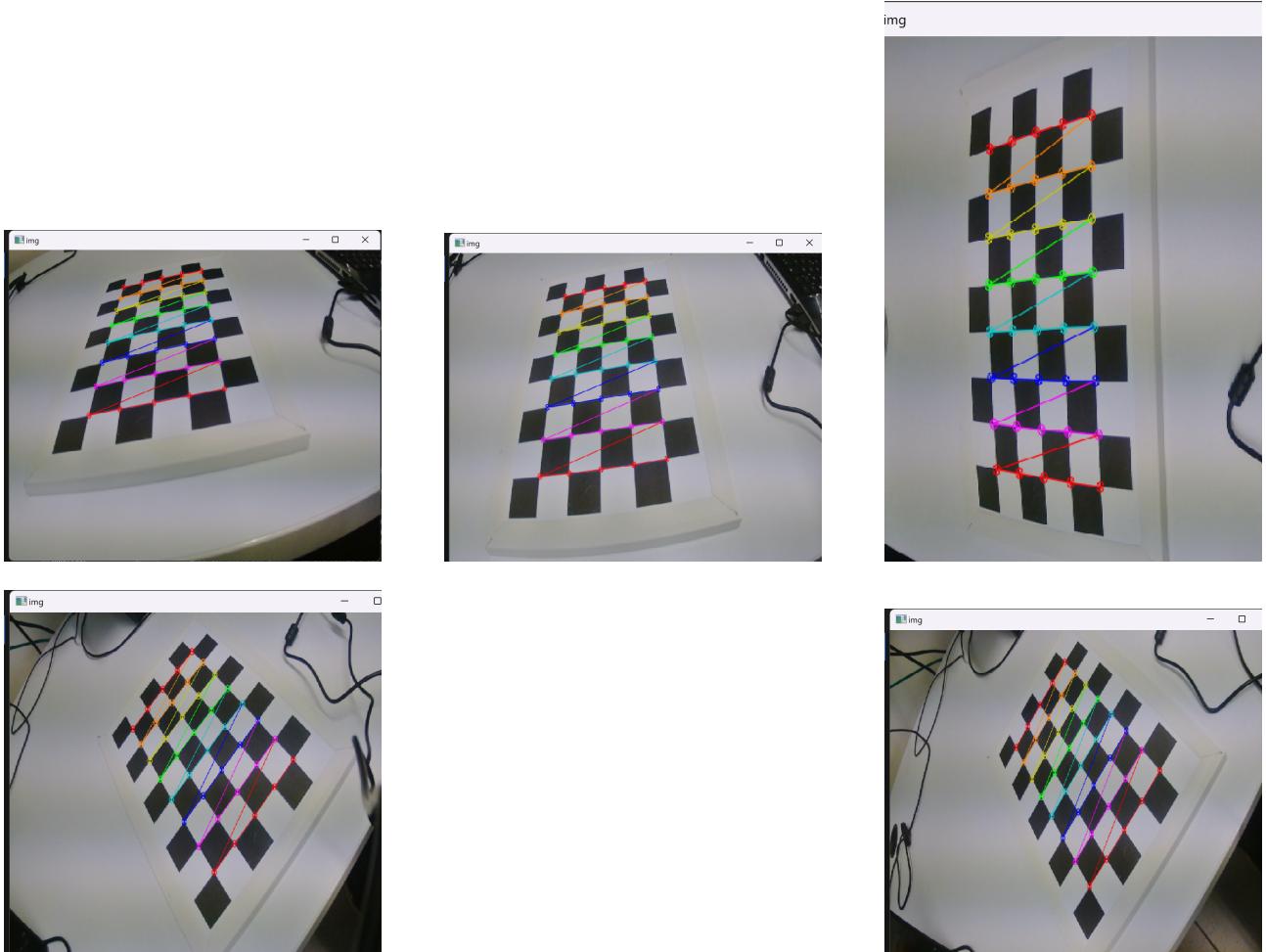


FIGURE 1.3 – Le résultat des images obtenues par la caméra rouge

1.2.3 Analyse et comparaison entre les deux caméras

Les points colorés superposés sur l'image semblent être les coins détectés du motif en damier, qui sont utilisés pour déterminer la géométrie spatiale de la caméra et pour calibrer l'objectif. Les différentes couleurs des points pourraient indiquer les groupes de points utilisés pour différents aspects de la calibration, comme les points d'ancrage principaux, les points secondaires ou peut-être les niveaux de confiance dans la détection des coins.

La matrice de calibration intrinsèque pour les caméras bleue et rouge est identique et se présente comme suit ('camraMatrix') :

$$\begin{bmatrix} 709.34800634 & 0 & 509.56155881 \\ 0 & 706.45675532 & 253.74424104 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Coefficients de distorsion ('dist') :

$$\begin{bmatrix} -0.363597709 & 0.0744847981 & 0.000331574528 & -0.00149978554 & 0.144368677 \end{bmatrix}$$

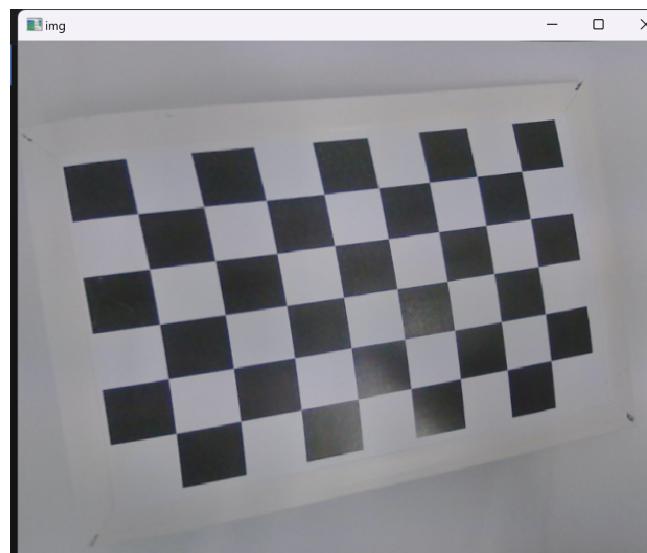
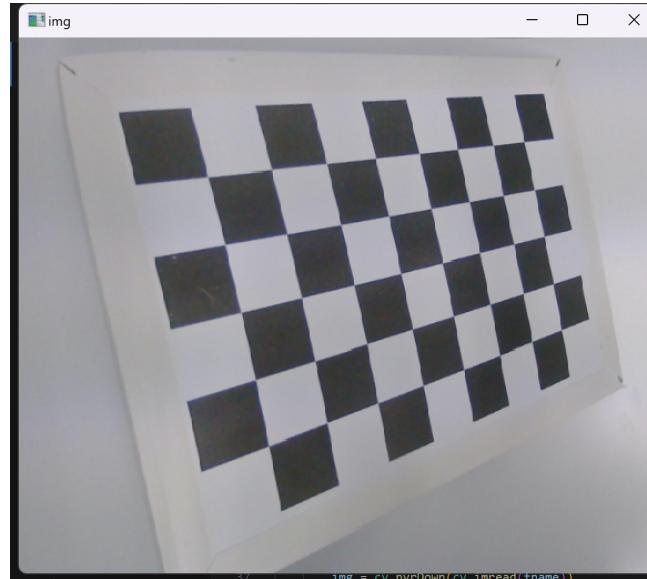
Nouvelle matrice de la caméra ('newcameramtx') :

$$\begin{bmatrix} 604.12352159 & 0 & 520.39053521 \\ 0 & 588.48395932 & 253.77691748 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Erreur totale :

$$0.017537244996132146$$

Ainsi, la réctification des images donne :



Ces bons résultats sont attribuables à l'absence de distorsions dans l'image. De plus, il convient de noter que cette image a été capturée par une seule caméra, ce qui élimine les erreurs de calcul liées à la focalisation de deux caméras simultanément.

Chapitre 2

Calibrage de la stéréovision

2.1 Notre scène

Ainsi comme scene on choisit ces deux images :



FIGURE 2.1 – Nos acquisitions pour la deuxième partie

2.2 Estimation de la matrice fondamentale

2.2.1

Les valeurs calculées pour les matrices de rotation sont les suivantes :

Matrice de rotation autour de l'axe x ($R_x(\theta)$) pour $\theta = 0.09^\circ$:

$$R_x(0.09^\circ) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.99999877 & -0.0015708 \\ 0 & 0.0015708 & 0.99999877 \end{pmatrix}$$

Matrice de rotation autour de l'axe y ($R_y(\theta)$) pour $\theta = 0.01^\circ$:

$$R_y(0.01^\circ) = \begin{pmatrix} 0.999999985 & 0 & 0.000174532924 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0.000174532924 & 0 & 0.999999985 \end{pmatrix}$$

Matrice de rotation autour de l'axe z ($R_z(\theta)$) pour $\theta = 44^\circ$:

$$R_z(44^\circ) = \begin{pmatrix} 0.7193398 & -0.69465837 & 0 \\ 0.69465837 & 0.7193398 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

2.2.2

La fonction `recoverPose` du fichier `.py` fourni utilise la matrice essentielle E pour récupérer la rotation R et la translation T entre deux images stéréo. Plus précisément, elle prend en entrée la matrice essentielle (E), les points correspondants dans l'image gauche (`pts1`) et l'image droite (`pts2`), ainsi que la matrice de calibrage de la caméra (`CmrMtx`). Elle renvoie la rotation (R) et la translation (t) entre les deux caméras.

2.2.3

La relation entre la matrice de calibrage (`CmrMtx`), la matrice essentielle (E), et la matrice fondamentale (F) est donnée par la formule :

$$E = \text{CmrMtx}^T \cdot F \cdot \text{CmrMtx}$$

2.3 Analyse des résultats

2.3.1

La matrice essentielle E est obtenue comme suit :

$$E = \begin{bmatrix} 1.50138824e-04 & 2.03697431e-04 & 4.46443145e-02 \\ -6.08536099e-05 & -3.40478752e-04 & -7.05695937e-01 \\ 4.42764011e-01 & 5.51325561e-01 & -3.18930269e-04 \end{bmatrix}$$

La matrice de rotation R résultante est :

$$R = \begin{bmatrix} 7.38602775e-01 & -6.74140631e-01 & 5.91962559e-04 \\ 6.74140872e-01 & 7.38602676e-01 & -4.14487894e-04 \\ -1.57802000e-04 & 7.05208064e-04 & 9.99999739e-01 \end{bmatrix}$$

Le vecteur de translation t est :

$$t = \begin{bmatrix} 9.98004831e-01 \\ 6.31367482e-02 \\ -3.29740378e-04 \end{bmatrix}$$

La matrice fondamentale F est donnée par :

$$F = \begin{bmatrix} 1.44733089e-05 & 1.54260677e-05 & -3.79276926e-03 \\ -1.53720151e-05 & 2.44082241e-05 & -3.27170119e-03 \\ 1.76737392e-03 & -6.29231212e-03 & 1.00000000e+00 \end{bmatrix}$$

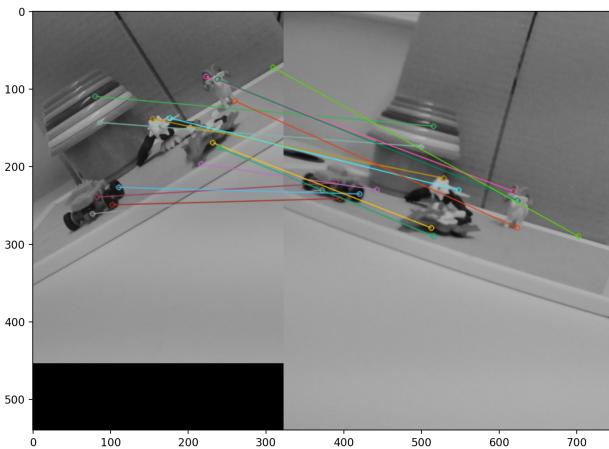


FIGURE 2.2 – Résultat de la fonction stereoCalibrate

2.3.2 Comparaison

- Les matrices de rotation individuelles R_x , R_y , et R_z sont des rotations théoriques calculées autour des axes de coordonnées. Elles ne prennent pas en compte la translation ou les conditions réelles de la scène.
- La matrice R et le vecteur t provenant de la matrice essentielle reflètent la relation physique entre les deux caméras, y compris à la fois la rotation et la translation.

Tous les appariements semblent être cohérents, ce qui peut être dû à la bonne qualité des images.

Chapitre 3

Géométrie épipolaire

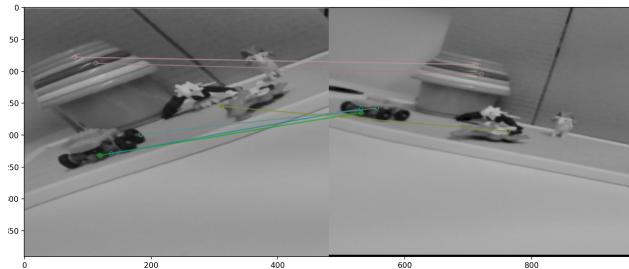
3.1 Analyse des résultats

3.1.1

Après vérification, il est évident que les points d'intérêt de l'image i se retrouvent alignés avec les lignes affichées dans l'image j, comme illustré dans la figure 2.2.

3.1.2

Voici un exemple de reconstruction sans calibration préalable :



Il est clair que la reconstitution est moins précise en comparaison avec la figure 2.2. On remarque que le nombre de points d'appariement est moins élevé.

3.1.3

L'objectif de ce processus, la rectification des images avant la reconstruction, est d'éliminer les distorsions géométriques et optiques inhérentes aux captures d'images réalisées par des caméras. En alignant les lignes épipolaires dans les images stéréo, la rectification facilite la correspondance entre les points homologues, simplifiant ainsi le processus de triangulation lors de la reconstruction 3D. En outre, la rectification contribue à la réduction des erreurs de mesure et à l'amélioration de la précision globale de la reconstruction en fournissant des conditions idéales pour les algorithmes de triangulation.

3.1.4

L'extraction de la profondeur peut être réalisée en suivant les étapes suivantes :

Correspondance Stéréo : On établit des correspondances entre les points homologues dans les images stéréo rectifiées à l'aide des méthodes telles que la disparité stéréoscopique ou des algorithmes tels que la correspondance de points d'intérêt.

Triangulation : On applique la triangulation pour estimer la profondeur des points correspondants en 3D, autrement dit pour calculer la position tridimensionnelle des points dans l'espace.

Filtrage et Optimisation : On applique les filtres spatiaux, la correction des erreurs de correspondance, ou les méthodes d'optimisation afin d'affiner les résultats.

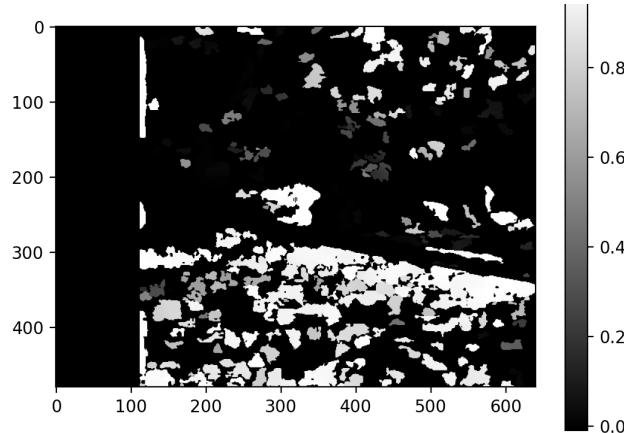
Reconstruction de Surface : Pour reconstruire la surface tridimensionnelle, on utilise des méthodes telles que la création de nuages de points ou la génération de maillages.

Enfin, la visualisation des résultats permet une évaluation critique de la qualité de la reconstruction et guide d'éventuels ajustements.

Chapitre 4

Reconstitution 3D

En lancant le code on obtient :



Nous essayons ainsi de changer les paramètres pour savoir leur importance :

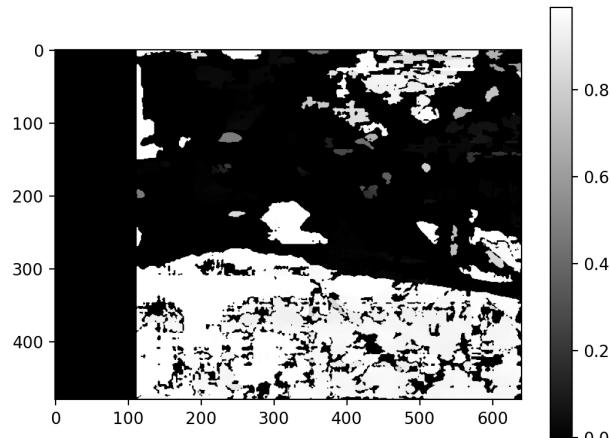


FIGURE 4.1 – Résultat pour $\text{win_size} = 10$

Nous remarquons ainsi que : `min_window` détermine la taille de la zone autour de chaque pixel utilisée pour trouver des correspondances dans l'image de l'autre caméra, influençant la précision de la correspondance et le temps de calcul.

`num_disp` indique le nombre de décalages de pixels examinés pour la correspondance, affectant la profondeur maximale détectable et la complexité computationnelle.

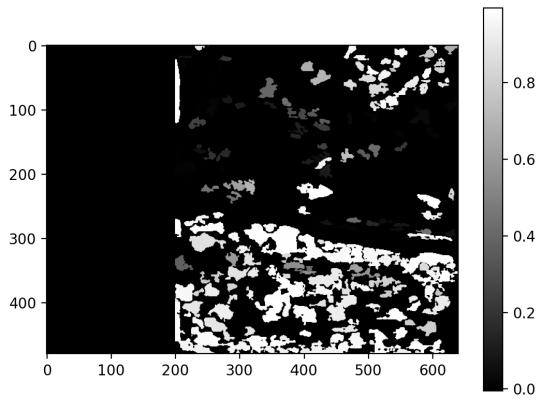


FIGURE 4.2 – Résultat pour $\text{num}_{\text{dispo}} = 200$

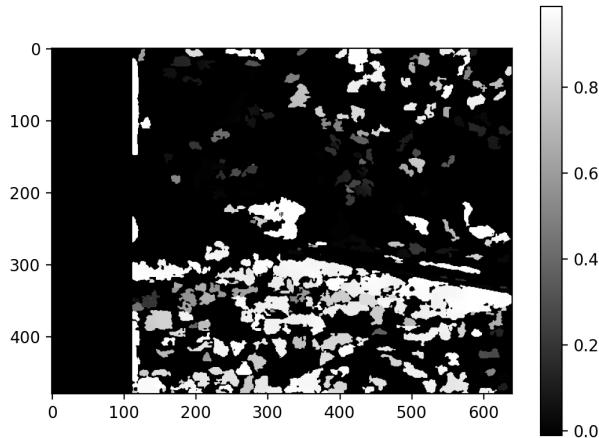


FIGURE 4.3 – Résultat pour $\text{min}_{\text{window}} = 26$

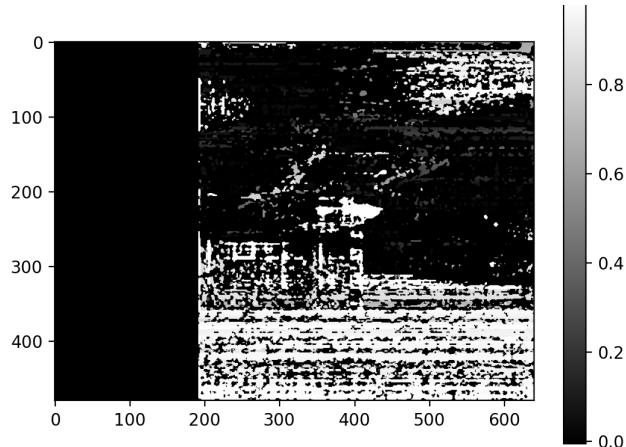


FIGURE 4.4 – Résultat après ajustement des paramètres.

Après ajustement des paramètres, nous parvenons au résultat suivant : Ce résultat peut être attribué à plusieurs facteurs déterminants. Parmi ceux-ci, la petite taille des objets dans la scène représente une contrainte significative, car elle complique la détection précise et la définition des contours. De plus, la distance par rapport à l'appareil de capture impacte également la qualité de l'image et, par conséquent, la précision de la reconstruction tridimensionnelle.

4.1 Conclusion

En conclusion, ce TP a permis d'explorer et de mettre en pratique des techniques fondamentales de vision par ordinateur, en mettant l'accent sur la calibration de la caméra, la reconstruction stéréo, et la génération de cartes de profondeur. La calibration de la caméra a été réalisée avec succès en utilisant un ensemble d'images d'un échiquier, permettant ainsi d'obtenir la matrice de calibrage de la caméra et les coefficients de distorsion. La fonction `recoverPose` a été utilisée pour estimer la rotation et la translation entre deux images stéréo, exploitant la matrice essentielle. De plus, l'algorithme `StereoSGBM` a été implémenté pour générer des cartes de profondeur à partir d'images stéréo rectifiées, avec la possibilité de régler divers paramètres influençant la qualité de la reconstruction.