

TP 1 : Éléments de géométrie projective et calibration de caméra

L'objectif du TP est de mettre en évidence les mécanismes de calibration (calibrage) d'une caméra, c'est-à-dire déterminer une homographie correspondant à une transformation linéaire entre deux points projectifs. La calibration de la caméra nous permettra ensuite d'extraire des informations spatiales sur une image en deux dimensions à partir de l'espace 3 dimensions étudié.

Pour ce TP nous nous baserons sur la publication et la méthode de Zhang pour calibrer notre caméra. Cela nécessite plusieurs pré-requis qui sont :

- Plusieurs points de la scène sont connus
- Ces points sont dans un plan unique
- Nous possédons au moins deux orientations différentes du plan où nous avons identifié ces points

Suite à cela, nous allons déterminer l'homographie entre les points de la scène 3D et les points projetés. Nous calculerons l'homographie en s'aidant des paramètres extrinsèques de la caméra qui permettent de définir la position et l'orientation de la caméra. Ces paramètres sont résumés dans la matrice suivante :

$$\begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathcal{R} & \mathbf{t} \\ \mathbf{0}^T & 1 \end{pmatrix} .$$

Avec \mathcal{R} pour les paramètres de rotation, et \mathbf{t} les paramètres de translation.

Nous utiliserons également la définition des paramètres intrinsèques de la caméra, ils correspondent à la configuration optique et aux caractéristiques du capteur d'image. Ces paramètres sont résumés dans la matrice suivante :

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \alpha & \gamma & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_u f & s_{uv} f & u_0 \\ 0 & k_v f & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_u & s_{uv} & u_0 \\ 0 & k_v & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} .$$

L'ensemble de ses paramètres permettent de définir la transformation allant du repère absolu à celui de la caméra. C'est pourquoi, pour calibrer la caméra nous chercherons à calculer ces paramètres.

Nous avons utilisés Scilab pour implémenter la méthode de Zhang et que nous avons éprouvé sur différentes images. Pour ce faire nous avons une matrice intrinsèque de référence :

3546,	0,	320
0,	3546,	240
0,	0,	1

Figure 1 - Matrice intrinsèque de la caméra

Nous avons calculer une matrice intrinsèque à la caméra afin de vérifier la méthode :

3.4994e+03	-7.3355e-04	335.2348
0	3.5042e+03	224.1665
0	0	1

Figure 2 - Matrice intrinsèque de la caméra calculé

Nous pouvons constater que les deux matrices ont des valeurs très proches l'une de l'autre. En effet, $-7,3355 \times 10^{-4}$ est négligeable est peut être arrondi à 0.

Nous allons maintenant calculer les matrices extrinsèques d'image de damier généré avec l'outil povray.

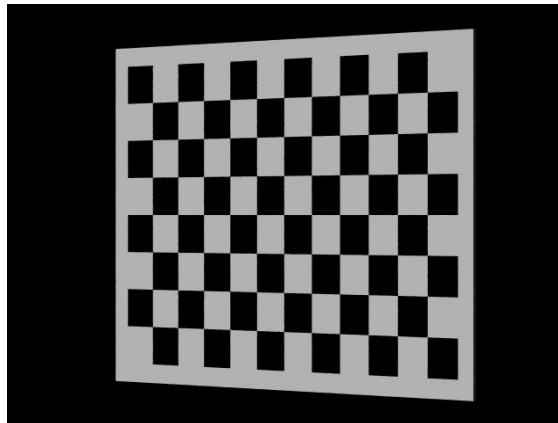


Figure 3 - Image-2 obtenue avec povray

L'image obtenu est définit par le fichier d'initialisation suivant :

```
Width=640
Height=480
Antialias=On
Antialias_Threshold=0.3
Declare=vPositionCameraX=0
Declare=vPositionCameraY=-8000
Declare=vPositionCameraZ=0
Declare=dAngleX=0
Declare=dAngleY=0
Declare=dAngleZ=45
Input_File_Name=scene.pov
Output_File_Name=image-2.png
```

Figure 4 - Paramètres extrinsèques de l'image 2

Sur ces valeurs d'initialisation nous pouvons retrouver ceux qui permettent de construire la matrice extrinsèque d'une caméra, c'est-à-dire la position, ou translation, et l'angle de la scène, ou rotation. Nous allons maintenant utiliser la méthode implémenté dans SciLab pour retrouver la matrice extrinsèque.

0.7124708	-0.0001194	0.7023942	-46.605384
-0.0039702	1.0009992	0.0005382	43.828978
-0.7016905	-0.0006378	0.7131822	7905.6477

Figure 5 - Matrice obtenue pour l'image 2

Pour rappel, dans cette matrice les trois premières colonnes définissent la rotation appliquée. Nous pouvons constater une rotation sur l'axe Z. En effet, les valeurs retrouvés correspondent environ à une rotation de 45° comme définit dans les valeurs d'initialisations, $\cos(45) \approx 0.700$, complétant une matrice identité. De plus, dans la dernière colonne nous observons une translation d'environ 8000 sur l'axe de la profondeur (inversé par povray).

Afin, de confirmer nos résultats nous répétons l'opération sur une seconde image de damier généré par povray.

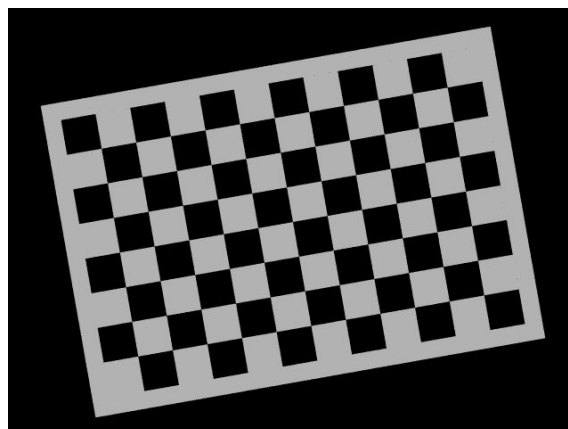


Figure 6 - Image 3 obtenue avec povray

```
Width=640
Height=480
Antialias=On
Antialias_Threshold=0.3
Declare=VPositionCameraX=0
Declare=VPositionCameraY=-9000
Declare=VPositionCameraZ=0
Declare=dAngleX=0
Declare=dAngleY=10
Declare=dAngleZ=0
Input_File_Name=scene.pov
Output_File_Name=image-3.png
```

Figure 7 - Paramètres extrinsèques de l'image 3

0.9848479	0.1736633	-0.0003741	-44.348156
-0.1734203	0.9831633	-0.0004947	49.189048
0.0002831	0.0005523	0.998383	8869.3173

Figure 8 - Matrice extrinsèque pour l'image 3

Nous constatons une nouvelle fois la similarité des valeurs. En effet, une translation d'environ 8000 est appliqué en profondeur et une rotation de 10° sur l'axe des Y.

La méthode de Zhang nous a permis de définir les paramètres extrinsèques et intrinsèques d'une caméra par calcul d'homographie. Cependant, nous avons pu observer des différences entre les valeurs attendues et celles obtenues. Celles-ci sont expliquées par les arrondis effectués lors des calculs, ces écarts représentent ainsi des erreurs de calibration.