



**Année universitaire 2019-2020**

---

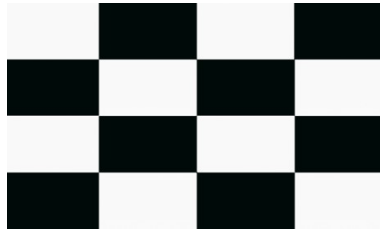
**Vision pour la robotique**

## I. Calibration de la caméra

Le but de cette première opération a été de calibrer la caméra et de déterminer les paramètres intrinsèques de la caméra.

La matrice des paramètres intrinsèques d'une caméra représente un ensemble de paramètres internes à la caméra. Ils la mettent en relation avec le monde extérieur.

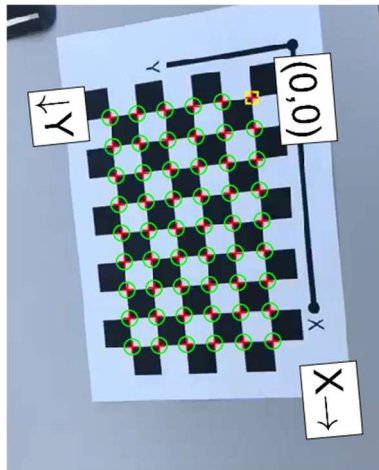
Pour calibrer une caméra, il est nécessaire d'utiliser un repère : une mire.



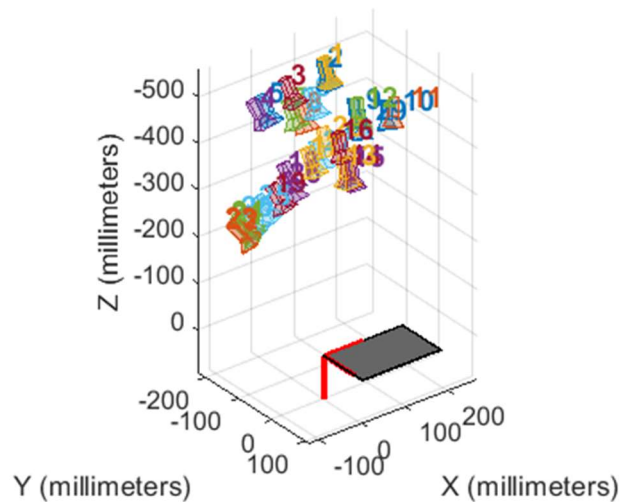
La mire utilisée possède des carrés de 23 mm de côté.

Le premier code permet de décomposer la vidéo en image et d'en enregistrer seulement une toutes les 24 images.

Une fois les images extraient, nous les passons dans l'application Matlab « **Camera Calibrator** ». Matlab réalise alors la calibration automatique grâce à l'ensemble des images représentant différents points de vue.



Nous nous sommes mis dans le cas d'une utilisation en « **Patern Centric** », car la caméra travaillait autour de la mire et était en déplacement. La mire était, quant à elle, fixe.



Nous pouvons voir sur l'image précédente les différentes positions de la caméra par rapport à la mire lors de l'étape de calibration.

Après la calibration, on exporte les paramètres de la caméra et on récupère la matrice des paramètres intrinsèques suivante :

$$K = \begin{pmatrix} 804.1423 & 0 & 0 \\ 0 & 802.3013 & 0 \\ 235.6386 & 425.5052 & 1 \end{pmatrix}$$

Elle sera utilisée dans la suite du projet mais il faudra un peu la modifier.

## II. Coordonnées d'un cercle dans une vidéo

Le but de ce code était de déterminer les coordonnées réelles en millimètres du centre du cercle par rapport au repère situé juste à côté.

### 1. Traitement numérique de l'image

Il existe de nombreux traitements numériques mais celui mis en place est relativement simple :

- Modification des contrastes de l'image ;
- Mise en noir et blanc de l'image ;
- Inversion du noir et du blanc de l'image ;
- Mise en place d'un filtre d'aire permettant d'obtenir uniquement le cercle (forme la plus grande de l'image).

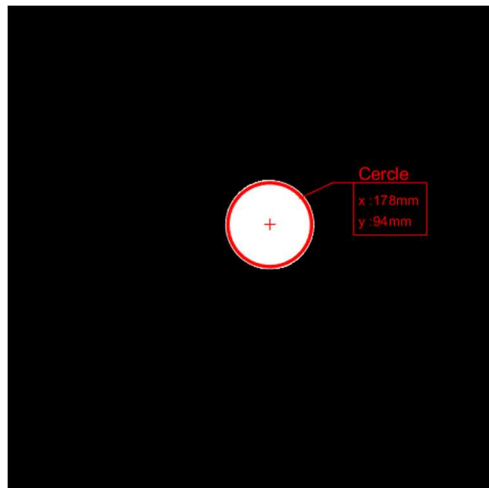
Après toutes ces étapes, il a été possible de simplement isoler le cercle sur l'image.

## 2. Détermination du centre du cercle

Nous avons tout simplement utilisé la fonction « **centroid** » de Matlab qui permet de déterminer le centre de gravité d'une forme.

Cette fonction a été utilisée sur l'image traitée.

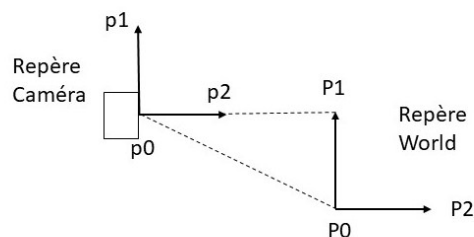
Il faut noter que l'image a été totalement « nettoyé » afin de déterminer plus facilement les coordonnées du centre du cercle.



Par la suite, les coordonnées ont été ajoutées sur la vidéo de base (voir section suivante).

## 2. Méthode d'estimation des coordonnées réelles

Le système peut être considéré comme tel :



Il faut tout d'abord traiter la matrice des paramètres intrinsèques obtenue précédemment. Il faut savoir que Matlab fournit la transposée de cette matrice, c'est pour cette raison que nous la transposons au début du code afin d'obtenir la matrice réelle  $K$ .

Puis, nous devons déterminer le facteur d'échelle  $s$  permettant de passer de pixels en millimètres :

$$P_0 = s \cdot p_0$$

$$P_1 = s \cdot p_1$$

$$P_2 = s \cdot p_2$$

$$p_0 = K^{-1} \cdot \begin{pmatrix} u_0 \\ v_0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$p_1 = K^{-1} \cdot \begin{pmatrix} u_1 \\ v_1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$p_2 = K^{-1} \cdot \begin{pmatrix} u_2 \\ v_2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$s_x \cdot \|p_1 - p_0\| = d_{mesx}$$

$$s_y \cdot \|p_2 - p_0\| = d_{mesy}$$

$$s_x = \frac{d_{mesx}}{\|p_1 - p_0\|}$$

$$s_y = \frac{d_{mesy}}{\|p_2 - p_0\|}$$

$$s = \frac{s_x + s_y}{2}$$

Ensuite, nous passons du repère **Image** au repère **Caméra** les points 0, X et Y en réalisant la mise à l'échelle de pixels en millimètres :

$$P_0 = \begin{pmatrix} X_{0\_cam} \\ Y_{0\_cam} \\ Z_{cam} \end{pmatrix} = s \cdot K^{-1} \cdot \begin{pmatrix} u_0 \\ v_0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$P_1 = \begin{pmatrix} X_{1\_cam} \\ Y_{1\_cam} \\ Z_{1\_cam} \end{pmatrix} = s \cdot K^{-1} \cdot \begin{pmatrix} u_1 \\ v_1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$P_2 = \begin{pmatrix} X_{2\_cam} \\ Y_{2\_cam} \\ Z_{2\_cam} \end{pmatrix} = s \cdot K^{-1} \cdot \begin{pmatrix} u_2 \\ v_2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Puis, nous avons déterminé les matrices de rotation et de translation qui nous permettront de passer du repère **Caméra** au repère réel **World** :

$$R_x = \frac{P_1 - P_0}{\|P_1 - P_0\|}$$

$$R_y = \frac{P_2 - P_0}{\|P_2 - P_0\|}$$

$$R_z = R_x \wedge R_y$$

$$R = (R_x \quad R_y \quad R_z)$$

$$T = P_0$$

Et finalement, nous utilisons cette équation pour passer du repère **Caméra** dans le repère **World** :

$$\begin{pmatrix} X_{cam} \\ Y_{cam} \\ Z_{cam} \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{pmatrix} + T$$

Soit les coordonnées réelles suivant des points O, X et Y :

$$origin = R^T \cdot (P_0 - T)$$

$$X = R^T \cdot (P_1 - T)$$

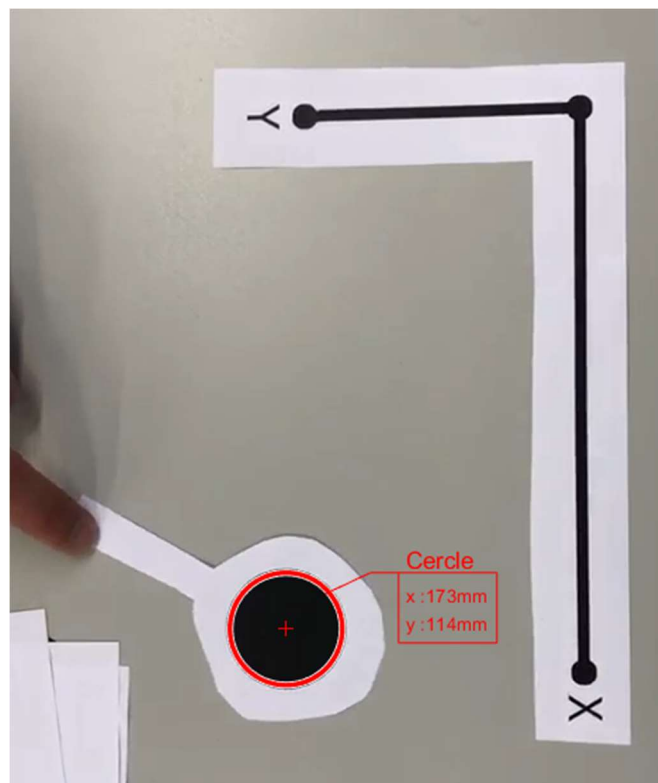
$$Y = R^T \cdot (P_1 - T)$$

On utilise finalement cette méthode en boucle sur le centre du cercle afin d'obtenir ses coordonnées réelles par rapport au graphique :

$$P_{centre} = s \cdot K^{-1} \cdot \begin{pmatrix} u_{centre\_px} \\ v_{centre\_px} \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$centre = R^T \cdot (P_{centre} - T)$$

On obtient finalement ce résultat après reconstitution de la vidéo :



Les coordonnées en millimètres par rapport au repère sont bien obtenues.

