

Perception par la robotique

Moodle: Version PDF
du cours
Annales corrigés

Captur passif: pas de signal qui est émis dans la scène

Captur actif: ex: capteur à lumière structurée

↳ capteur Red Green Blue - Depth (RGB-D) duquel on obtient une image (flux) du RGB et une image D (par exemple Kinect)

L'analyse vidéo est pertinente lorsqu'il y a du mouvement du capteur et/ou de la scène

Optique de caméra

On distingue 2 entités dans une caméra :

① L'objectif ou optique = converger la lumière

② Le capteur où se forme l'image (reçoit les photons et les traduit en signal électrique)

Un pixel = échantillonnage spatial de la scène (niveau de détail) → fixe la résolution de l'image

↳ le choix de la résolution dépend de l'application

A_0 point de la scène

L'axe optique = axe virtuel qui traverse le capteur

Foyer image F_z

Plan image X_{A_z}

Intersection de l'axe optique avec la pellicule = centre optique

Changer la mise au point : changer la distance entre le foyer et le centre optique p_z
⇒ influe sur la netteté

p_z est appelé tirage optique

Distance focale ou focale : f_z qui influe sur l'angle de champ

↳ grand angle = distance focale petite ⇒ ↑ phénomène de distorsion

Relation de conjugaison : $\frac{1}{f_z} = \frac{1}{p_0} + \frac{1}{p_z}$

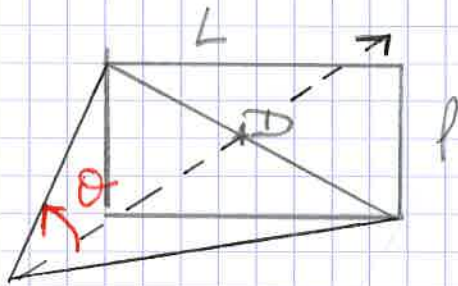
→ pour un paysage éloigné $p_0 \rightarrow +\infty$

donc $\frac{1}{p_0} \rightarrow 0$ donc $\frac{1}{f_z} = \frac{1}{p_z} \Rightarrow$ on

place la focale sur le plan image

→ c'est l'inverse par un plan serré

Paramètre d'une optique :



Angle de champ : $\tan(\theta) = \frac{D}{2p_1} = \frac{D}{2f}$

Angle de champ horizontal :

$$\tan(\theta_h) = \frac{L}{2f}$$

Angle de champ vertical :

$$\tan(\theta_v) = \frac{p}{2f}$$

Optique - Exercice (diapo 7) :

① Nous sommes dans un contexte fronto parallèle 2D :

N.B : On prend en général peu de zoom (focale variable) en robotique industrielle
⇒ la caméra est adaptée au besoin.

Objectif : La scène doit couvrir au mieux l'image. L'objet se projette sur la longueur.

Données : $\begin{cases} p_0 = 1m \\ \frac{2}{3} \text{ pouces} \Rightarrow 8,8 \text{ mm} \times 6,6 \text{ mm et diagonale } D = 11 \text{ mm (cf. table diapo 3)} \\ X_{AO} = 40 \text{ cm} \end{cases}$

Correction :

On souhaite $X_{A1} = 8,8 \text{ mm}$ (objectif)

$$G_e = \frac{X_{A1}}{X_{AO}} = \frac{8,8}{400} = \frac{p_1}{1000} \Rightarrow p_1 = 22 \text{ mm}$$

Remarque : Certaines applications présentent du dérapage ⇒ les objets arrivent en urac devant la caméra ⇒ l'objectif est que la plus grande dimension rentre dans la largeur (plus grande dimension possible du capteur)

$$f = \frac{p_1 \cdot p_0}{p_1 + p_0} = \underline{21 \text{ mm}}$$

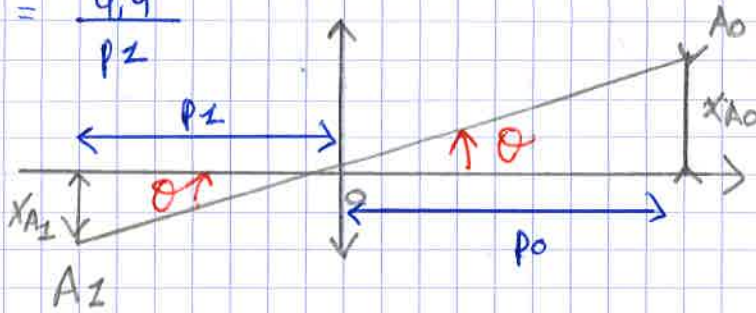
Ce n'est pas une taille standard sur le marché ⇒ on prendra la focale immédiatement inférieure à 21 mm pour avoir le plus grand champ et espérer voir tout l'objet

Solution 2 :

$$\tan(\theta) = \frac{200}{1000} = \frac{4,4}{p_z}$$

$$p_z = 22 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f \approx p_z$$



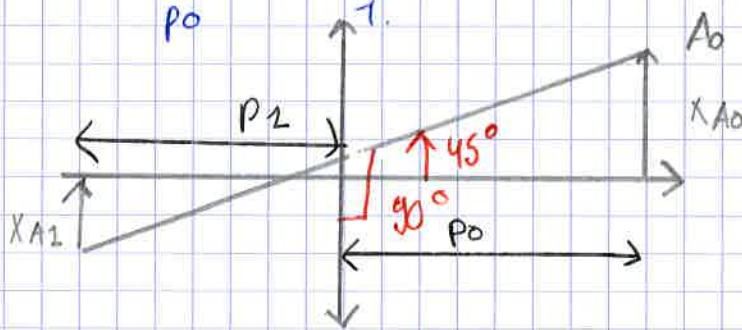
⚠ Pour un objet circulaire : on projette la plus petite dimension du capteur
 ↳ la focale est choisi selon l'application !

② Données :

$$\begin{cases} p_0 = 1 \text{ m} \\ \frac{2}{3} \text{ pouces} \Rightarrow 8,8 \text{ mm} \times 6,6 \text{ mm} \Rightarrow D = 11 \text{ mm} \\ 2\theta = 90^\circ \end{cases}$$

Solution : $\tan(45^\circ) = \frac{x_{A0}}{p_0} = \frac{x_{A0}}{1} \Rightarrow x_{A0} = 1 \text{ m}$

{ Image }



{ Scène }

$$G_L = \frac{x_{A1}}{x_{A0}} = \frac{p_z}{p_0} = \frac{4,4}{1000} = \frac{p_z}{1000} \Rightarrow p_z = 4,4 \text{ mm}$$

$$f = \frac{p_z p_0}{p_z + p_0} = 4,3 \text{ mm}$$

⚠ Dans les caméras robotiques, on suppose que l'épaisseur de la lentille est négligeable par rapport aux autres distances.

Modélisation de caméra perspective

Hypothèses : • En vision 3D : on confond f et p_z

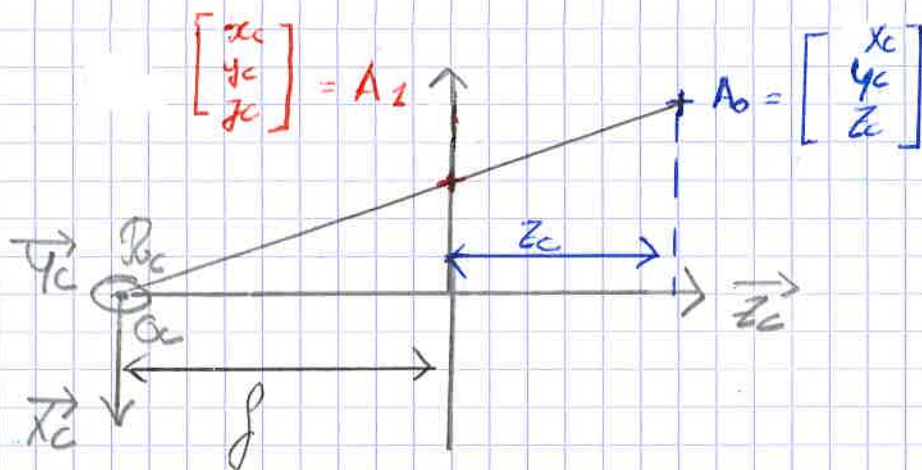
- On va considérer un plan image virtuel côté scène
- Les variables en majuscules sont relatives à l'espace
minuscules sont relatives à l'image

• L'axe optique est la 3^{ème} dimension \vec{z}

$$\frac{y_c}{f} = \frac{y_c}{z_c}$$

$$\frac{x_c}{f} = \frac{x_c}{z_c}$$

$$f_c = f$$

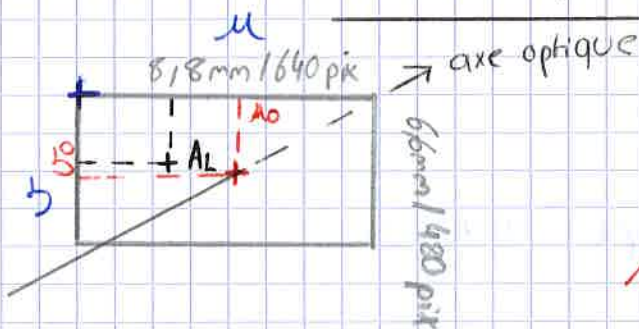


$$\begin{cases} x_c = f \frac{x_c}{z_c} \\ y_c = f \frac{y_c}{z_c} \\ z_c = f \end{cases}$$

Transformation 1:

↳ Projection perspective

Inconvénient: ne conserve pas les distances



$$A_2 = \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{bmatrix}$$

$M_0 = 110$ (centre de l'image)

$$\begin{cases} u = k_u x_c + M_0 \\ v = k_v y_c + M_0 \end{cases}$$

unité pix/mm
(k_u et k_v)

$$\Rightarrow \begin{cases} u = \frac{k_u f}{\alpha_u} \frac{x_c}{z_c} + M_0 \\ v = \frac{k_v f}{\alpha_v} \frac{y_c}{z_c} + M_0 \end{cases}$$

α_u ; α_v ; M_0 et M_0 sont les 4 paramètres intrinsèques de la caméra
=> fondamentaux pour la vision 3D (dans les docs techniques)

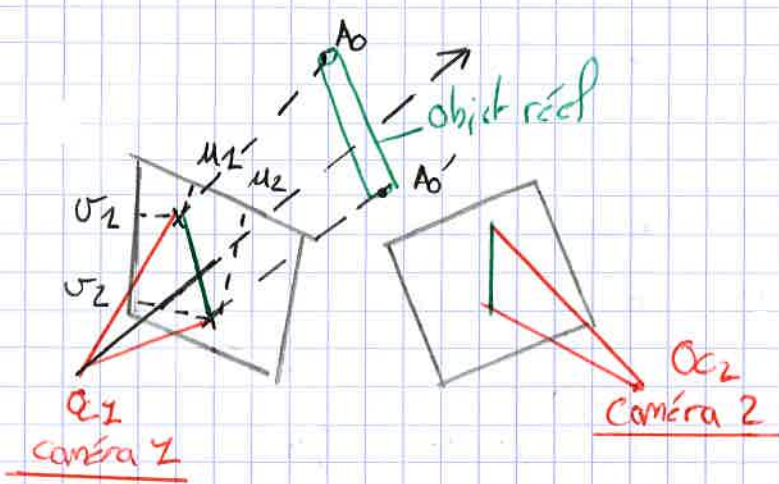
=> Transformation 2: repères caméra / image

On peut estimer ces paramètres en mesurant un objet étalon dont on connaît les dimensions.

Il est maintenant possible de remonter aux dimensions réelles de l'objet (à la différence du

4 Traitement de l'image)

Cas de la stéréovision :



Problématique : Le repère caméra d'origine O_e est différent du repère monde (de la pièce)

14/02/2022

Rappels : $p_c = \begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix}$ décrit par ses paramètres extrinsèques

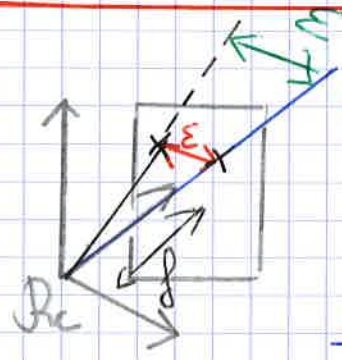
$P_m = \begin{pmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \end{pmatrix}$

$P_c = \begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_x & R_y & R_z & T_x \\ 0 & 0 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 0 & T_z \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \end{pmatrix}$

$\begin{cases} \alpha_u = R_u f > 0 & \text{selon les conventions} \\ \alpha_v = R_v f < 0 & \text{selon les conventions} \end{cases}$

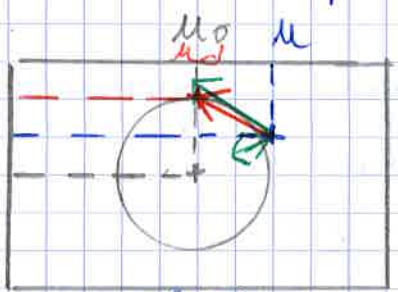
Librairie de vision 3D PCL = Point Cloud Library

Modélisation de distorsion optique :



⚠ Une erreur sur le plan image E induit une grande erreur E dans la perception de l'espace 3D.
 => il existe des logiciels de pré-traitement.
L'idée : Utiliser le modèle photogrammétrique

Le déplacement se décompose en un terme radial Δu_r et un terme tangentiel Δu_t



Soit un pixel p de coordonnées (u, v) s'étant déplacé \rightarrow par le phénomène de distorsion

5 Le déplacement tangentiel est négligé.