

afcet



9^{ème} CONGRÈS

**RECONNAISSANCE
DES FORMES
ET
INTELLIGENCE
ARTIFICIELLE**

Paris - 11 - 14 janvier 1994

VOLUME 1
Reconnaissance des Formes

Avec le soutien
du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
et de la DRET

en coopération avec
Association pour la Recherche Cognitive et  **INRIA**

Modélisation d'un système de stéréovision axiale

Modelising an axial stereovision system

V.RODIN et A.Ayache

Laboratoire "Vision Par Calculateur André Bruel"

ENSEEIH - IRIT - URA 1399 CNRS

2, Rue Charles Camichel
31071 TOULOUSE CEDEX

Tel: 61-58-83-37 Fax: 61-58-82-09
e-mail: {rodin,ayache}@enseeiht.fr

Résumé

En stéréovision binoculaire passive on distingue généralement deux approches: la stéréovision latérale et la stéréovision axiale. Nous présentons ici une étude portant plus particulièrement sur la stéréovision axiale.

La plupart des travaux menés sur la stéréovision axiale n'ont été que théoriques. Ces études n'ont pas été suivies d'expérimentations réelles car leurs auteurs n'ont pu décrire de façon pratique un système de stéréovision axiale.

Dans cet article, nous proposons une méthode pour obtenir un vrai système de stéréovision axiale par calibrage puis rectification. Pour cela, nous disposons d'une caméra:

- soit munie d'un zoom de qualité standard,
- soit se déplaçant le long d'un axe proche de son axe optique.

Ainsi construit, le système permet d'utiliser les propriétés géométriques des systèmes axiaux en simplifiant le calcul des droites épipolaires.

Mots clefs:

Appariement, calibrage, mouvement axial, reconstruction 3D, rectification, stéréovision axiale, zoom.

Abstract

In passive binocular stereovision, we generally discern two approaches: the lateral stereovision and the axial stereovision. We present here a study relating more particularly to axial stereovision.

Most of the works led on axial stereovision have been but theoretical. These studies have not been followed by real experiments because their authors could not produce a practical description of an axial stereovision system.

In this paper, we propose a method to get a real axial stereovision system by calibration then by rectification. For doing this, we have a camera:

- either with a standard quality zoom,
- or moving along an axis close to its optical axis.

Made thus, the system allows to use the geometrical properties of the axial systems by simplifying the computation of the epipolar lines.

Keywords:

Axial motion, axial stereovision, calibration, matching, 3D reconstruction, rectification, zoom.

1 Introduction

Bon nombre de chercheurs [1, 3, 4, 5, 8] ont étudié la possibilité offerte par un système de stéréovision axiale, de retrouver l'information tridimensionnelle d'une scène. La relative simplicité géométrique d'un tel système rend cette approche intéressante pour des applications industrielles, en simplifiant la phase de mise en correspondance.

La plupart des études menées sur la stéréovision axiale n'ont été que théoriques (études sur les erreurs d'un tel système [3, 6], appariement sur des images de synthèse [1, 5, ...]). Ces études n'ont pas été suivies d'expérimentations réelles, car leurs auteurs n'ont pu décrire de façon pratique un système de stéréovision axiale, à partir d'un zoom ou d'une caméra qui se déplace sur son axe. A notre connaissance, seul J.M. Lavest a pu s'approcher d'un système axial [4], en utilisant un zoom haut de gamme (Angénieux [2]).

Dans cet article, nous présentons une méthode permettant d'obtenir un vrai système de stéréovision axiale, par calibrage puis rectification. Pour cela, nous disposons d'une caméra:

- soit munie d'un zoom de qualité standard,
- soit se déplaçant sur un axe proche de son axe optique.

Ainsi construit, le système permet d'utiliser les propriétés géométriques des systèmes axiaux en simplifiant le calcul des droites épipolaires lors de la phase d'appariement.

2 Modèle géométrique d'un système axial

Nous présentons ici le modèle géométrique "général" d'un système de stéréovision axiale. La plupart des études menées jusqu'alors ne sont que des cas particuliers de ce modèle général.

2.1 Le modèle géométrique

Si l'on considère que la distance objets-caméra est grande par rapport aux longueurs focales f_1 et f_2 , le modèle sténopé peut être adopté comme modèle du processus de formation des images. La figure 1 représente un système de stéréovision axiale "général" qui peut être considéré comme deux caméras ayant leurs axes optiques confondus, leurs plans image parallèles étant séparés d'une distance ΔX .

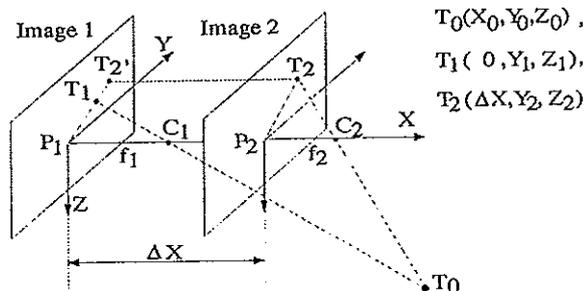


Figure 1.- Modèle géométrique d'un système axial.

2.2 Existence ou non-existence de systèmes physiquement axiaux

La question clef de cette partie est de savoir si un système physiquement axial existe.

A notre connaissance, les deux systèmes pouvant être axiaux sont :

- une caméra en mouvement sur un rail ou au bout du bras d'un robot,
- une caméra munie d'un zoom.

La plupart du temps, les systèmes que nous avons considérés ne sont pas des systèmes physiquement axiaux. En effet, il subsiste toujours des problèmes mécaniques ne permettant pas d'assurer un mouvement parfait du centre optique le long de l'axe optique.

Nous proposons donc, dans ce qui suit, une méthode de calibrage-rectification, permettant d'obtenir un vrai système axial, à partir d'un système "pseudo-axial".

3 Calibrage d'un système de stéréovision axiale

3.1 Rappels sur le calibrage par projection centrale (modèle sténopé)

Réaliser un calibrage par projection centrale consiste à évaluer la transformation C permettant de passer des coordonnées 3D d'un point $P(x_{3d}, y_{3d}, z_{3d})$ de la scène observée, aux coordonnées 2D (y_{2d}, z_{2d}) de l'image de ce point, exprimées dans le repère image. Les coordonnées 2D homogènes sont données ainsi:

$$\begin{pmatrix} w \cdot y_{2d} \\ w \cdot z_{2d} \\ w \end{pmatrix} = C \times \begin{pmatrix} x_{3d} \\ y_{3d} \\ z_{3d} \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

où C est une matrice de dimension [3,4] appelée matrice de calibrage et définie à partir de:

- (py, pz) , les coordonnées du point principal P dans le repère image.
- $R(r_{ij}; i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3)$, la matrice de rotation permettant de passer du repère absolu, centré en O , au repère local centré sur le centre optique.
- (lx, ly, lz) , les coordonnées du centre optique C dans le repère absolu.
- f , la longueur focale ($f = \|C\vec{P}\|$)
- (dy, dz) , les dimensions d'un pixel.

Le repère local centré en C est tel que l'axe des X pointe vers le plan image, l'axe des Y est parallèle aux lignes de l'image et l'axe des Z est parallèle aux colonnes de l'image (voir figure 2).

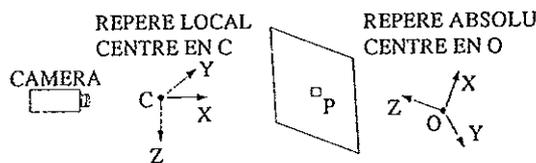


Figure 2.- Ensemble repères-caméra dans une modélisation par projection centrale.

3.2 Rectification d'images "pseudo-axiales" afin d'obtenir des images axiales

La rectification proposée va transformer deux images "presque axiales" en deux images axiales.

Supposons tout d'abord que nous ayons calibré:

- le zoom pour deux focales particulières,
- ou la caméra en deux positions différentes sur son rail.

Signalons que les calibrages sont effectués indépendamment les uns des autres.

Ce calibrage étant réalisé, nous avons deux matrices de calibrage M et N modélisant les systèmes de prise de vue, ayant acquis les images à rectifier (voir figure 3).

M (resp. N) est définie par:

- C_1 (resp. C_2) le centre optique,
- P_M (resp. P_N) le plan de projection,
- P_1 (resp. P_2) le point principal,
- (py_1, pz_1) (resp. (py_2, pz_2)) les coordonnées du point principal dans le repère image,
- f_1 (resp. f_2) la focale.

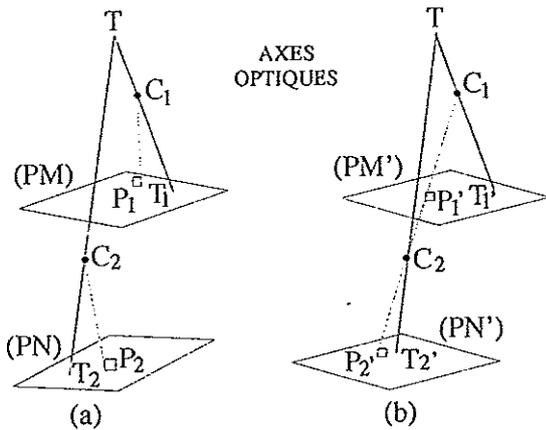


Figure 3.- Modèles des systèmes de prise de vue avant rectification (a) et après rectification (b).

Le principe de rectification que nous proposons définit deux nouvelles matrices M' et N' conservant respectivement les deux centres optiques C_1 et C_2 , mais modifiant les plans de projection, de façon à obtenir un système axial (voir figure 3). L'idée principale de notre rectification est que l'axe optique du système axial formé par M' et N' sera la droite 3D passant par les centres optiques de M et N (C_1 et C_2).

3.2.1 Contraintes sur les nouvelles matrices M' et N'

Précisons les contraintes sur les nouvelles matrices M' et N' à partir des matrices M et N :

1. les centres optiques C_1 et C_2 restent inchangés.
2. si $P_{M'}$ est le plan focal de M' et $P_{N'}$ est le plan focal de N' , alors on doit avoir $P_{M'} // P_{N'}$.
3. si P_1' est la projection orthogonale de C_1 sur $P_{M'}$ (P_1' point principal) et P_2' est la projection orthogonale de C_2 sur $P_{N'}$ (P_2' point principal), alors on doit avoir C_1, C_2, P_1' et P_2' alignés (ces points sont sur l'axe optique du système axial).

On peut remarquer que 2.) est une conséquence de 3.) et que si on ne veut pas changer les focales, on doit avoir:

$$\|C_1\vec{P}_1'\| = \|C_1\vec{P}_1\| \text{ et } \|C_2\vec{P}_2'\| = \|C_2\vec{P}_2\| \quad (2)$$

3.2.2 Détermination des matrices M' et N'

Pour déterminer les matrices M' et N' , à partir de M et N, on va évaluer les paramètres py, pz, f, R, lx, ly et lz de chaque matrice. Pour chacune des matrices M' et N' on connaît:

- f (la focale ne change pas si on le désire),
- lx, ly, lz (même centre optique avant et après rectification),
- py, pz (ils seront identiques dans les deux matrices et peuvent être déterminés arbitrairement comme nous le verrons plus loin).

Il reste donc à déterminer la matrice de rotation R qui doit être identique dans les matrices M' et N' (car $P_{M'} // P_{N'}$).

3.2.2.1. Détermination de la matrice de rotation R

Pour déterminer la matrice de rotation R, nous ne considérons que la matrice de calibrage M' . En effet M' et N' ont la même matrice de rotation, R.

Nous chercherons tout d'abord l'expression du plan focal de M' . Puis nous calculerons les coefficients de la matrice de rotation R.

a Détermination du plan $P_{M'}$

Pour déterminer le plan $P_{M'}$, nous chercherons un vecteur normal à ce plan et un point de ce plan.

a.1 Détermination d'un vecteur normal à ce plan

Le vecteur $C_1\vec{P}_1'$ est tout naturellement un vecteur normal au plan $P_{M'}$. Le point C_1 étant connu, il faut déterminer le point P_1' qui est tel que:

- P_1' se trouve sur la droite (C_1C_2) ,
- $\|C_1\vec{P}_1'\| = f_1$ où f_1 est la focale associée à la matrice M (pour que la focale ne change pas).

Ainsi, nous avons:

$$O\vec{P}_1' = O\vec{C}_1 + tC_1\vec{C}_2 \quad \text{et} \quad \|C_1\vec{P}_1'\| = f_1 \quad (3)$$

A partir de (3) on peut déduire que:

$$O\vec{P}_1' = O\vec{C}_1 + \pm \frac{f_1}{\|C_1\vec{C}_2\|} C_1\vec{C}_2 \quad (4)$$

Une seule valeur du point P_1' est à considérer (cette valeur dépend de la position du plan image par rapport au centre optique). Nous avons donc

les coordonnées 3D du point P_1' : $\begin{pmatrix} P_1'x \\ P_1'y \\ P_1'z \end{pmatrix}$ (dans le repère absolu).

a.2 Détermination d'un point de ce plan

Par construction, nous savons que $P_1' \in P_{M'}$.

a.3 Expression du plan P_M'

Le plan P_M' est maintenant parfaitement défini puisque nous connaissons un vecteur normal à ce plan et un point de ce plan. Ainsi, à partir

du vecteur $C_1 \vec{P}_1'$ et du point P_1' $\begin{pmatrix} P_1'x \\ P_1'y \\ P_1'z \end{pmatrix}$,

l'équation du plan s'écrit:

$$x_1.X + y_1.Y + z_1.Z - (P_1'x.x_1 + P_1'y.y_1 + P_1'z.z_1) = 0 \quad (5)$$

A partir du plan focal P_M' , nous allons déterminer la matrice de rotation R .

b Calcul de la matrice de rotation R

La matrice de rotation R ainsi que lx, ly, lz permettent de passer du repère absolu au repère local et inversement. Dans le cas du passage du repère local au repère absolu nous avons, en coordonnées homogènes:

$$\begin{pmatrix} r_{11} & r_{21} & r_{31} & lx \\ r_{12} & r_{22} & r_{32} & ly \\ r_{13} & r_{23} & r_{33} & lz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_{local} \\ Y_{local} \\ Z_{local} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{absolu} \\ Y_{absolu} \\ Z_{absolu} \\ 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Dans ce qui suit, nous allons déterminer les coefficients r_{ij} . Ceci revient à évaluer l'orientation du nouveau repère local.

b.1 Calcul de r_{11}, r_{12}, r_{13}

Dans le nouveau repère local, P_1' s'écrit :

$\begin{pmatrix} f_1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ car P_1' est le point principal du nouveau système. Connaissant P_1' dans le repère local et dans le repère absolu, on peut écrire :

$$\begin{pmatrix} r_{11} & r_{21} & r_{31} & lx \\ r_{12} & r_{22} & r_{32} & ly \\ r_{13} & r_{23} & r_{33} & lz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} f_1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_1'x \\ P_1'y \\ P_1'z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

A partir de l'équation (7), les valeurs de r_{11}, r_{12} et r_{13} peuvent être déduites immédiatement.

b.2 Calcul de r_{21}, r_{22}, r_{23}

Connaissant l'équation du plan P_M' , il est toujours possible de déterminer un point Y_p ,

($Y_p \neq P_1'$) appartenant à ce plan. Soient $\begin{pmatrix} Y_{px} \\ Y_{py} \\ Y_{pz} \end{pmatrix}$

les coordonnées de Y_p dans le repère absolu. Le point Y_p choisi détermine la nouvelle orientation des lignes de l'image (le vecteur $P_1' \vec{Y}_p$ est parallèle au nouvel axe des Y). Dans le repère local,

le point Y_p aura pour coordonnées: $\begin{pmatrix} f_1 \\ \parallel P_1' \vec{Y}_p \parallel \\ 0 \end{pmatrix}$.

Connaissant Y_p dans le repère local et dans le repère absolu, on peut écrire :

$$\begin{pmatrix} r_{11} & r_{21} & r_{31} & lx \\ r_{12} & r_{22} & r_{32} & ly \\ r_{13} & r_{23} & r_{33} & lz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} f_1 \\ \parallel P_1' \vec{Y}_p \parallel \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{px} \\ Y_{py} \\ Y_{pz} \\ 1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

L'équation (8) permet de déduire les valeurs de r_{21}, r_{22} et r_{23} .

b.3 Calcul de r_{31}, r_{32}, r_{33}

Pour le moment, nous avons déterminé P_1' et Y_p qui sont tels que $C_1 \vec{P}_1' \perp P_1' \vec{Y}_p$. Pour déterminer le nouvel axe des Z , il faut calculer le vecteur $P_1' \vec{Z}_p$ tel que:

$$C_1 \vec{P}_1' \perp P_1' \vec{Z}_p \text{ et } P_1' \vec{Y}_p \perp P_1' \vec{Z}_p \quad (9)$$

Ce vecteur détermine la nouvelle orientation des colonnes de l'image, puisqu'il est parallèle au nouvel axe des Z .

Les points P_1', Y_p et C_1 étant parfaitement définis, Z_p est également défini puisque

$$P_1' \vec{Z}_p = P_1' \vec{Y}_p \wedge C_1 \vec{P}_1' \quad (10)$$

Soient $\begin{pmatrix} Z_{px} \\ Z_{py} \\ Z_{pz} \end{pmatrix}$ les coordonnées de Z_p dans le repère absolu.

Dans le repère local, le point Z_p aura pour coordonnées : $\begin{pmatrix} f_1 \\ 0 \\ \parallel P_1' \vec{Z}_p \parallel \end{pmatrix}$.

Connaissant Z_p dans le repère local et dans le repère absolu, on peut écrire :

$$\begin{pmatrix} r_{11} & r_{21} & r_{31} & lx \\ r_{12} & r_{22} & r_{32} & ly \\ r_{13} & r_{23} & r_{33} & lz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} f_1 \\ 0 \\ \parallel P_1' \vec{Z}_p \parallel \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{px} \\ Z_{py} \\ Z_{pz} \end{pmatrix} \quad (11)$$

A partir de l'équation (11), les valeurs de r_{31}, r_{32} et r_{33} peuvent être déduites immédiatement.

Nous avons donc calculé la matrice de rotation R . Ainsi, si on fixe les coordonnées (py, pz) du point principal, les matrices de calibrage M' et N' sont parfaitement définies. Etudions maintenant les raisons pour lesquelles le point principal peut être fixé arbitrairement.

3.2.2.2. Choix arbitraire de py et pz

Les points P_1' et P_2' sont désormais fixés dans l'espace 3D. Ainsi, les coordonnées image du point principal peuvent être fixées arbitrairement. En effet une modification de py et pz ne fait que déplacer l'image sur le nouveau plan de projection (voir figure 4).

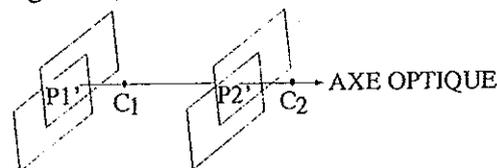


Figure 4.- Le point principal peut être déterminé arbitrairement.

Nous déterminons les coordonnées du point principal à partir de $E_1 \begin{pmatrix} ey_1 \\ ez_1 \end{pmatrix}$, épipole de l'image 1 et de $E_2 \begin{pmatrix} ey_2 \\ ez_2 \end{pmatrix}$, épipole de l'image 2, de la façon suivante:

$$\begin{cases} py = \frac{ey_1 + ey_2}{2} \\ pz = \frac{ez_1 + ez_2}{2} \end{cases} \quad (12)$$

Bien entendu, d'autres stratégies de calcul de (py, pz) peuvent être envisagées.

3.2.3 Résultats de la rectification d'images

Nous avons appliqué cette rectification à un couple d'images (voir figure 5) prises avec la caméra en mouvement sur le rail. Le déplacement de la caméra est ici de 20 cm. Le résultat de la rectification est présenté figure 6.

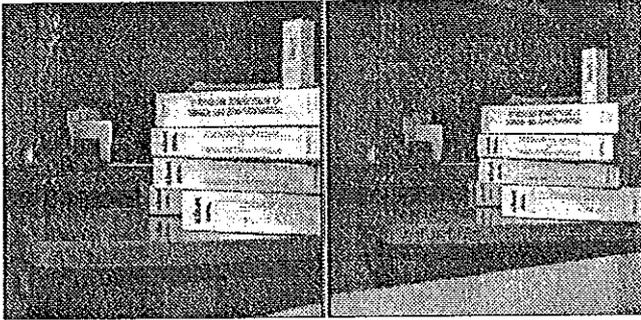


Figure 5.- Couple d'images avant rectification.

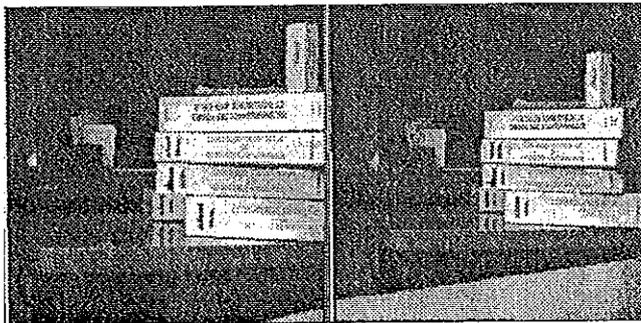


Figure 6.- couple d'images de la figure 5 après rectification. La croix représente le point principal du système axial calculé.

Il y a peu de différences visibles entre les deux couples d'images. Néanmoins, nous pouvons constater un décalage de quelques pixels sur les bords gauches des images rectifiées (voir figure 6). Ce décalage n'est pas le même pour l'image de gauche et l'image de droite. Il correspond à la transformation permettant de passer des images initiales aux images rectifiées.

4 Reconstruction 3D dans un système axial

Une étude théorique des erreurs dans un système de stéréovision axial montre que, si l'on veut reconstruire un objet dans les meilleures conditions possibles, il faut qu'il soit éloigné du point principal. Pour cela, nous avons placé un parallélépipède dans un coin de l'image (voir figure 5). Afin de reconstruire ce parallélépipède nous avons utilisé un algorithme d'appariement décrit dans [7].

Rappelons brièvement le principe de cet algorithme. L'idée principale est d'étudier les profils d'intensité le long de deux droites épipolaires qui se correspondent (voir figure 7). Cette étude doit permettre d'apparier des points caractéristiques (pics, vallées, points de fort gradient) de ces profils.

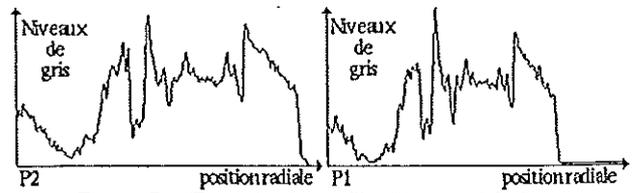


Figure 7.- Exemple de profils d'intensité le long de deux droites épipolaires qui se correspondent.

Le processus d'appariement comporte deux phases:

- un filtrage réalisé grâce à une variante du filtre médian: le "filtre médian seuillé"[7],
- une mise en correspondance à partir des profils "débruités".

Le "filtre médian seuillé" est défini à partir du filtre médian de la façon suivante:

Soit un ensemble fini de variables aléatoires $X = (X_1, X_2, \dots, X_m, \dots, X_{2m+1})$, $m \geq 0$. Nous pouvons associer à X un vecteur $X_{(.)}$, tel que:

$$X_{(.)} = (X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(m)}, \dots, X_{(2m+1)}), \quad (13)$$

où $X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq \dots \leq X_{(m)} \leq \dots \leq X_{(2m+1)}$

Ainsi, la valeur médiane "classique" de X est, rappelons-le, $X_{(m)}$. La valeur médiane "seuillée" $V_{m,s}$ est définie à partir de $X_{(m)}$ comme suit:

$$V_{m,s} = \begin{cases} X_m & \text{Si } |X_m - X_{(m)}| \geq \text{Seuil} \\ X_{(m)} & \text{Sinon} \end{cases} \quad (14)$$

Ce filtre, tout en gardant les pics étroits et significatifs, permet de lisser les profils.

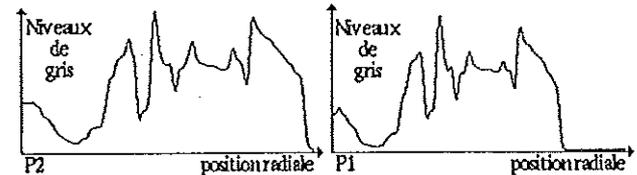


Figure 8.- Les profils de la figure 7 après filtrage.

Sur les profils "débruités" (voir figure 8), nous constatons que de nombreux points communs sont "facilement" détectables. Ainsi, nous pouvons appliquer un algorithme d'appariement relativement simple. Cet algorithme est basé sur la propriété fondamentale suivante:

Les points principaux P_1 et P_2 se correspondent.

Cette propriété est due à la géométrie d'un système axial (voir figure 1).

Ainsi, en commençant par P_1 et P_2 , un parcours des deux profils est réalisé en parallèle, afin de déterminer des points caractéristiques qu'ils peuvent avoir en commun. Ce parcours est effectué par un système à base de règles qui permet d'apparier des pics, des vallées et des points de fort gradient de ces profils. Les règles utilisées prennent en compte les propriétés radiométriques et géométriques des systèmes axiaux.

En se limitant aux points du parallélépipède, la figure 9 présente le résultat de cet algorithme sur quelques droites épipolaires.

Nous remarquons que les points apparés sont de deux types:

- des points de contour (points de fort gradient des profils d'intensité),
- des points de surface (pics et vallées des profils d'intensité).

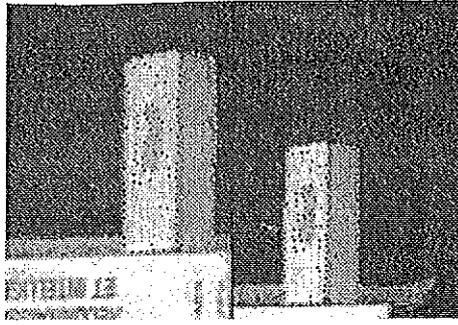


Figure 9.- Résultat de l'algorithme d'appariement sur quelques droites épipolaires.

A partir des ces points mis en correspondance et de notre modèle axial, nous pouvons reconstruire les deux plans visibles du parallélépipède, par un processus d'interpolation de plans.

A l'heure actuelle, la répartition en deux plans des points appariés est réalisée manuellement. Afin d'automatiser cette opération, nous pensons utiliser un algorithme de segmentation en régions. Les résultats de la reconstruction sont donnés figure 10.

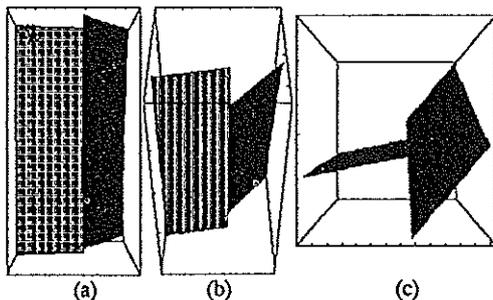


Figure 10.- Résultats de la reconstruction 3D du parallélépipède: (a) de face, (b) de face et de dessus, et (c) de dessus.

Sur la figure 10, nous remarquons que, plus on s'éloigne du point de vue initial (a), plus l'erreur sur la reconstruction 3D est visible. L'angle compris entre les deux plans reconstruits est d'environ 50° . Signalons que le plan qui correspond à la face texturée est beaucoup mieux reconstruit que le plan sur lequel il y avait très peu de points mis en correspondance.

5 Conclusions et perspectives

Une caméra munie d'un zoom ou se déplaçant sur son axe n'est pas, en général, un système véritablement axial: elle doit se modéliser comme un système de stéréovision classique. Néanmoins, un vrai système axial peut être obtenu par rectification géométrique à partir d'un système "pseudo-axial".

Nous présentons une méthode permettant d'obtenir un vrai système de stéréovision axiale par calibrage puis rectification.

L'idée clef de la rectification proposée est de former un système axial ayant pour axe optique la droite passant par les centres optiques de deux systèmes optiques calibrés indépendamment (deux focales d'un zoom, une caméra en deux positions sur un rail, ...).

Cette rectification permet de simplifier le calcul des droites épipolaires lors de la phase d'appariement.

En utilisant un algorithme original d'appariement, nous reconstruisons un parallélépipède. La reconstruction 3D montre que, plus on s'éloigne du point de vue initial, plus l'erreur est visible.

Perspectives

Pour obtenir une meilleure précision, nous pensons utiliser un matériel plus adapté, c'est à dire un ensemble caméra-numériseur haute résolution. Ainsi, le nombre de pixels par image augmentant, l'erreur doit diminuer.

Notre algorithme d'appariement permet de mettre en correspondance deux types de points: des points de contour et des points de surface. Nous pensons l'appliquer à la reconstruction d'objets non polyédriques. Dans ce cas, le problème de l'interpolation de surfaces non planes se posera.

Bibliographie

[1] N.Alvertos, D.Brzakovic and R.C.Gonzalez. "Camera geometries for image matching in 3d machine vision", IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol 11, no 9, pages 897-914, 1989.

[2] P.Angénioux. "Objectif à longueur focale variable". Brevet d'invention no 1.120.271, G 02b, Juillet 1956.

[3] C.Carmona, A.Ayache and C.Krey. "A study of an axial stereovision system", In proceedings, International Conference on Automation, Robotics and Computer Vision (ICARCV'90), pages 1101-1106, Singapore, 1990.

[4] J.M.Lavest, G.Rives et M.Dhome. "Utilisation d'un objectif à focale variable en vision monoculaire en vue de la reconstruction 3D", Traitement du signal, vol 9, no 6, pages 491-506, 1992.

[5] J.Ma, S.I.Olsen. "Depth from zooming", In Journal of the Optical Society of America, vol 7, no 10, pages 1883-1890, October 1990.

[6] T.C.Nguyen and T.S.Huang. "Quantization Errors in Axial Motion Stereo on rectangular-tessellated image sensors". In proceedings, 11th International Conference on Pattern Recognition, vol 1, pages 13-16, The Hage, 1992.

[7] V.Rodin and A.Ayache. "A Medical Robotics Application of Monocular Stereovision. Filtering and Matching Techniques", In proceedings, International Conference on Automation, Robotics and Computer Vision (ICARCV'92), vol 1, pages cv-8.7.1 - cv-8.7.5, Singapore, 1992.

[8] A.G.Wiley and K.W.Wong. "Metric aspects of zoom vision", SPIE, vol 1395, pages 112-118, Zurich, Switzerland, September 1990.