

# Mesure de profondeurs sur des surfaces texturées par exploitation du flou optique

Majdi KHOUDEIR, Jacques BROCHARD, Michel LEARD

IRCOM-SIC, UMR 6615  
Bâtiment SP2MI, Bvd 3 - Téléport 2, BP 179  
86960 Futuroscope Cedex  
Tél : (33) 05 49 49 65 67 Fax : (33) 05 49 49 65 70  
Email : khoudeir@sic.univ-poitiers.fr

## RESUME

Les différentes méthodes de stéréovision monoculaire existantes reposent sur l'exploitation des caractéristiques des contours d'objets contenus dans deux images d'une même scène 3D. Ces méthodes sont difficilement exploitables en présence d'objets texturés. Nous proposons une méthode permettant la mesure, par exploitation du flou optique, de la profondeur d'une surface texturée dans une scène 3D. Après une phase de calibration du système optique, nous établissons une relation liant le flou à la profondeur de la texture. Cette mesure de la profondeur débute par l'acquisition d'une image nette et d'une image floue de la surface texturée. Nous mesurons ensuite le flou global observé, au travers du calcul des coefficients de corrélations. Enfin, par exploitation de la relation flou-éloignement nous déterminons la profondeur de la texture.

## 1 Introduction

En stéréovision monoculaire passive, plusieurs approches [Pen-87], [Sub-88], [Sim-91], [Ben-95], exploitent la mesure du flou optique sur les contours d'objets, pour déterminer les profondeurs dans une scène. Pour des objets présentant des surfaces texturées, sans contours facilement identifiables, ces méthodes ne sont pas applicables. Notre objectif est de proposer une méthode simple pour la détermination de la carte des profondeurs d'une scène réelle, par exploitation du flou optique sur la texture des surfaces.

## 2 Perception de la profondeur de texture par exploitation du flou optique

### 2.1 Modélisation d'une image floue

L'évaluation du flou sur les discontinuités de luminance se déduit de la modélisation du processus de formation des images, processus caractérisé par la

## ABSTRACT

In passive monocular stereovision, several approaches use different parameters of the object's contour included in the two images of 3D scene, to determine their depths.. These approaches cannot be applied in the case of objects presenting surfaces highly textured. We propose a method which allows us to determine the distance object-camera, of a highly textured surfaces by using the optical blur observed on this texture. In order to estimate this distance, we begin with the acquisition of a sharp image and a blurred image of the textured surface. Then we determine by using the correlation coefficients, the global measurement of the optical blur. The last stage enable us to calculate the distance of the analysed texture using the relation between the blur and the distance, obtained in the calibration phase.

réponse impulsionnelle de la caméra. Cette réponse est habituellement modélisée par une gaussienne  $h(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2})$ . Le diamètre de la tache floue image, lié à la profondeur d'un point objet dans la scène, est proportionnel à l'écart type de cette gaussienne.

A chaque plan objet de profondeur  $z_i$ , correspond une réponse impulsionnelle  $h_i(x, y)$  caractérisée par son écart type  $\sigma_i$ . L'image floue  $If_i(x, y)$  obtenue pour le plan de profondeur  $z_i$  s'exprime par une convolution 2D  $If_i(x, y) = In_i(x, y) * h_i(x, y)$ , l'image  $In_i(x, y)$  étant la projection, en l'absence du système optique, du plan objet  $z_i$  sur le capteur. L'image floue globale de la scène résulte de la superposition des images  $If_i(x, y)$  des différents plans de profondeurs.

Le flou sur les segments de contour d'objet, est alors évalué par analyse du gradient de luminance sur les images acquises. Dans le cas de surfaces texturées, l'image des gradients de luminance est difficilement exploitable pour la mesure du flou. Cela nous a amené à établir une mesure de flou global, non pas sur une seule discontinuité mais sur l'ensemble des discontinuités de luminance représentant la texture.

### 2.2 Principe de la méthode

Le flou engendré par le système optique de prise de vue peut être modélisé par la réponse impulsionnelle de celui-ci, réponse qui est de type gaussien. L'application d'un filtre, dont la réponse impulsionnelle est de type gaussien, sur une image nette doit donc produire un effet identique en terme de flou, l'écart type de ce filtre étant représentatif du flou.

La méthode repose sur la comparaison d'une image floue avec une image nette, prise à la même distance et filtrée, afin d'identifier l'écart type du filtre gaussien permettant d'obtenir un effet de flou identique (figure 1). Cette comparaison s'effectue au travers du calcul des coefficients de corrélation pour les deux images, sur une fenêtre représentative de la texture et dont la taille tient aussi compte de la valeur du flou. L'utilisation des coefficients de corrélation suppose, bien entendu, que la texture étudiée est de nature stationnaire.

La détermination de l'écart type du filtre est effectuée à l'aide la méthode du modèle, par minimisation du critère quadratique  $J=(r_{ij\text{floue}} - r_{ij\text{filtré}})^2$  en tenant compte des corrélations  $r_{00}$ ,  $r_{01}$  et  $r_{02}$ . L'écart type, ainsi déterminé du filtre, représente alors le flou de la texture. La figure 1 illustre cette démarche.

La figure 3 présente la variation du coefficient de corrélation  $r_{00}$ , obtenu pour la texture aléatoire de la figure 2, en fonction de l'écart type  $\sigma$  du filtre gaussien appliqué.

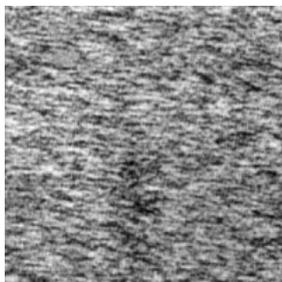


Figure 2 : Texture aléatoire

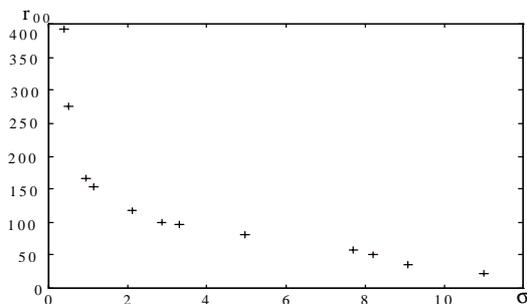


Figure 3 : Evolution du coefficient de corrélation  $r_{00}$  en fonction du flou

### 2.3 Validation de la méthode

Cette approche a été testée dans un premier temps, sur des images de textures (256x256) de la banque d'images du Gdr ISIS sur lesquelles nous avons appliqué différents flous  $\sigma$  par filtrage gaussien. La figure 4 et le tableau 1 présentent les résultats obtenus dans le cas de l'image sable.

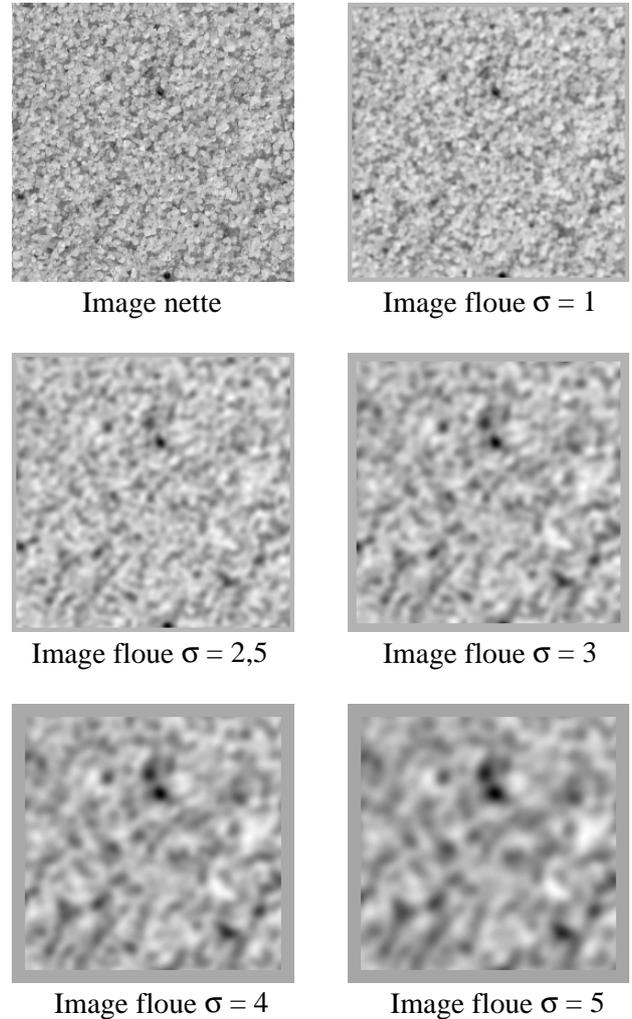


Figure 4 : Image nette et images rendues floues par application d'un filtre gaussien.

Images floues	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5
Paramètre théorique $\sigma$ du filtre	1	2.5	3	4	5
Paramètre $\sigma$ identifié du filtre	1	2.6	3.01	4.05	5.1

Tableau 1: Résultats de l'identification du paramètre  $\sigma$  du filtre gaussien

Les résultats montrent que cette méthode permet une identification relativement précise de l'écart type du filtre utilisé.

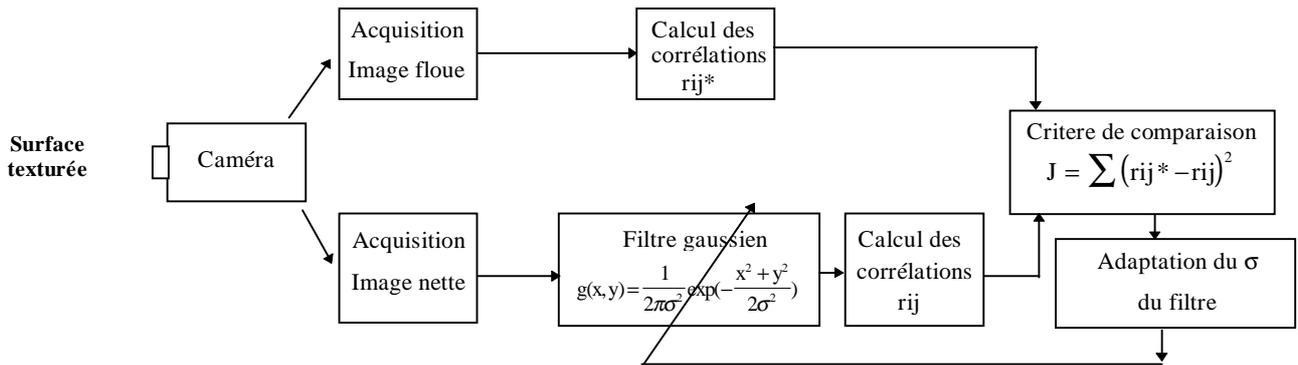


Figure 1 : Synoptique de l'identification du filtre

### 2.4 Mesure de la profondeur

Dans une première étape, nous nous sommes attachés à l'étude de textures mono-profondeur. Pour évaluer la profondeur d'une texture, la méthode procède en trois étapes :

Après une phase de calibration, la première étape consiste à effectuer l'acquisition d'une image nette et d'une image floue dans les mêmes conditions optiques que la phase de calibration. La seconde étape permet de déterminer les paramètres du filtre appliqué à l'image nette. Elle repose sur le calcul des coefficients de corrélation de l'image floue d'une part et ceux de l'image nette filtrée d'autre part, jusqu'à minimisation du critère de comparaison J. La troisième étape permet, par exploitation de la relation flou-éloignement issue de la phase de calibration, d'évaluer la distance de la texture étudiée.

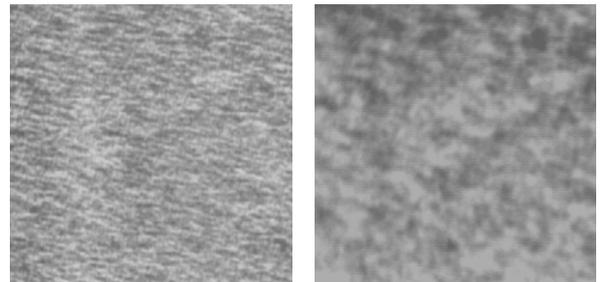


Figure 5a : Images 1

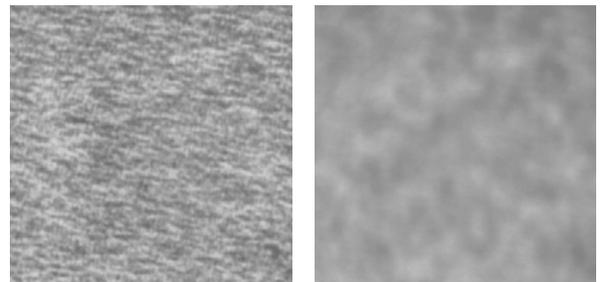


Figure 5b : Images 2

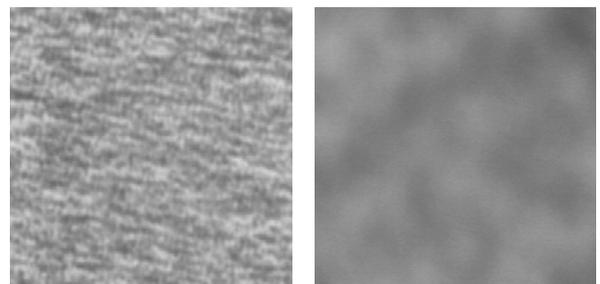


Figure 5c : Images 3

### 2.5 Phase de calibration

La phase de calibration consiste en l'acquisition d'une série de couples image nette/image floue d'une surface texturée mono-profondeur placée à différentes distances connues et la détermination des couples profondeurs-σ correspondants. De ces couples de valeurs, nous déduisons par régression linéaire la relation flou-éloignement  $\sigma = m.d^{-1} + c$ , où d représente la distance texture-caméra, m et c représentent les caractéristiques globales de la caméra.

### 2.6 Evaluation de la profondeur : résultats

Le tableau 2 présente les résultats obtenus pour une texture de type aléatoire placée successivement à différentes distances de la caméra. Le plan net étant choisi à 2 mètres, les figures 5a, 5b, 5c représentent les couples d'images obtenus pour les distances texture-caméra de 130 cm, 116 cm et 75 cm.

Images nette/floue	Images 1	Images 2	Images 3
Distance réelle (cm)	130	116	75
Distance évaluée (cm)	142.5	126	82
Erreur relative (en %)	9.62	8.62	9.3

Tableau 2 : Résultats de la mesure de la distance

### 3 Conclusion

Les premiers résultats obtenus pour des textures aléatoires, permettent une mesure de la distance texture-caméra avec une précision inférieure à 10 %. Divers facteurs sont susceptibles d'améliorer cette précision, les travaux en cours visent, entre autre, à déterminer une taille de fenêtre optimale pour le calcul des coefficients de corrélation. Cette méthode est en cours d'extension à des textures non aléatoires et à des scènes incluant plusieurs textures de profondeurs différentes.

### 4 Références :

- [Pent-87] A.P. Pentland, "A new sense for depth of field", IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, pp. 523-531, 1987.
- [Sub-88] M. Subbarao, 'Direct recovery of depth map : Differential methods', Proceedings of the IEEE computer society workshop on computer vision, Miami Beach, FL, USA, 1988, pp 58-65.
- [Sim-91] T. Simon, 'Appréciation de la profondeur depuis des images nettes et floues en vision 3D passive' Thèse de l'université de Nancy I, Nancy, 1991.
- [Ben-95] A. Benzougar, T. Simon, M. Khoudeir, J. Bernard, 'Stéréovision monoculaire passive depuis deux images floues', Quinzième colloque GRETSI, Juan-les-Pins, Septembre 1995.