

Comparaison entre Block Matching et Spherical Block Matching pour l'estimation du mouvement dans des images omnidirectionnelles

Djamal ALOUACHE¹ Kahina SLIMANI¹
Zohra AMEUR¹ Soltane AMEUR¹

¹Laboratoire d'Analyse et de Modélisation des Phénomènes
Aléatoire (LAMPA)
Département d'électronique, université M. Mammeri
Tizi-Ouzou, Algérie
Djamal.alouache@yahoo.fr

Djemaa KACHI²

²Laboratoire de Modélisation Informatique & Système MIS
Université Picardie Jules Verne
France
djemaa.kachi@u-picardie.fr

Résumé—L'estimation et le suivi de mouvements des objets dans les images omnidirectionnelles sont des problèmes complexes et encore ouverts [14] [15]. Ils intéressent de nombreux domaines, comme la robotique, la vidéo surveillance, mais aussi le traitement vidéo omnidirectionnelle. Le travail présenté dans cet article concerne l'estimation du mouvement local présent dans les séquences vidéo omnidirectionnelles. Dans ce travail, nous présentons une comparaison entre deux méthodes d'estimation du mouvement local dans les séquences omnidirectionnelles. La méthode du block Matching (BM) appliquée directement aux images omnidirectionnelles et l'algorithme du Spherical Block Matching (SBM) qui prend en considération le mouvement local des objets et le calcul de champ de mouvement entre deux images sphériques.

Abstract—Estimation and tracking movement of objects in the omnidirectional image are complex issues and still open [14] [15]. They concern many fields, such as robotics, video surveillance, but also the omnidirectional video processing. The work presented in this article concerns the estimation of the local motion present in omnidirectional video. In this work, we present a comparison between two methods of estimating the local movement in omnidirectional sequence. The method of block matching (BM) applied directly to the omnidirectional image and the *Block Matching Sphérique (BMS)* which takes into consideration the local movement of objects and calculation of the motion field between two spherical image.

Mots-clés—*Block Matching Sphérique BMS ; estimation de mouvement ; images omnidirectionnelles.*

I. INTRODUCTION

Les méthodes de mise en correspondance de blocs (Block Matching BM) sont parmi les méthodes d'estimation du mouvement les plus utilisées dans la pratique [1] [2]. On les

retrouve presque dans tous les standards de compression vidéo (H.261, MPEG-1, MPEG-2 -4...). L'idée d'augmenter le champ de vision et l'apparition de nouveaux espaces de projection telles que les images omnidirectionnelles, c'est-à-dire un champ de vision à 360°. Certains auteurs visent à adapter les méthodes de mise en correspondance des blocs (Block Matching) en cherchant des voisinages adéquats.

Une approche du Spherical Block Matching (SBM) pour calculer l'évaluation de mouvement dans les images sphériques a été utilisée pour la première fois dans le travail de Tosic et al [3], dans un arrangement multi résolution afin de calculer la prédiction d'une image sphérique. Les deux images sphériques sont des images de la même scène capturées de deux points de vue (arbitraire) différent.

Iva Bogdanova et al [4], ont utilisé une approche du Spherical Block Matching pour calculer l'estimation de mouvement dans des images sphériques. Pour estimer le mouvement, l'algorithme utilisé appaie simplement les angles solides de deux images sphériques. Il vise à calculer le champ de mouvement entre deux images sphériques. D'autres travaux de recherche s'orientent aussi sur le Spherical Block Matching pour créer des nouvelles méthodes de compression d'images omnidirectionnelles [5] [6]. Par exemple dans l'article [5] Les auteurs ont utilisé le Spherical Block Matching dans une boucle de compensation du mouvement dans le décodeur Slepian-Wolf. La corrélation entre les images est alors estimée par l'estimation du mouvement entre les deux images sphériques.

L'objectif de ce papier est de faire une étude comparative entre l'algorithme de Block Matching et Spherical Block Matching, pour l'estimation du mouvement local dans les images omnidirectionnelles.

II. VISION OMNIDIRECTIONNELLE

La vision catadioptrique consiste à associer un miroir convexe avec une caméra dont l'axe optique est confondu avec l'axe de révolution du miroir (fig.1). l'avantage principal de ces capteurs réside dans l'acquisition d'une image omnidirectionnelle en une seule prise

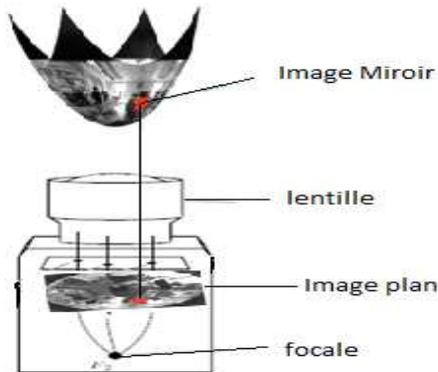


Fig. 1. Acquisition d'image catadioptrique

De nombreux auteurs ont étudié dans leurs travaux l'équivalence entre une projection catadioptrique et une projection stéréographique [7] [8]. Ils ont prouvé qu'une projection catadioptrique centrale est équivalente à un mapping en deux étapes via une sphère. La figure 2 (Fig.2) montre l'équivalence entre n'importe quelle projection catadioptrique et un mapping sur une sphère unité.

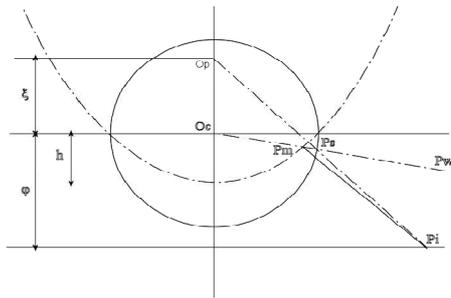


Fig. 2. Equivalence entre un modèle de projection

C'est dans cette même optique que nous proposons d'utiliser la sphère d'équivalence afin de déterminer la mise en correspondance des angles solides entre deux images sphériques.

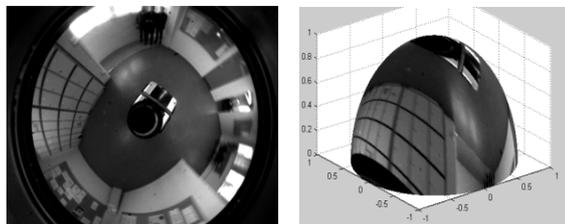


Image omnidirectionnelle Image sphérique
 Fig. 3. Image omnidirectionnelle et son équivalence sphérique

III. TRAITEMENT SUR LA SPHERE

L'image omnidirectionnelle présente une résolution non-homogène. Un bloc rectangulaire, représentant le voisinage d'un point est utilisé dans les images perspectives, n'est pas approprié pour les caméras catadioptriques. La méthode du block-Matching ne peut pas être appliquée directement sur des images omnidirectionnelles car elle induit forcément des erreurs (Fig.4).

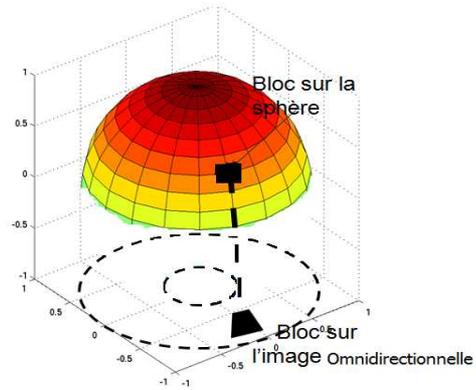


Fig. 4. Voisinage sur la sphère d'équivalence

III. SPHERICAL BLOCK MATCHING SBM

Cette technique consiste à calculer l'estimation du mouvement dans les images catadioptriques centrales en utilisant la méthode Block-Matching également nommée « Spherical Block-Matching » [4]. Cette méthode a été utilisée pour la première fois dans le travail de Tosic et al [3], dans un arrangement multi-résolution afin de calculer la prédiction d'une image sphérique. Les deux images sphériques F0 et G0 sont des images de la même scène capturées de deux points de vue (arbitraire) différents.

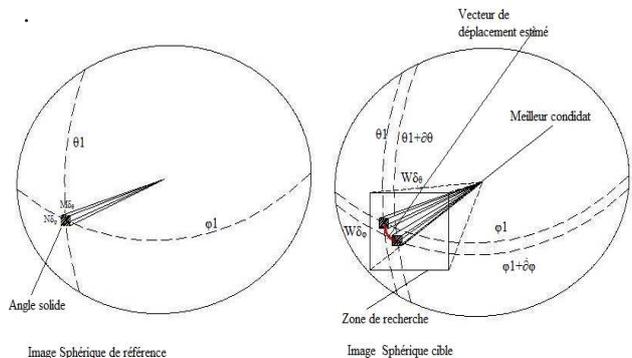


Fig. 5. Spherical Block Matching

La méthode consiste à diviser la première image sphérique F0 en Angles solides non chevauchés de tailles identiques $M \delta_\theta * N \delta_\phi$ qui sont vus comme des angles solides indépendants où les pixels composant chaque angle solide ont le même pas de mouvement.

La deuxième étape consiste à trouver le meilleur angle solide cible dans la deuxième image sphérique G0 par rapport

à un angle solide de référence choisi dans la première image sphérique. Le meilleur angle solide est choisi par un algorithme minimisant un critère de comparaison.

Pour réduire le coût des calculs, on définit une fenêtre de recherche $W\delta_\theta * W\delta_\phi$ qui va limiter le nombre d'angles solides candidats testés dans la deuxième image sphérique. La taille de la fenêtre de recherche dépend du déplacement maximal autorisé pour chaque pixel.

On recommence le procédé avec un autre angle solide jusqu'à ce qu'il n'y ait aucun angle solide à tester, ou bien, jusqu'à atteindre un critère d'arrêt prédéfini. Une fois la procédure terminée, on obtient pour chaque angle solide de la première image sphérique un vecteur de déplacement en θ et ϕ qui caractérise son mouvement.

Les images omnidirectionnelles sont tracées d'une part, selon les coordonnées sphériques $[\theta, \phi]$ et d'autre part, selon l'équation prélevée sur une grille équiangle définie comme suit :

$$\zeta_j = \left\{ (\theta_{jp}, \phi_{jp}) \in S^2 : \theta_{jp} = \frac{(2p+1)\pi}{4B_j}, \phi_{jp} = \frac{q\pi}{B_j} \right\} \quad (1)$$

Avec $p, q \in \{n \in \mathbb{N} : n < 2B_j\}$ et $B = \{B_j \in 2N, j \in Z\}$ avec l'image sphérique $f \in L^2(S^2)$

Les étapes de la méthode SBM sont récapitulées par l'algorithme suivant :

IV. ALGORITHME DU SPHERICAL BLOCK MATCHING

L'évaluation locale du mouvement avec Spherical Block Matching suit les étapes suivantes :

```

l = L - 1, M_i = [0,0], \forall i, \delta_\theta = \frac{\pi}{2B}, \delta_\phi = \frac{2\pi}{2B},
B \equiv full resolution
divide g into I uniform blocks of size M\delta_\theta \times N\delta_\phi;
i = 0;
repeat
(p_i, q_i) \leftarrow position of g_i;
\Omega \leftarrow \{(p, q)\} such that
p \in \left[ p_i + M_i(1) - \frac{W\delta_\theta}{2} + 1, p_i + M_i(1) + \frac{W\delta_\theta}{2} \right] and
q \in \left[ q_i + M_i(2) - \frac{W\delta_\phi}{2} + 1, q_i + M_i(2) + \frac{W\delta_\phi}{2} \right]
f_i = \arg \min_{\Omega} MSE(g_i, f_i);
(w_i, t_i) \leftarrow position of f_i;
M_i \leftarrow [p_i + w_i, q_i + t_i];
i \leftarrow i + 1;
until i > I
l \leftarrow l - 1
until l < 0
    
```

1) Projection des deux images omnidirectionnelles sur la sphère d'équivalence.

Notons que Π^{-1} est la projection stéréographique inverse d'un point $P(x, y)$ dans R^2 (pixel de l'image omnidirectionnelle $I(x, y)$) associée à son point équivalent $P_s(\theta, \phi)$ en coordonnées sphériques sur la sphère unité S^2 .

$$P(x, y) \xrightarrow{\Pi^{-1}} P_s(\theta, \phi)$$

$$R^2 \rightarrow S^2$$

$$I(x, y) = I_s(\theta, \phi)$$

Dans notre méthode, le voisinage du point $P_s(\theta_i, \phi_i)$ noté $B_i(\theta, \phi)$ est défini sur la sphère comme suit:

$$B_i = \left\{ p(\theta, \phi) / |\theta - \theta_i| < M\delta_\theta, |\phi - \phi_i| < N\delta_\phi \right\} \quad (2)$$

$$avec \delta_\theta = \frac{\pi}{2B} \text{ et } \delta_\phi = \frac{2\pi}{2B}$$

$B*B$ (taille de l'image)

Les blocs de l'image $S(\theta, \phi, t + \Delta t)$ sont alors appariés avec les blocs similaires dans l'image de référence $S(\theta, \phi, t)$ dans une fenêtre de recherche.

2) La zone de recherche du point $P(\theta_i, \phi_i)$ notée $W(\theta, \phi)$ est définie sur la sphère comme suit:

$$W_i = \left\{ p(\theta, \phi) / |\theta - \theta_i| < W\delta_\theta, |\phi - \phi_i| < W\delta_\phi \right\} \quad (3)$$

Dans les équations précédentes, les constantes $(W\delta_\theta, W\delta_\phi)$ et $(W\delta_\theta, W\delta_\phi)$ définissent respectivement la taille de bloc B_i et la zone de recherche W_i sur la sphère équivalents.

3) Le bloc retenu est celui qui minimise l'erreur MSE (θ, ϕ) et permet ainsi de calculer le mouvement local correspondant

$$MSE(\theta, \phi) = \sum_{x=-L/2}^{L/2} \sum_{y=-L/2}^{L/2} (S(\theta, \phi, t) - S(p + \theta + d\theta, q + \phi + d\phi, t + \Delta t))^2 \quad (4)$$

$$(\hat{d}\theta, \hat{d}\phi) = \arg \min_{d\theta, d\phi} (MSE(p, q))$$

V. EVALUATION

Afin d'évaluer les performances des deux algorithmes; nous avons fait une étude comparative entre les deux méthodes la méthode du Block Matching BM appliquée directement aux images omnidirectionnelles et la l'algorithme du spherical Block Matching avec les mêmes paramètres (Fig.6).

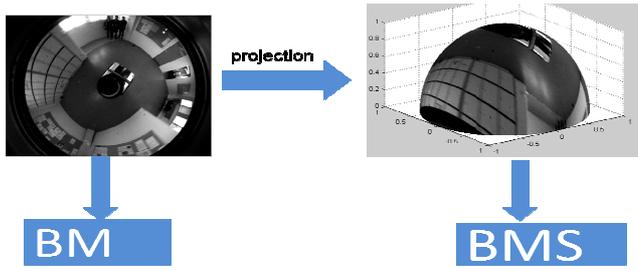


Fig. 6. Etude comparative entre Block Matching et Spherical Block Matching.

De plus, deux critères de performance ont été utilisés pour évaluer nos résultats, à savoir, le PSNR et l'erreur entre l'image prédite et l'image courante.

A. Le PSNR

Le PSNR s'exprime dans le cas des images en niveaux de gris par :

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(255)^2}{\frac{1}{N * N} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} [P(i, j) - \tilde{P}(i, j)]^2}$$

Où: $N * N$ est la taille de l'image, $P(i, j)$ désigne un pixel de l'image de référence, $\tilde{P}(i, j)$ désigne un pixel de l'image courante.

B. Image Erreur

$$IE = (image\ prédite - Image\ courante) = (p(i, j) - \tilde{p}(i, j))$$

VI. APPLICATION

Afin d'évaluer les performances des algorithmes d'écrits dans ce travail, nous testerons nos techniques sur deux gammes d'images : des images de synthèse et des images omnidirectionnelles, en utilisant pour chaque méthode les mêmes paramètres à savoir la taille du bloc et la zone de recherche. Le choix de la dimension du bloc $M * N$ et de la fenêtre de recherche W s'est fait en testant arbitrairement des tailles différentes : $4 * 4$, $8 * 8$, $16 * 16$, $32 * 32$ et $64 * 64$. Un critère visuel nous a permis de retenir les tailles du bloc et de la fenêtre suivantes : $M * N = 16 * 16$, $W = 33 * 33$, pour la séquence de synthèse et $M * N = 8 * 8$, $W = 17$ pour la séquence omnidirectionnelle.

1) Application sur une séquence de synthèse

Pour tester les algorithmes du Block Matching, nous avons utilisé une séquence de synthèse (Fig.7) et ce n'est qu'après la validation du fonctionnement du système sur les images de

synthèse que l'on pourra passer à la phase de mise en œuvre réelle et l'utilisation d'une vraie caméra. Pour l'application des images de synthèses, nous avons utilisé un simulateur, développé au sein du laboratoire MIS (Modélisation Information et Systèmes) de l'université Picardie Jules Verne, qui donne la possibilité de créer des prises de vue d'un environnement 3D. Nous avons utilisé dans la séquence de synthèse des rectangles qui représentent des portes dans le cas des images omnidirectionnelles réelles, et afin d'appliquer les méthodes de Block Matching, nous avons fait bouger les rectangles à gauche dans la deuxième image (Fig.7).

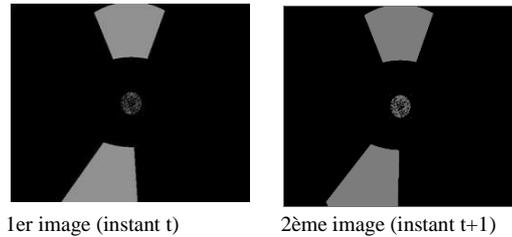


Fig. 7. séquence de synthèse

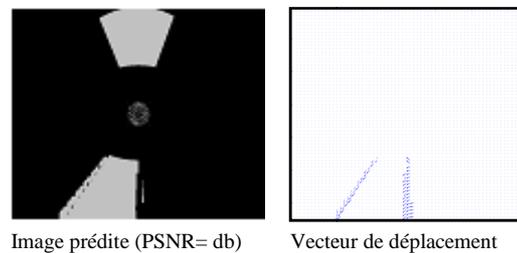


Fig. 8. Résultats obtenus avec Block Matching $B=16$; $W=33$.

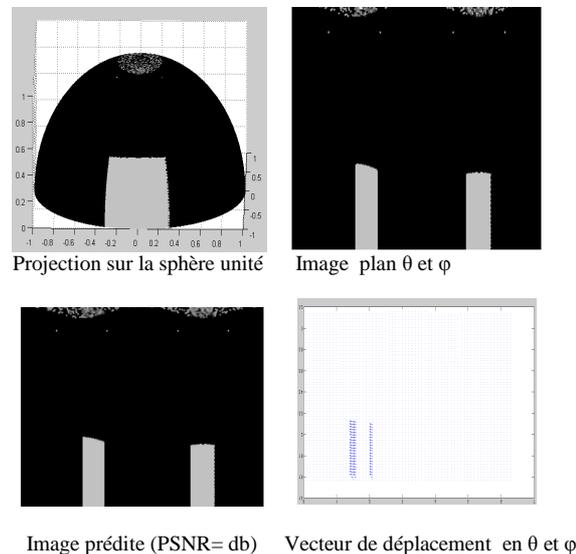


Fig. 9. Résultats obtenus avec Spherical Block Matching,

Sommairement, nous pourrions dire qu'avec la méthode du Sphérique Block Matching, la direction des vecteurs suit correctement le sens du mouvement (figure 9). Les différents résultats obtenus pour les images de synthèse sont qualitativement très appréciables. En comparant les résultats

obtenus sur les images de synthèse avec les résultats obtenus avec la méthode du Block Matching appliquée directement aux images, nous confirmons les performances de la méthode du Sphérique Block Matching. En effet, les différentes régions de l'image prédite ont été bien reconstruites à savoir les contours ce qui donne une bonne estimation du mouvement de chaque angle solide.

2) Application aux images omnidirectionnelles

La séquence est obtenue à l'aide d'une caméra et d'un miroir parabolique embarquée sur un robot

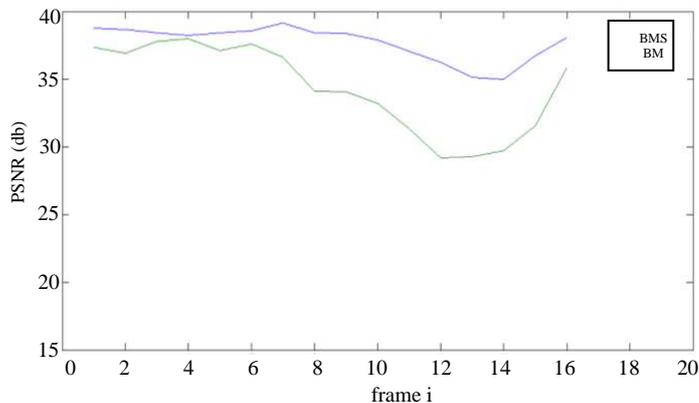


Fig. 10. Les résultats obtenus Courbe des PSNRs (BM/BMS)

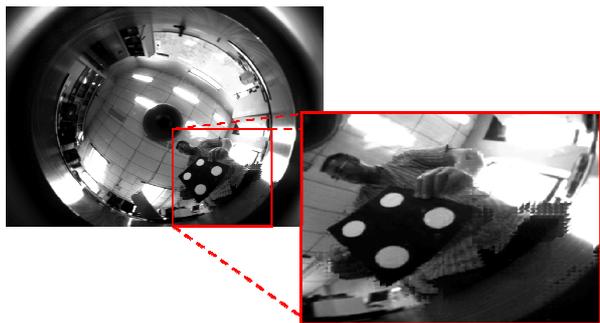
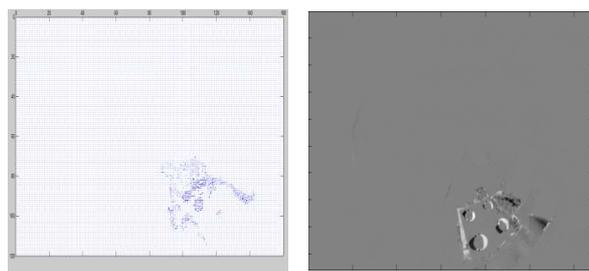


Fig. 11. Image prédite PSNR=31,92 db



Vecteur de déplacement en x et y

Image Erreur

Fig. 12. Résultats obtenus avec Block Matching B=8 et W=17

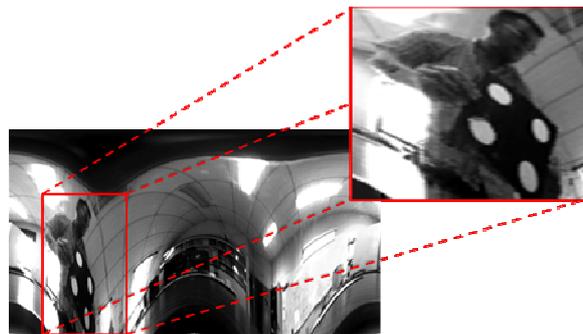
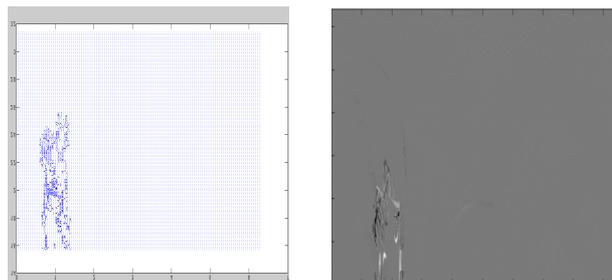


Fig. 13. Image prédite PSNR=35,151 db



Vecteur de déplacement en θ et ϕ

Image Erreur

Fig. 14. Résultats obtenus avec Spherical Block Matching

Les différents résultats obtenus avec la méthode du Block Matching montrent bien l'insuffisance de cette démarche dans les images omnidirectionnelles (voir figure 10). En effet, le résultat d'estimation obtenu par exemple dans la figure 12 montre bien cette insuffisance de prédiction des différents contours existants dans cette image. Nous remarquons d'après le résultat donné qu'il y'a un effet de bloc dans les images prédites.

L'image prédite représentée dans la figure 11 est restituée à partir des vecteurs de déplacement en θ et ϕ sans artefacts visible presque confondue avec l'image originale. En contre partie, celle de la figure 13 est restituée à partir du vecteur de déplacement en x et y avec de artefacts au niveau des régions contenant des contours, et un effet de pixellisation et du bloc où l'image apparaît altérée. L'estimation du mouvement avec Spherical Block Matching a été quasiment parfaite pour les images omnidirectionnelles.

VII. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons fait une étude comparative entre Block Matching et spherical Block Matching appliquée aux images omnidirectionnelles. Les résultats expérimentaux ont montré l'efficacité de l'analyse sphérique pour l'estimation du mouvement dans images omnidirectionnelles. En effet, dans nos différentes expériences, cette méthode nous a permis de reconstruire les différentes régions et d'atteindre des PSNRs de qualité dépassant les résultats obtenus avec Block Matching figure (Fig13).

D'après les différents résultats obtenus, nous pourrions dire que le traitement sur la sphère donne des résultats plus performants que précédemment. De plus, nous remarquons une très bonne estimation au niveau des contours comme le montre bien l'image prédite de la figure (Fig13)

En général, nous pouvons conclure que la technique Spherical Block Matching permet d'atteindre des résultats très intéressants. Son application à des images catadioptriques a permis d'estimer le mouvement de chaque bloc tout en conservant une meilleure qualité visuelle ainsi qu'une bonne qualité de mesure.

Pour rendre la méthode Spherical Block Matching plus robuste, il est souhaitable d'intégrer d'autres stratégies de recherche du Block Matching [12] [13]. Néanmoins des améliorations peuvent être apportées afin d'augmenter le taux de calcul et une bonne estimation du mouvement en appliquant par exemple la méthode dans un arrangement en multi résolution qui consiste à effectuer autant d'estimation du mouvement que de niveaux de décompositions [14]. L'estimation du mouvement définitive s'obtiendra dans l'image de résolution la plus fine.

REFERENCES

- [1] Aroh Barjatya, "Block Matching Algorithms For Motion Estimation" IEEE Transactions on Digital Image Proc DIP 6620 Spring 2004.
- [2] Borko Furht, Joshua Greenberg, Raymond Westwater, Motion estimation Algorithms for Video Compression. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1997. Ch. 2 & 3.
- [3] I. Tomic, and I. Bogdanova, and P. Frossard, and P. Vandergheynst, Multiresolution Motion Estimation for Omnidirectional Images, Proc. EUSIPCO, 2005.
- [4] Iva Bogdanova, Alexandre Bur, Heinz Hugli and Pierre-André Farine, Dynamic Visual Attention on the Sphere Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL),
- [5] Ivana Tomic and Pascal Frossard, low bit-rate copression of omnidirectional image. Signal Processing Laboratory (LTS4) Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL).
- [6] Vijayaraghavan Thirumalai, Ivana Tomic and Pascal Frossard, distributed coding of multiresolution omnidirectional image. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL),
- [7] C. Geyer and K. Daniilidis, "Paracatadioptric camera calibration," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, no. 5, May 2002.
- [8] C. Geyer and K. Daniilidis, "Catadioptric projective geometry," International Journal of Computer Vision, vol. 45, no. 3, pp. 223 – 243, December 2001.
- [9] T.KOGA, K. IINUMA, A. HIRANO, Y. IJIMA, T. ISHIGURO Motion-compensated interframe coding for video conferencing Proceedings NTC'81 (IEEE), p G.5.3.1 - G.5.3.4
- [10] L.-K. Liu et E. Feig, 'A block-based gradient descent search algorithm for block motion estimation in video coding', IEEE Trans. on Circuits and Sys. For Video Technol., Vol. 6, No 4, pp. 419-422, 1996.
- [11] Chung, K. L. and Chang, L. C., "A new predictive search area approach for fast block motion estimation," IEEE Trans on Image Processing, Vol. 12, No. 6, pp. 648-652 (2003).
- [12] Jae Hun Lee, and al, "Variable block size motion estimation algorithm and its hardware architecture for H.264 /AVC", IEEE Inter.Symp. On Circuits and Sys. May 2004.
- [13] Kim, M. J., Lee, Y. G., and Ra, J. B., "A fast multi-resolution block matching algorithm for multiple-frame motion estimation," IEICE Trans on Information and Systems, Vol. E88-D, No. 12, pp. 2819-2827 (2005).
- [14] Cédric Demonceaux Pascal Vasseur "Champs de Markov pour le traitement d'images catadioptriques " traitement du signal 2005_vol22_nu 5 Vision omnidirectionnelle pp443-451.
- [15] El Mustapha Mouaddib "Introduction à la vision panoramique catadioptrique " traitement du signal 2005_vol22_nu 5 Vision omnidirectionnelle pp 409-417