TREIZIÈME COLLOQUE GRETSI - JUAN-LES-PINS DU 16 AU 20 SEPTEMBRE 1991

ANALYSE DE MOUVEMENTS PAR LA DECOMPOSITION EN ONDELETTES DE SEQUENCES D'IMAGE.

V. DEVLAMINCK, P. NIKYEMA, J.P. DUBUS .

LABORATOIRE DE MESURES AUTOMATIQUES
Université des Sciences et Techniques de Lille Flandres Artois
U.F.R I.E.E.A Bat P3 3ème étage 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex France

SUMMARY

After a recall of the definition and the principle of a signal decomposition by wavelets, we give an application of this technique in studying the mouvement in images sequences.
First we state the algorithm of the decomposition into a wavelet basis in the case of a tridimensional signal. This algorithm is obtained by an extension of Mallat's. It leads to a solution with a pyramidal shape. The decomposition got on the wavelet basis chosen discriminates certain directions of the space. This enables us to yield a technique of mouvements analysis by decomposing them along these privileged axis of the space.

RESUME

Après un rappel de la définition et du principe de la décomposition d'un signal par la méthode des ondelettes, nous présentons une application de cette technique à l'étude du mouvement dans des séquences d'images.
Pour ce faire, nous commençons par préciser l'algorithme de décomposition en ondelettes dans le cas d'un signal tridimensionnel. Cet algorithme est obtenu en réalisant une extension à l'ordre 3 de l'algorithme de S. Mallat. Il conduit donc à une solution ayant une structure pyramidale. La décomposition obtenue sur la base d'ondelettes choisie privilégie certaines directions de l'espace, ce qui nous permet d'obtenir ainsi une technique d'analyse des mouvements présents dans la séquence d'images par leur décomposition suivant ces directions privilégiées de l'espace.

INTRODUCTION

La technique de décomposition en ondelettes des signaux image a connu ces dernières années de nombreuses applications dans le domaine de la compression ou dans celui de la détection des contours. Ces derniers résultats, obtenus sur des images fixes (signal 2D) utilisent généralement le fait que la décomposition résultante contient des informations de contours et de texture à différents niveaux de résolutions.

Sachant qu'un mouvement ou , d'une manière générale, un changement quelconque entre 2 trames d'une séquence peut être interprété comme un "contour temporel", il apparaît intéressant d'étendre l'analyse par ondelettes aux signaux 3D que sont les séquences d'images. Le choix de la technique de décomposition permettant de privilégier certaines directions de l'espace, il devient alors possible de procéder à l'analyse d'un mouvement par sa décomposition suivant ces directions privilégiées.

Nous allons donc premièrement rappeler brièvement la théorie de la transformée en ondelettes pour présenter ensuite les spécifications de l'algorithme utilisé pour décomposer les séquences d'images et enfin donner quelques résultats sur l'analyse de mouvements.

TRANSFORMEE EN ONDELETTES

La transformée en ondelette d'une fonction f(x) de carré intégrable peut être définie par la relation suivante [1] :

$$TW\ (f)\ (a,b) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\ \sqrt{a}\ \psi\,[a\ (x - b)\ ]\ dx$$

où l'ensemble des fonctions $\sqrt{a}\ \psi\,[a\ (x - b)\ ]$ pour $(a,\ b)\ \epsilon\ R^2$ est appelé famille d'ondelettes. Ces fonctions sont obtenues par la translation et la dilatation de la fonction ψ, appelée "Ondelette mère".

Une version discrète de cette transformation peut être obtenue en échantillonnant les paramètres de dilatation et de translation. Ceci se fait communément à partir d'un pas élémentaire de dilatation α égal à 2, en considérant la séquence des échelles donnée par la suite des puissances de α, soit ici (2^j) $j \in Z$. Y. Meyer a montré[2] qu'il existait des fonctions ψ telles que pour $a = 2^j$ et $b = k\,2^j$, la famille d'ondelettes générée à partir de ψ, constitue une base orthogonale de $L^2(R)$. Par la suite d'autres analyses orthogonales que l'analyse "dyadique" (facteur $\alpha = 2$) ont été proposées et étudiées [3] dans le cadre de la décomposition des signaux images sur des bases d'ondelettes.

Ces techniques de décomposition d'un signal image sur une base orthonormale d'ondelettes ont trouvé rapidement leurs applications grâce notamment aux travaux de S. Mallat sur la multirésolution[4].

Il y est en effet démontré que l'on peut extraire la différence d'information entre 2 approximations d'un signal à 2 niveaux de résolution successifs (2^{j+1} et 2^j) par décomposition de ce signal sur une base orthonormale d'ondelettes.

Cette décomposition fournit alors une analyse multirésolution orthogonale dont S. Mallat a défini un algorithme de calcul. cet algorithme de calcul de type pyramidale est basé sur la convolution du signal image avec des filtres miroir en quadrature (QMF).

APPLICATIONS AUX SEQUENCES IMAGES

Dans la mesure où l'algorithme de décomposition de S. Mallat pour les signaux 2D est basé sur des filtres séparables, il est aisément transposable au cas des signaux 3D que sont les séquences d'images. Nous avons donc implanté cet algorithme suivant le schéma de la figure 1 de manière à réaliser une décomposition de séquences d'images.

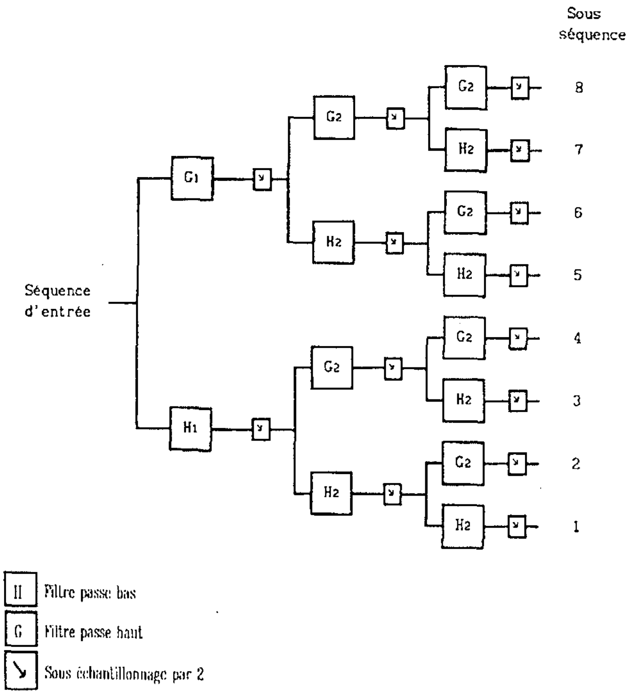

Figure 1 - Décomposition 3D

Le filtrage est effectué temporellement, horizontalement et verticalement. Toutefois la spécificité de la dimension temporelle nous a amené à particulariser l'ondelette qui lui est appliquée vis-à-vis de celle utilisée pour les deux autres dimensions.

En effet, le choix de l'ondelette dans cette dimension conditionne par la longueur du filtre associé, la capacité de stockage mémoire nécessaire au calcul de la transformée ainsi que les délais de transmission éventuelle.

C'est pourquoi, nous avons choisi d'utiliser l'ondelette de Haar pour l'analyse dans la dimension "temps". Cette ondelette à support éminemment compact fournit une base orthogonale et les coefficients des filtres G_1 et H_1 associés sont respectivement $\{ \frac{1}{2} ; - \frac{1}{2} \}$ et $\{ \frac{1}{2} ; \frac{1}{2} \}$ ce qui permet de limiter à 2 plans mémoire le stockage nécessaire pour effectuer le calcul de la décomposition.

A l'inverse dans les 2 dimensions spatiales restantes, il est possible d'utiliser les ondelettes donnant des filtres de taille plus importante afin de réaliser une transformation moins "brutale". L'ondelette que nous avons utilisée, est représentée en figure 2. C'est une spline cubique due à P. Lemarié[5] et G Battle[6].

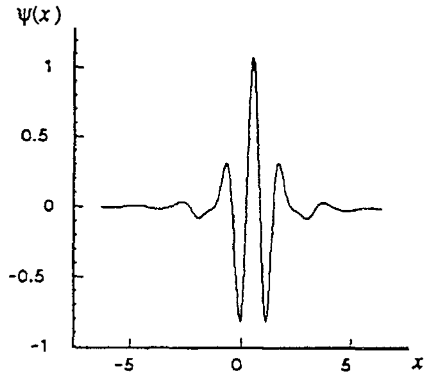

Figure 2 : Représentation d'une ondelette spline cubique

Les premiers coefficients du filtre H_2 associé sont donnés dans (4). Les coefficients du filtre G_2 se déduisent immédiatement puisque G_2 et H_2 forment une paire QMF.

UTILISATION DANS L'ANALYSE DU MOUVEMENT

Comme le montre la figure 1, la décomposition opérée nous fournit 8 sous séquences (numérotées de 1 à 8). La séquence 1 correspond à la séquence de résolution spatiale et temporelle inférieure. Les 7 autres fournissent les "détails" correspondant à l'information visible à la résolution de départ.

Dans la mesure ou nous cherchons à étudier la décomposition de mouvements, et compte tenu de la nature des filtres qui constituent le schéma de la figure (1), les sous séquences 5 à 8 doivent fournir une méthode d'analyse.

En effet la sous séquence 5 nous restitue les fréquences hautes correspondant à la dimension temps. C'est à dire l'ensemble des contours en mouvement dans la séquence.

La sous séquence 6 restitue les fréquences hautes de la dimension temps et de la dimension spatiale verticale. C'est à dire l'ensemble des contours horizontaux en mouvement.

La sous séquence 7 restitue les fréquences hautes de la dimension temps et de la dimension spatiale horizontale. C'est à dire l'ensemble des contours verticaux en mouvement.

La sous séquence 8 restitue les frequences hautes dans les trois dimensions. C'est à dire l'ensemble des contours angulaires en mouvement.

Nous avons vérifié ces assertions sur des séquences d'images représentant des mouvements de translations élémentaires. Les résultats sont en parfaite correspondance avec les prévisions.

De plus, si l'on observe à un instant donné les trois images correspondant aux sous séquences 6, 7 et 8, il apparait possible par une analyse et une mise en correspondance des éléments présents dans ces trois images de déterminer la présence des translations horizontales, verticales ou diagonales.

CONCLUSION

L'algorithme que nous avons implémenté permet par l'extraction des contours en mouvement, de décomposer après analyse, des mouvements de type translation présents dans une séquence d'images.

La suite logique de cette étude, conduit naturellement à envisager l'analyse d'autre type de mouvements ou combinaisons de mouvements.

BIBLIOGRAPHIE

(1) A. GROSSMANN, J. MORLET
"Décomposition of hardy functions into square integrable wavelets constant shape"
SIAM J. Math, Vol. 15, pp. 723-736, 1984

(2) Y. MEYER
"Principe d'incertitude, bases hilbertiennes et algèbre d'opérateurs"
Séminaire Bourbaki, n° 662, 1985

(3) J.C. FEAUVEAU
"Analyse multirésolution pour les images avec un facteur de résolution $\sqrt{2}$".
Revue Traitement du signal, Vol. 7, n° 2, pp.117-128, 1990

(4) S. MALLAT
"A theory of multiresolution signal décomposition : the wavelet representation".
IEEE, transaction on Pattern analysis and machine intelligence, Vol. 11, n° 7, juillet 1989.

(5) P. LEMARIE
"Ondelettes à localisation exponentielle"
J. Math Pures et Appl., Vol. 67, pp. 227-236, 1988

(6) G. BATTLE
"A block spin construction of ondelettes, part 1 : Lemarié functions"
Commun. Math. Phys., Vol. 110, pp. 601-615, 1987