

DETECTION DE MOUVEMENTS EN UTILISANT DES CRITERES INVARIANTS PAR ROTATION

Atilla BASKURT, Christophe ODET et Robert GOUTTE

Laboratoire de Traitement du Signal et Ultrasons
URA CNRS n° 1216 - INSA Lyon

RÉSUMÉ

Résumé. Le problème traité est de suivre la trajectoire d'un ballon et de déterminer sa vitesse par rapport à un repère fixe. Le vecteur vitesse apporte des informations sur le vent à différentes altitudes de l'atmosphère. L'utilisation des critères invariants par rotation permet d'éliminer l'effet perturbateur du mouvement rotation du ballon autour de son axe et de déterminer le vecteur vitesse.

1 - INTRODUCTION

L'analyse et la détection de mouvements dans une séquence d'images peuvent avoir deux objectifs différents:

-la compression d'images en prenant en compte la redondance temporelle d'une séquence d'images. On code et transmet uniquement les parties en mouvement. Le fond inanimé n'est pas transmis.

-la reconnaissance de forme: La détection et l'estimation de mouvements d'objets permet d'analyser et de comprendre la séquence. La connaissance a priori des objets mobiles peut faciliter le travail.

Bien que les études actuelles tentent de généraliser les méthodes d'analyse de séquences d'images, ces méthodes restent très orientées vers les applications envisagées.

Cette étude a été effectuée dans le cadre d'une coopération avec le Service d'Aéronomie du CNRS. Il s'agit de détecter le déplacement d'un objet par rapport à un repère fixe. L'objet est doté d'une caméra à visée verticale qui balaye le plan sol lorsque cet objet se déplace. La détection de mouvements se fait en utilisant la succession d'images issues de la caméra. Cette approche est différente de celles existantes dans la littérature. En effet, les mouvements ne sont pas contenus dans la scène, mais ils sont générés par la prise de vue mobile.

La méthode envisagée est utilisée pour une expérience ballon-sonde. L'utilisation d'un ballon

ABSTRACT

Abstract. The problem is to follow the trajectory of a balloon and to determine its speed using the image sequence taken with a camera from the balloon. The velocity vector will tell us about the winds when the altitude changes. The proposed method uses some parameters invariant under rotation. So, the effects of the rotation (a disturbing motion) are eliminated. The translational vector is then calculated using an algorithm which optimizes the research time.

poussé par le vent pour étudier l'atmosphère est une solution très peu coûteuse comparée à d'autres techniques. D'autre part, la technologie utilisée est simple et le rayon d'action est important avec un ballon. Il s'agit de détecter la trajectoire, par rapport au sol, d'un ballon sonde qui évolue dans l'atmosphère et d'étudier les vents à différentes altitudes.

Le ballon est constitué de deux compartiments indépendants et d'une nacelle qui contient la charge utile. Un des compartiments contient de l'hélium qui permet de voler. L'autre contient l'air martien. Au soleil, cet air s'échauffe, gonfle le ballon et permet à la sonde, de s'envoler. Le ballon s'élève à partir de 9^h-10^h du matin, atteint une altitude qui peut aller jusqu'à 4000 mètres lorsque l'air est le plus chaud. Il se déplace, poussé par le vent, de l'ordre de 200-300 km par jour. En fin d'après-midi, la température baisse progressivement. Le ballon perd de l'altitude pour finalement se poser doucement sur le sol, grâce à l'hélium qui joue le rôle d'amortisseur et qui permet de garder en l'air le ballon pendant la nuit alors que la nacelle reste sur le sol.

Durant le déplacement du ballon, des instruments de météorologie permettent d'analyser l'atmosphère (pression, température, vitesse du vent, etc). Par ailleurs, une caméra CCD acquiert des images numériques de format 750x580 pixels de 8 bits à une cadence fixée. Cette séquence d'images doit permettre de déterminer la trajectoire ramenée au sol



du ballon sonde. La connaissance de cette trajectoire est obligatoire pour la détermination de la direction du vent et pour la localisation du ballon sur le sol afin d'interpréter les résultats des expériences constituant la charge utile. En effet, ces résultats doivent être associés à des coordonnées géographiques exactes pour avoir tout leur sens physique.

2 - PRINCIPE DE LA METHODE DEVELOPPEE

La mémoire disponible dans la charge utile permet de stocker deux images de format 750x580 pixels. Nous basons notre méthode sur l'utilisation de deux images successives pour la détection de mouvement par rapport au sol. Ce mouvement est représenté par un vecteur élémentaire de déplacement. L'ensemble de ces vecteurs élémentaires forment la trajectoire complète (figure 1).

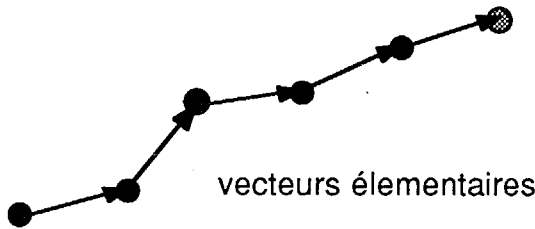


Figure 1: Trajectoire du ballon

Avant de détailler la méthode envisagée, énumérons les différentes hypothèses sur le mouvement du ballon:

- la vitesse horizontale est de l'ordre de 10 m/s;
- la vitesse verticale est de l'ordre de 5 m/s;
- il y a un mouvement de rotation autour de l'axe du ballon. La valeur estimée de ce mouvement est de l'ordre de 3° au maximum, par seconde.
- il y a un mouvement de balancement de l'ensemble ballon-nacelle. La valeur estimée de ce mouvement est d'environ 1° par minute.

Ces hypothèses montrent la complexité de la trajectoire du ballon (figure 2). L'objectif de l'étude est donc de déterminer le déplacement horizontal (trajectoire par rapport au sol) en éliminant les autres mouvements possibles. Ces derniers sont en fait des paramètres perturbateurs ou bruits qu'il faut éliminer.

a) élimination du déplacement vertical: En augmentant la vitesse d'acquisition des images, nous pouvons négliger le changement d'altitude entre deux prises de vue, et de ce fait, négliger le changement d'échelle. Nous supposons donc que l'acquisition est telle que la résolution reste constante pour deux images successives.

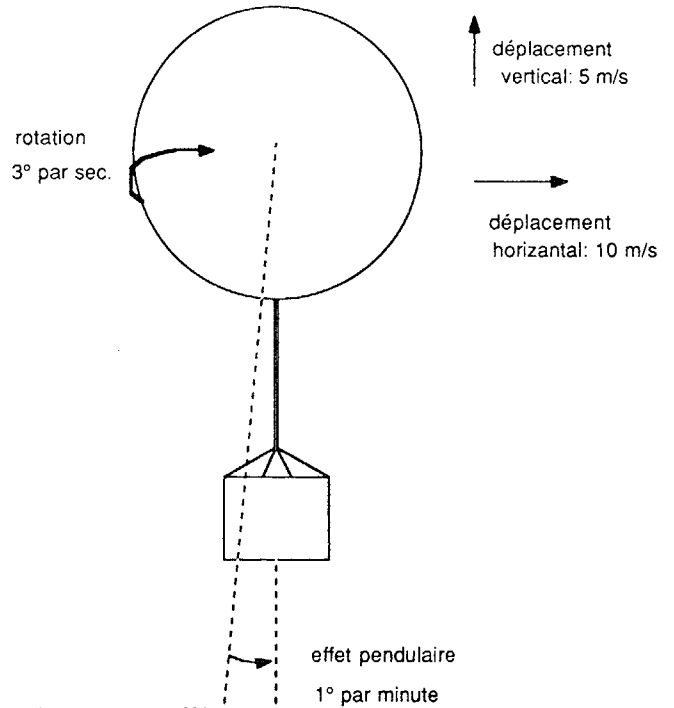
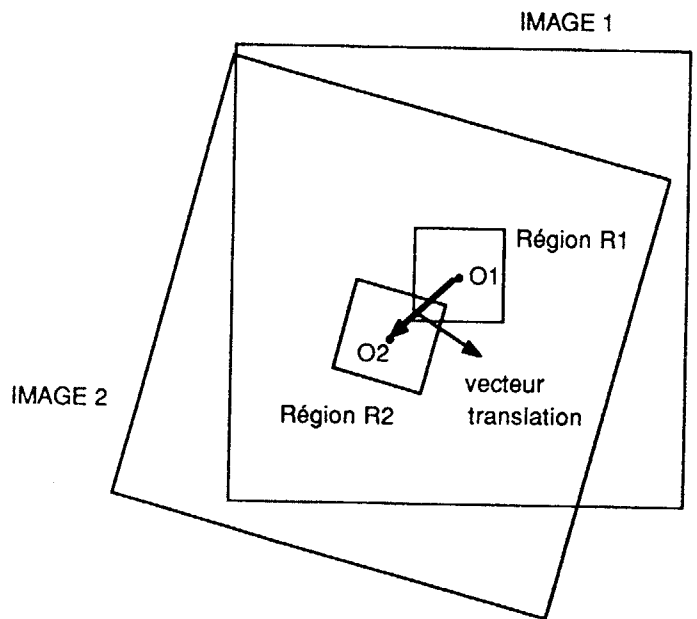


Figure 2: Différents mouvements animant le ballon

b) élimination du mouvement pendulaire: Ce mouvement est en fait négligeable devant le mouvement horizontal. En effet, nous pouvons estimer ces mouvements en pixels, par exemple à 4000 m:

	<u>1 image/s</u>	<u>2 images/s</u>
mvt. hor. (pix.)	100	200
mvt pendulaire(pix.)	7	14

c) élimination de la rotation autour de l'axe du ballon: Nous supposons que deux images successives (image 1 IM1 et image 2 IM2) possèdent une partie commune et que le centre de IM2 est contenu dans IM1. Ceci suppose une vitesse d'acquisition rapide.



O1: centre de l'image 1
O2: centre de l'image 2

Figure 3

Soit IM1, l'image de référence et IM2, l'image prise après une translation et une rotation. Ces deux images possèdent une partie commune, en particulier, le centre de IM2. Après une translation inconnue, une rotation s'est produite autour de ce centre. Dans un premier temps, la méthode consiste à calculer des critères invariants par rotation sur une petite région R2 contenant le centre de IM2. Ces critères permettent d'identifier cette région. Dans un deuxième temps, la méthode recherche dans IM1, une région R1 de même taille qui présente la même identification (mêmes critères). La position occupée par cette région donne alors le vecteur translation (figure 3).

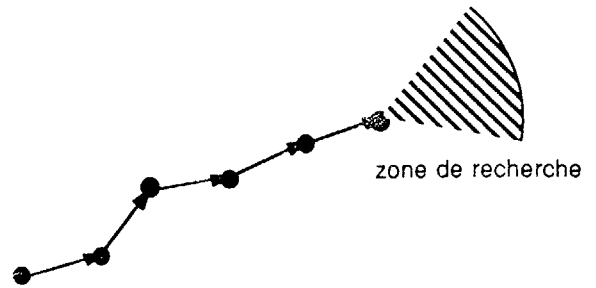


Figure 4 : Optimisation de la zone de recherche

Les critères invariant par rotation peuvent être calculés dans le plan spatial (image) ou dans le plan spectral. L'utilisation de zones circulaires pour le calcul de ces critères est nécessaire pour avoir une information globalement invariant par rotation.

3 - CRITERES UTILISES - HISTORIQUE DU MOUVEMENT

Les critères ont été calculés dans le plan spatial et sont de la forme (moments d'ordre n) :

$$C_n = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j d(i,j) P(i,j)^n$$

où

$d(i,j)$ est la distance entre le pixel du centre du disque sur lequel le calcul du critère est effectué et le pixel de coordonnées (i,j) ;

N est le nombre de pixels dans le disque ;

$P(i,j)$ est la valeur du niveau de gris du pixel de coordonnées (i,j) .

Les critères C_n étant des invariants par rotation, la zone de calcul de ces critères doit être un disque.

Au lieu de calculer ces critères sur une zone de recherche de taille fixée (région R1 de la figure 3), il est intéressant d'utiliser l'historique du mouvement (direction et module des vecteurs élémentaires de déplacement) pour réduire le temps de calcul. En effet, cette information sert à réduire la taille de cette zone (figure 4). Les deux derniers vecteurs élémentaires de déplacement servent à prédire un nouveau vecteur. La prédiction est linéaire d'ordre 2. La recherche se fait alors le long des couronnes centrées sur la pointe du vecteur prédit. Elle s'arrête lorsque les critères calculés autour d'un point ont des valeurs identiques (à une marge d'erreur près) aux valeurs des critères du point recherché.

4 - RESULTATS - DISCUSSION

La méthode a été utilisée pour détecter le déplacement et la vitesse de déplacement d'une montgolfière. Une séquence de 8 images a été prise à 1200 mètres d'altitude, pour une vitesse d'ascension maximale de 2 m/s. Les images ont été acquises à des intervalles réguliers de 3 secondes. Dans la figure 5, trois images successives sont représentées. En appliquant l'algorithme de détection sur cette séquence, on obtient le tableau de déplacement suivant:

	déplacement réel	
	vertical	horizontal
images 1-->2	47m	-17m
images 2-->3	28m	19m

	déplacement calculé	
	vertical	horizontal
images 1-->2	45m	-18m
images 2-->3	30m	18m

Les résultats obtenus sont très proches des déplacements réels de la montgolfière. Dans la séquence complète de 8 images, l'algorithme a estimé une vitesse moyenne de déplacement de 16 m/s.

La trajectoire est trouvée au bout de 2 minutes sur un PC. En utilisant un circuit spécialisé (DSP ou simplement un multiplieur/accumulateur), ce temps devra descendre au dessous de la seconde.

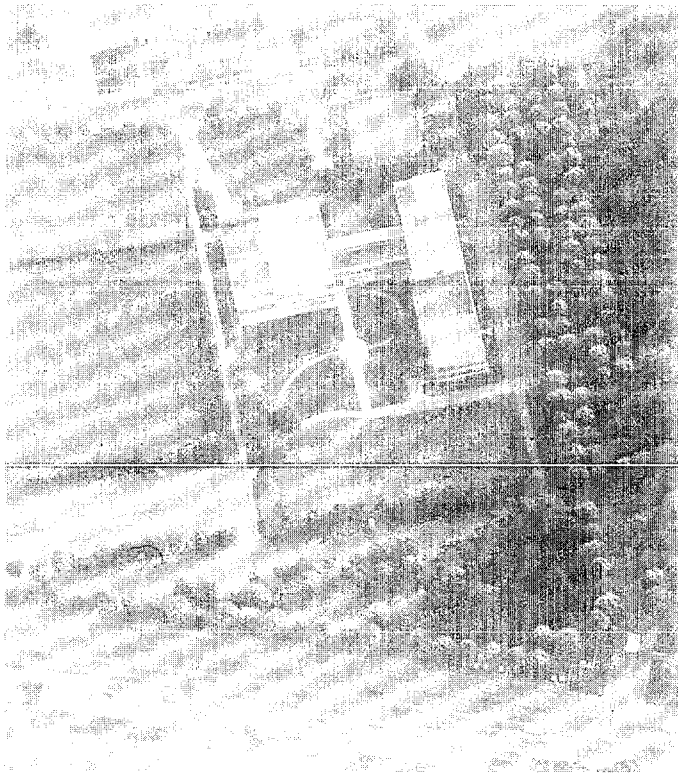


Image n° 1

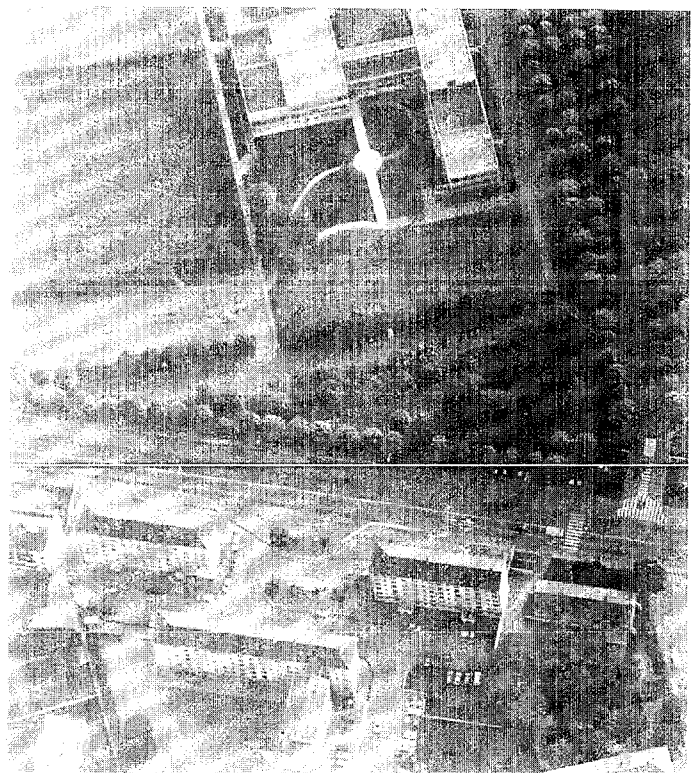


Image n° 3

Figure 5: Images successives prises sur un ballon.

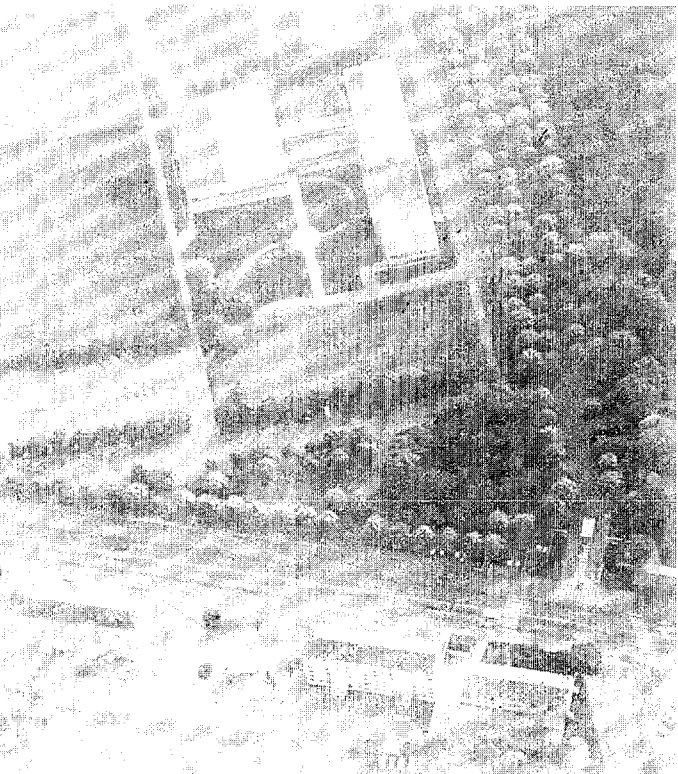


Image n° 2

5 - BIBLIOGRAPHIE

- 1- Limb J.O., Murphy J.A., "Estimating the velocity of moving images from television signals", *Computer graphics and image processing*, 1975, vol. 4, p. 311-327.
- 2- Fennema C.L., Thompson W.B., "Velocity determination in scenes containing several moving objects", *Computer graphics and image processing*, avril 1979, vol. 9, p. 301-315.
- 3 - Nager H.H., "Overview on image sequence analysis", *NATA ASI series*, 1983, vol. F2, *Image sequence processing and dynamic scene analysis*, édité par T.S. Huang, p 2-39.
- 4 - Hu M.K., "Visual pattern recognition by moment invariants", *IRE Trans. on information theory*, février 1962, p. 179-187.
- 5 - Allency S., Morandi C., "Measuring rotations and translations of digitized images", *EUSIPCO-86, Signal Processing III: Theories and Applications*, 1986, Amsterdam, p. 897-901.
- 6 - Sheng Y., Lejeune C, Arsenault H.H., "Frequency domain Fourier- Mellin descriptors for invariant pattern recognition", *Optical Engineering*, Mai 1988, vol. 27, n° 5.