

REDESIGNATION SUR SEQUENCE D'IMAGES - REGISTRATION IN IMAGE SEQUENCE

Gérard GIRAUDON

SINTRA-ALCATEL - 26, rue Malakoff 92600 ASNIERES

RESUME

Ce papier présente une solution simple pour répondre aux problèmes de redésignation automatique temps réel, sur une séquence d'images d'extérieur.

Le but est de trouver une mesure de similitude entre une représentation de l'objet recherché et l'objet lui-même dans la succession temporelle d'images, indépendamment des problèmes de rotation et de facteur d'échelle.

Nous montrons l'existence d'une méthodologie d'application de solutions simples peu coûteuse en temps calcul et en volume de matériel permettant de résoudre le problème posé.

La référence de l'objet est constituée par une succession de masques binaires décrivant les contours de l'objet dans son environnement naturel, à définition croissante et pour différents pas de rotation. La mesure de similitude est simplement la fonction d'intercorrélation entre ces masques et l'image des contours issue après traitement de l'image du senseur.

La validation est effectuée par un critère d'acceptation sur la fonction d'intercorrélation.

Ces solutions sont validées sur une séquence d'images réelles reflétant au mieux les conditions opérationnelles. Les résultats obtenus sur la qualité de la redésignation et sur le problème des fausses alarmes sont tout à fait satisfaisants.

SUMMARY

This paper is concerned with a simple solution to solve the real-time automatic registration problems, in out-door TV images sequence.

The goal is to look for similarity measure between a reference and, an object in temporal images succession, independent of rotation and scale problems.

We describe a methodology of application of simple solutions, compute saving and hardware cost effective.

The object reference is constituted by binary masks series. Masks are edge maps of object, with growing definition, and rotated versions. Similarity measure is the cross-correlation function between masks and edge images sensor.

The validation is made by a reliable test on cross-correlation function.

This method is validated on images sequence of real world scenes, reflecting at best, the operational conditions. The obtained results on registration accuracy and about false fix problems are quite satisfying.



REDESIGNATION SUR SEQUENCES D'IMAGES

1 - INTRODUCTION

La détection et la reconnaissance d'un objet dans une image est un problème très important et très étudié en traitement d'image. Que ce soit pour des applications robotiques, pour le traitement d'image médical, ou pour des applications militaires, ce problème doit être résolu impérativement dès que l'on désire obtenir un certain niveau de prise de décision automatique par les systèmes de reconnaissance.

Le problème auquel nous nous intéressons dans cet article, est la faisabilité d'un système embarqué permettant de conduire un senseur TV ou un FLIR, depuis une plateforme aérienne vers un point préchoisi d'un objet fixe, fait de main d'homme, se situant au sol, de manière entièrement automatique.

Le scénario décrivant le contexte opérationnel est le suivant : Au départ, la distance entre le senseur et l'objet est très grande, comparée à la taille de l'objet lui-même de telle sorte que le senseur ne voit pas de manière précise l'objet vers lequel il doit se diriger. Le senseur doit donc posséder une intelligence suffisante pour lui permettre de corriger sa trajectoire au fur et à mesure que la vision de l'objet se précise au cours du vol.

Il doit donc effectuer une ou plusieurs redésignations de manière périodique à partir d'une ou plusieurs références ou masques de l'objet recherché, préalablement stockés à l'intérieur du senseur. Il s'agit en fait d'une approche hiérarchique du problème dont le but ultime est d'effectuer la dernière redésignation (distance senseur-objet, minimale) de manière extrêmement précise, contrainte qui n'est pas nécessaire pour les autres redésignations, dont l'intérêt est simplement de garder l'objet dans le centre de l'image.

La faisabilité d'un tel système dépendra essentiellement de l'algorithme de redésignation, de sa robustesse ainsi que de sa souplesse d'utilisation compte-tenu des vitesses de traitements qui sont de l'ordre du temps réel. Sa robustesse s'établira en fonction de son comportement vis à vis du problème des fausses alarmes et des paramètres de perturbations. Sa souplesse indique que son utilisation ne soit pas restreinte à 1 seul type d'objet et que son implémentation demande peu ou pas de matériel spécifique.

Hormis les problèmes classiques de bruit et de différences de contraste, les principales causes de perturbations que l'on prendra en compte dans cet article, dont il faut étudier les influences et les limitations qu'elles imposent aux solutions sont :

- Différence de facteur d'échelle entre le masque et l'image du senseur.
- Différence de rotation.

Nous allons ainsi expliciter les solutions retenues pour la réalisation de cet objectif, puis nous illustrerons la validation de notre approche sur un exemple représentatif : une séquence TV reflétant les conditions réelles de l'utilisation d'un tel système. Remarque : nous n'envisagerons pas ici les problèmes liés à la différence de perspective.

2 - SOLUTIONS PROPOSEES

Il s'agit en fait de trouver les coordonnées (X,Y) de l'objet cherché dans l'image donnée par le senseur ; ces coordonnées (X,Y) seront les coordonnées de la redésignation. Le but est donc de trouver une mesure de similitude entre le ou les masques de l'objet et la séquence d'images issue du senseur, et ceci indépendamment de tous les facteurs de perturbations.

Pour cela, nous devons définir la notion de masque et la mesure de similitude, les deux étant étroitement liés. Nous présentons d'abord la définition du masque que nous avons choisi puis présenterons la mesure de similitude retenue.

2.1 - DEFINITION DU MASQUE

Deux problèmes se posent pour la définition du masque.

- Un masque doit être représentatif de l'objet que l'on est sensé chercher. Il doit contenir une information suffisante et sans ambiguïté permettant d'effectuer une mesure de similitude avec le minimum de risque de fausses alarmes.

- D'autre part, il faut stocker, à bord du senseur, l'information contenue dans le ou les masques. Au vue du faible volume disponible à bord de tout système embarqué, toute solution doit minimiser la place mémoire requise.

L'étude du problème a montré qu'une des caractéristiques essentielles des images à traiter, réside dans leur composition. En effet, les objets à redésigner sont faits de main d'homme, donc à caractéristiques géométriques déterministes. La définition d'un objet peut donc se faire par la détection de sa géométrie, qui apparaît le plus souvent, au niveau de l'image, comme des discontinuités de niveaux de gris importantes.

Ceci nous a conduit à utiliser les méthodes d'extraction de contours par rehaussement de gradients suivi de seuillage comme nous l'avons explicité dans un précédent article /1/. En effet, comme l'ont montré divers auteurs /2/ à /5/, les contours d'un objet portent une information sémantique suffisante à sa reconnaissance, tout en permettant d'effectuer une compression massive de l'information contenue dans une image.

Un masque sera donc une image binaire représentant les contours de l'objet dans son environnement naturel, obtenue à partir d'une image de l'objet ou bien encore, en construisant un masque synthétique. On suppose aussi que l'obtention du masque s'effectue au sol sans contrainte de temps et qu'elle puisse être contrôlée de manière interactive.

2.2 - DEFINITION DE LA MESURE DE SIMILITUDE

Diverses mesures de similitude ont été étudiées par de nombreux auteurs. On peut citer parmi les plus générales, la transformation de Hough /6/-/7/, les moments invariants /8/-/9/, ou bien encore, la fonction d'intercorrélation /5/, /10/ à /12/, et d'autres encore /13/.

La mesure de similitude que nous devons prendre, doit tenir compte de deux contraintes opposées, à savoir : elle doit avoir une relative simplicité de calcul de manière à être compatible temps réel sans matériel spécifique et d'autre part, elle doit être efficace face aux perturbations exposées plus haut. Toute solution ne sera donc qu'un compromis judicieux entre des intérêts divergents.

Après une étude comparative, nous avons choisi de prendre la fonction d'intercorrélation bidimensionnelle (comme mesure de similitude), entre l'image de contours obtenue à partir de l'image du senseur et le masque de l'objet.

Son implémentation est relativement simple et le fait de travailler sur des images binaires permet d'obtenir les vitesses de calcul requises.

La position du pic de la fonction d'intercorrélation donne directement accès aux coordonnées (X,Y) de la redésignation. De plus, le fait de travailler sur des images de contours, donne un pic d'intercorrélation très étroit, lorsqu'il y a effectivement corrélation (intercorrélation sur signaux hautes fréquences). Cette constatation nous a permis d'établir un critère de rejection efficace

des fausses alarmes, en comparant à des seuils, la valeur du pic principal et les valeurs relatives des lobes secondaires tout en permettant d'accepter des mesures de corrélation sur des plages de variations des perturbations. Ces seuils sont adaptés à chaque objet, car obtenus après étude de la fonction d'autocorrélation du masque et donc adaptés à chaque masque s'il y en a plusieurs par objet.

Malheureusement même ainsi, la fonction d'intercorrélacion n'est pas assez indépendante des problèmes de rotation, de facteur d'échelle. Aussi avons nous adopté la méthodologie suivante :

Pour résoudre le problème de la différence de facteur d'échelle, on choisit de stocker plusieurs masques de l'objet représentant différentes distances entre l'objet et le senseur. Si la fonction d'intercorrélacion est dépendante du facteur d'échelle, il existe en fait pour chaque masque, une plage de variation autour de la distance correspondante sur laquelle on peut obtenir de bonnes mesures de corrélation. La zone de variation dépend des tailles relatives entre le masque et l'image /10/-/13/, et des valeurs des seuils retenus pour le critère de rejection.

Ceci permet alors d'assurer pour chaque masque, une plage de corrélation où les commandes de redésignation sont validées et ainsi, permet de s'affranchir du problème de facteur d'échelle.

Le problème de la rotation peut se résoudre de plusieurs façons. Sachant que la variation de rotation est limitée et que de plus, le principe de rejection permet d'obtenir une plage de variation en rotation où la mesure de corrélation peut s'effectuer correctement, on peut simplement stocker plusieurs versions rotées de chaque masque suivant un pas de quantification (5 degré par exemple). Une autre solution consiste à effectuer une initialisation sur la rotation, puis une poursuite en parallèle pour mettre à jour la position de la caméra et roter l'image des contours avant corrélation.

En définitive, nous proposons la chaine de traitement suivante :

- stockage préalable des masques
- I = 1
- 1) - appel du masque N°I
- 2) - extraction des contours de l'image senseur, temps réel
- 3) - calcul de la fonction d'intercorrélacion du masque N° I et des images de contours
- 4) - pour chaque corrélation, comparaison sur le critère de rejection
 - si test négatif : retour en 2
 - si test positif : test de changement de masque (test sur accumulateur)
 - si oui : commande de redésignation validée I = I + 1 retour en 1
 - si non : retour en 2

3 - ILLUSTRATIONS SUR SEQUENCES D'IMAGES TV

Il était particulièrement intéressant de valider les concepts sur une séquence d'images réelles décrivant de manière la plus réaliste possible le cas opérationnel. Pour cela, un enregistrement vidéo a été effectué à bord d'un hélicoptère, décrivant une trajectoire rectiligne en approche sur un point précis au sol (le choix s'est porté sur un pont).

L'absence de centrale d'inertie à bord, ne nous a permis d'avoir des mesures exactes sur le plan de vol. En approximation nous avons :

- la caméra vidéo se trouve à l'avant de l'hélicoptère
- l'enregistrement commence pour une distance hélicoptère - objet 6000 m

- altitude de départ - 2000 m
- altitude d'arrivée - 300 m
- durée de l'enregistrement 3 minutes
- un repère phonique effectué par le pilote, donnait approximativement les distances (5000, 4000, 3000, 2000, 1000 et 500 m) entre l'hélicoptère et le pont
- beau temps

Deux constatations peuvent être faites à la suite de cet enregistrement.

1°) Intérêt évident de cet enregistrement pour la véracité de l'approche. En effet, la trajectoire de l'hélicoptère n'est pas stabilisée et l'image vidéo subit des variations de rotation, de translation, de stabilité pouvant refléter des conditions opérationnelles.

2°) Compte tenu des différences de standard, il a fallu faire une copie de la bande vidéo (diminution du rapport S/B et dégradation de la résolution).

3.1 - Elaboration des masques

Les masques de la cible sont construits à partir d'images de contours de l'objet prises lors de l'enregistrement de la séquence vidéo. Nous avons décidé de prendre 6 masques pour des distances se situant aux alentours de 5, 4, 3, 2, 1 et 0.5 km. Un point de redésignation est alors choisi sur chaque image, ce qui donne un masque de la cible avec le point à redésigner comme point central.

Le choix de la taille du masque a été dicté par les considérations suivantes :

- Nous voulions pouvoir effectuer la mesure de similitude sur toute l'image vidéo, typiquement numérisée sur 512 x 512 pixels.
- Pour des raisons de temps calcul et afin d'améliorer le rapport S/B, dégradé par la copie de bande, nous avons réduit la taille de l'image à 256 x 256 pixels.
- Nous avons alors décidé de prendre comme dimension, des masques 64 x 64 pixels.

3.2 - Numérisation des séquences

Typiquement les images vidéo sont numérisées sur 512 x 512 pixels, 8 bits par pixel. Nous avons créé une bande numérique d'images (512 x 512), en ne prenant qu'un certain nombre d'images de la bande vidéo, de manière la plus homogène possible, au cours du vol.

3.3 - Description complète de la chaine

La suite complète des algorithmes que nous avons mis en place pour effectuer la redésignation sur les séquences numérisées, est la suivante :

- a) Prise en compte d'une image de poursuite, réduction de la taille de cette image par 4 (512 --> 256 x 256).
- b) Détection de contour : sur chaque image (256 x 256) ainsi réduite, on effectue une détection de contour par 4 filtres type gradient de dimension 5 x 5 /1/. L'image des gradients est ensuite seuillée afin d'obtenir une image binaire, l'image des contours.

La valeur du seuil est calculée automatiquement en fonction d'un pourcentage lié au masque avec lequel on veut corréler l'image des contours.

c) Fonction d'intercorrélacion : la mesure de similitude est effectuée par la fonction d'intercorrélacion entre le masque et l'image de contour ce qui s'écrit :

$$R_{xy}(m,n) = \frac{1}{K^2} \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K x(i,j) \cdot y(i-K+m, j-K+n)$$

pour m = 1,2,...,2 K-1
n = 1,2,...,2 K-1



où $x(i,j)$ est le masque
et $y(i,j)$ est l'image de contour

$x(i,j)$ et $y(i,j)$ sont des éléments binaires.

En fait, pour des raisons de temps calcul lors de la simulation en centre de calcul, nous avons calculé cette fonction d'intercorrélation en passant par des Transformations de Fourier Rapide (FFT).

d) Paramètre de validation de la mesure, critère retenu : Nous avons choisi trois facteurs pour quantifier la mesure de similitude.

- 1°) $P1$ = valeur de la fonction d'intercorrélation normalisée
- 2°) $S1$ = Rapport du 1er lobe de la fonction d'intercorrélation
- 3°) $S2$ = Rapport du 2ème lobe.

Pour valider une mesure de similitude comme étant une commande de redésignation, nous avons retenu le critère suivant :

Soit $P1$ la valeur du pic de la fonction d'intercorrélation normalisée au point (i,j) : les coordonnées (i,j) sont des commandes de redésignation si et seulement si :

$$P1 \geq p1 \quad \text{et si} \quad S1 \geq s1 \quad \text{et si} \quad S2 \geq s2$$

où $p1$, $s1$ et $s2$ sont des seuils donnés à l'avance qui sont fonctions du masque utilisé. On a pris respectivement pour $p1, s1, s2$, 60, 20, 30 % des valeurs correspondantes à la fonction autocorrélation du masque. Le choix des seuils ($p1, s1, s2$) sont importants car ils déterminent le taux de fausses alarmes de la redésignation.

3.4 - RESULTATS OBTENUS

Nous avons regroupé dans le tableau N° 1 l'ensemble des paramètres associés aux 6 masques. Ceux sont les valeurs :

- du pic de la fonction autocorrélation
- des rapports du 1er et 2ème lobes en dB
- des seuils associés à chaque masque $p1$, $s1$, $s2$

Sur l'ensemble de la séquence décrivant l'approche, nous avons choisi une soixantaine d'images sur lesquelles nous avons effectué les calculs de la redésignation. Les résultats complets sont regroupés dans le tableau N° 2 (base de temps, intercorrélation normalisée, rapports des lobes). Le critère final du calcul est la validation automatique du résultat de la redésignation par comparaison aux seuils (indiqué par la lettre V dans la dernière colonne).

A titre de comparaison et pour démontrer les performances de la méthode, nous avons indiqué dans la colonne "visuel" un paramètre qui indique :

N : quand le point redésigné n'est pas le point choisi (redésignation négative)

O : dans le cas contraire (redésignation positive)

C'est ce dernier paramètre qui comparé avec celui obtenu de manière automatique (V) valide ou invalide l'ensemble des traitements choisis.

Remarque : le problème des fausses alarmes est très important et la notion de fausse alarme varie avec le masque utilisé. En effet si sur le dernier masque, il faut une redésignation extrêmement précise, il n'en est pas de même pour le premier masque où une direction grossière suffit pour la redésignation. Par contre dans les deux cas, il faut éviter absolument les redésignations aberrantes. Il y a donc une notion qualitative de la redésignation. Pour cela, nous avons subdivisé la notion de redésignation négative (N) en deux classes (pour le visuel) :

N1 : quand le point redésigné est dans la direction du point choisi (redésignation grossière)

N2 : pour les fausses alarmes véritables (redésignation négative)

Une des améliorations possibles consisterait à prendre en considération ce type de critère de manière algorithmique. Le gain de performances serait alors très important (voir tableau 2).

Commentaires des résultats

Très bons résultats, poursuite effectuée parfaitement. Chaque masque donne lieu à plusieurs redésignations positives. Aucune fausse alarme. Le choix des seuils permet de rejeter toutes les redésignations négatives. Existence d'une plage d'environ 10 % de différence de facteur d'échelle pour chaque masque sur laquelle on a effectivement validation de la redésignation.

4 - CONCLUSIONS

A la suite de cette étude, les principales conclusions que nous pouvons donner sont les suivantes :

- L'existence de solutions simples et robustes, validées sur images réelles, permettant d'obtenir une redésignation automatique correcte. La méthodologie utilisée permet de s'affranchir des problèmes de facteur d'échelle et de rotation.

La simplicité des algorithmes choisis permet de réaliser efficacement la redésignation, en temps réel, sans la nécessité de composants spécifiques. La fiabilité de la mesure est illustrée par le fait que l'on a obtenu aucune fausse alarme quelque soit le masque, sur l'ensemble des exemples traités.

- La confirmation que l'information sémantique contenue dans les contours est suffisante pour une redésignation automatique. De plus cette information ne demande au point de vue transmission qu'un très petit débit et permet cependant à un œil humain de reconnaître les points caractéristiques d'une scène, ce qui permet donc aussi une redésignation manuelle.

Remerciements : Nous tenons particulièrement à remercier le STET, qui nous a donné l'autorisation de publier cette étude, ainsi que le personnel du CEV CAZAUX qui a effectué l'enregistrement vidéo embarqué.

BIBLIOGRAPHIE

- /1/ P. CHAMBON et G. GIRAUDON : "Méthode adaptative d'extraction de contours à seuil constant", GRETSI - Nice, pp 759-765, Juin 1981.
- /2/ I.E. ABDU et W. PRATT : "Quantitative design and evaluation of enhancement/thresholding edge detectors", Proc. IEEE, Vol. 67, N° 5 pp 753-763, May 1979.
- /3/ M. BASSEVILLE : "Detection de contours : méthodes et études comparatives", Ann. Des Télécom. N° 11-12, pp 559-579, 1979.
- /4/ E.L. HALL et R.Y. WONG : "Edge extraction of radar and optical images", conf. on Pattern Recog. and Image Proces., pp 150-153, August 1979.
- /5/ E.L. HALL, D.L. DAVIES, M.E. CASEY : "The selection of critical subsets for signal, image and scene matching", IEEE Trans. on PAMI, Vol 2, pp 313-322, July 1980.
- /6/ R. TIMOUMI : "Reconnaissance de formes par la méthode de la Transformée de Hough", Rapport INRIA, 1982.
- /7/ D.H. BALLARD : "Generalizing the Hough Transform to detect arbitrary shapes", Pattern Recog., Vol 13, N° 2, pp 111-122, 1981.
- /8/ R.Y. WONG : "Intensity signal processing of images for optical to radar scene matching", IEE Trans. AES, Vol 1, pp 101-109, January 1981.
- /9/ S.A. DUDANI, K.J. BREEDING, R.B. MC CHEE : "Aircraft identification by Moments Invariants", IEEE Trans. on

REDESIGNATION SUR SEQUENCE D'IMAGES - REGISTRATION IN IMAGE SEQUENCE
G. Giraudon

Computers, Vol 36, January 1977.

/10/ W.K. PRATT : "Correlation technique of image registration", IEEE Trans on AES, Vol 3, pp 353-358, May 1974.

/11/ J.B. CLARY, R.F. RUSSEL : "All digital correlation for missile guidance" SPIE Vol N° 119, pp 36-46, 1977.

/12/ J.S. BOLAND, H.S. RANGANATH, W.W. MALCOM : "Improved method for scene matching of dissimilar imagery" IEEE Trans on automatic control, Vol 25 pp 568-569, June 1980.

/13/ H. MOSTAFAVI, T.L. STEDING, F.W. SMITH, R.S. POULSEN : "Optimum windows for image registration", IEEE Trans. AES, Vol 1, pp 101-109, January 1981.

| IMAGE, Base de temps | P1 | S1 | S2 | R | |
|-------------------------|------|------|------|--------|---------|
| | | | | Visuel | Automa. |
| 9h 12.51.60 | 0.56 | 0.22 | 0.58 | N2 | - |
| 13.03.10 | 0.68 | 0.63 | 1.55 | 0 | V |
| 13.07.90 | 0.77 | 0.79 | 2.07 | 0 | V |
| 13.07.90 | 0.77 | 0.94 | 2.27 | 0 | V |
| 13.09.30 | 0.84 | 1.06 | 2.35 | 0 | V |
| 13.09.50 | 0.78 | 0.86 | 2.10 | 0 | V |
| 13.10.30 | 0.97 | 1.46 | 2.83 | 0 | V |
| 13.11.60 | 0.90 | 1.12 | 2.48 | 0 | V |
| 13.13.10 | 0.89 | 1.00 | 2.24 | 0 | V |
| 9h 13.14.40 | 0.43 | 0.30 | 0.77 | N1 | - |
| 13.22.80 | 0.43 | 0.56 | 1.12 | N1 | - |
| 13.38.00 | 0.56 | 0.59 | 1.36 | N1 | - |
| 13.43.00 | 0.61 | 0.49 | 1.33 | 0 | V |
| 13.47.80 | 0.61 | 0.39 | 1.00 | 0 | V |
| 13.53.40 | 0.84 | 0.87 | 2.09 | 0 | V |
| 13.53.80 | 0.85 | 0.93 | 2.12 | 0 | V |
| 13.54.30 | 0.84 | 0.89 | 2.08 | 0 | V |
| 13.55.60 | 0.82 | 0.81 | 1.95 | 0 | V |
| 13.56.70 | 0.86 | 0.95 | 2.15 | 0 | V |
| 9h 13.58.30 | 0.47 | 0.35 | 0.70 | N1 | - |
| 14.00.40 | 0.48 | 0.30 | 0.78 | N1 | - |
| 14.06.80 | 0.56 | 0.30 | 0.74 | N1 | - |
| 14.24.00 | 0.62 | 0.39 | 0.99 | 0 | V |
| 14.27.90 | 0.76 | 0.64 | 1.72 | 0 | V |
| 14.29.00 | 0.83 | 0.96 | 2.25 | 0 | V |
| 14.29.50 | 0.83 | 0.91 | 2.18 | 0 | V |
| 14.30.00 | 0.95 | 1.26 | 2.57 | 0 | V |
| 14.31.00 | 0.86 | 0.77 | 1.94 | 0 | V |
| 14.32.20 | 0.67 | 0.63 | 1.58 | 0 | V |
| 14.33.40 | 0.67 | 0.55 | 1.46 | 0 | V |
| 9h 14.34.20 | 0.32 | 0.19 | 0.59 | N1 | - |
| 14.40.20 | 0.34 | 0.24 | 0.67 | N1 | - |
| 14.45.20 | 0.38 | 0.17 | 0.42 | N1 | - |
| 14.48.60 | 0.43 | 0.14 | 0.38 | N1 | - |
| 14.50.10 | 0.45 | 0.08 | 0.32 | N1 | - |
| 14.55.30 | 0.62 | 0.21 | 0.69 | 0 | V |
| 14.58.90 | 0.74 | 0.31 | 1.12 | 0 | V |
| 15.01.50 | 0.79 | 0.50 | 1.49 | 0 | V |
| 15.02.90 | 0.87 | 0.74 | 1.80 | 0 | V |
| 15.03.30 | 0.85 | 0.64 | 1.65 | 0 | V |
| 9h 15.08.80 | 0.51 | 0.45 | 1.09 | 0 | - |
| 15.14.20 | 0.49 | 0.38 | 0.79 | 0 | - |
| 15.15.40 | 0.51 | 0.34 | 0.83 | N1 | - |
| 15.22.10 | 0.73 | 0.57 | 1.46 | 0 | V |
| 15.26.30 | 0.86 | 0.71 | 1.96 | 0 | V |
| 15.27.20 | 0.90 | 0.69 | 1.85 | 0 | V |
| 15.27.50 | 0.89 | 0.68 | 1.89 | 0 | V |
| 15.28.00 | 0.92 | 0.98 | 2.14 | 0 | V |
| 15.29.10 | 0.89 | 0.74 | 1.76 | 0 | V |
| 9h 15.30.30 | 0.41 | 0.57 | 1.34 | 0 | - |
| 15.33.90 | 0.38 | 0.19 | 0.48 | N2 | - |
| 15.34.20 | 0.38 | 0.19 | 0.53 | N2 | - |
| 15.35.00 | 0.42 | 0.25 | 0.64 | N2 | - |
| 15.40.80 | 0.46 | 0.63 | 1.41 | N1 | - |
| 15.41.70 | 0.45 | 0.56 | 1.26 | 0 | - |
| 15.43.10 | 0.50 | 0.72 | 1.49 | 0 | - |
| 15.43.90 | 0.54 | 0.47 | 1.09 | 0 | - |
| 15.44.40 | 0.55 | 0.56 | 1.27 | N | - |
| 15.44.60 | 0.60 | 0.55 | 1.13 | 0 | V |
| 15.45.50 | 0.60 | 0.36 | 0.96 | 0 | V |
| 15.45.90 | 0.60 | 0.38 | 0.91 | 0 | V |
| 15.46.20 | 0.63 | 0.51 | 1.08 | 0 | V |
| 15.46.90 | 0.67 | 0.41 | 1.03 | 0 | V |
| 15.47.60 | 0.75 | 0.58 | 1.37 | 0 | V |
| 15.48.20 | 0.83 | 0.74 | 1.80 | 0 | V |
| 15.48.50 | 0.83 | 0.80 | 1.91 | 0 | V |
| 15.48.80 | 0.85 | 0.81 | 1.92 | 0 | V |
| 15.49.30 | 0.85 | 0.81 | 1.91 | 0 | V |
| 15.50.00 | 0.56 | 0.21 | 0.69 | 0 | - |
| 15.59.10 | 0.54 | 0.10 | 0.34 | 0 | - |

| MASQUE | NO 1 | NO 2 | NO 3 | NO 4 | NO 5 | NO 6 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| Valeur de l'autocorrel. | 283.7 | 431.6 | 565.5 | 706.4 | 503. | 668.7 |
| Rapport du 1er lobe (dB) | 1.77 | 1.67 | 1.51 | 1.09 | 1.42 | 1.48 |
| Rapport du 2ième lobe (dB) | 3.64 | 3.05 | 2.86 | 2.16 | 2.77 | 2.81 |
| Seuil associé à P1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| Seuil associé à S1 | 0.35 | 0.33 | 0.3 | 0.21 | 0.28 | 0.29 |
| Seuil associé à S2 | 1.09 | 0.92 | 0.86 | 0.65 | 0.83 | 0.84 |

Tableau No 1 : Résultats relatifs aux masques

Tableau No 2 : Résultats obtenus au cours de la poursuite

Remarque : les bases de temps encadrées correspondent approximativement aux distances 5,4,3,2,1 et 0.5 km