



ASDE : TRAITEMENT DES DONNEES DES RADARS D'AEROPORT

Bernard MONNIER, Rémi YOUSSEFI

THOMSON-CSF Division SDC
Systèmes Défense et Contrôle
7, rue des Mathurins BP 10
92223 BAGNEUX

APSIDE Technologie
58, Av. du Général Leclerc
92100 BOULOGNE

RESUME

L'augmentation du trafic aérien ainsi que les accidents ou incidents survenues ces dernières années, imposent un équipement de plus en plus performant concernant la gestion des mouvements au sol sur les aéroports.

Le radar permet de surveiller tout mobile présent sur la totalité de la zone de l'aéroport, que les véhicules soient équipés ou non, de matériel de localisation, c'est pourquoi il est un élément essentiel dans le processus de gestion d'alerte pour prévenir les risques de collisions sur les aéroports.

Cet article décrit les processus automatiques de détection, de filtrage, de pistage, d'identification du trafic à partir des données radar.

Les nouvelles fonctions sont également abordées afin de présenter les perspectives de traitement opérationnels futurs qui permettront d'apporter une aide considérable aux contrôleurs aériens.

ABSTRACT

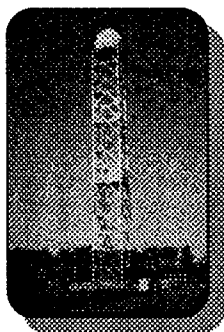
The air traffic growth as accident or incident arised these latest years, makes necessary more and more efficient equipment concerning ground movement management on airports.

Radar allows to watch any moving target in the whole airport zone, vehicles can be equipped with localization appliance or not, that's why radar is an essential tool in alert management processing to prevent collision risk on airports.

This paper describes the automated processing for detection, filtering, tracking and identification of traffic using radar data.

New functionalities are also considered to introduce viewpoints on future operationnal processing which will bring considerable help to air controllers.

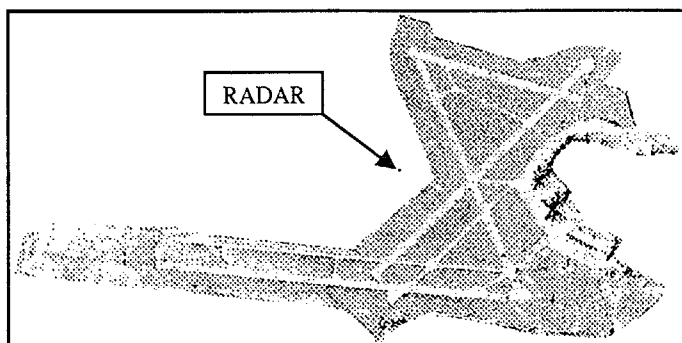
1. INTRODUCTION



Les contrôleurs aériens règlent la circulation des mobiles (*avions et véhicules*) se trouvant à l'intérieur d'un aéroport, de façon visuelle, mais aussi et surtout par mauvais temps grâce aux informations fournies par un radar dont les caractéristiques permettent de présenter à l'opérateur, une image complète et de bonne qualité quelle que soit les conditions atmosphériques.

Or, disposer d'un tel équipement, s'avère un apport excessivement intéressant dans le futur, si l'on considère l'évolution sans cesse croissante du trafic. En effet, des problèmes liés à cette évolution risquent d'apparaître. L'élément de préoccupation principal restera sans aucun doute, d'assurer la sécurité, cette exigence est à la base de nos travaux.

2. PRINCIPE



Position du problème de surveillance des zones aéroportuaires

Les caractéristiques du radar et les traitements d'images appliquées à ce type de données, permettent d'obtenir de bonnes performances de détection et de disposer de fonctions nouvelles performantes pour assurer la sécurité.

Aujourd'hui, les efforts portent sur les moyens de traitement automatique de détection d'"objets" fixes ou mobiles présents sur la zones à surveiller, de pistage des véhicules ou avions en mouvement, mais aussi à l'arrêt. L'aspect visualisation synthétique de l'information, en superposition à la vidéo radar pré-traitée, restent également un axe important de nos recherches afin de proposer une amélioration à la fonction d'aide aux contrôleurs aériens dans les tours de contrôle.

L'article propose de décrire de façon détaillée, les traitements de détection et d'initialisation de pistes automatique. Les solutions proposées font appels à des algorithmes issues pour la plupart du domaine du traitements d'analyse d'images.

Ces méthodes s'avèrent particulièrement performantes dans les cas de détection difficile de mobiles présents en dehors des pistes, dans des zones herbeuses (*véhicules ou hélicoptères*) ou même, comme dans le cas de certains aéroports en Asie, des bateaux dans les zones de mer, en bout de pistes par exemple (*cas de l'aéroport de Hong-Kong*).

Une fonction de gestion d'alerte est prévue dans le système global de détection/pistage.

3. TRAITEMENTS

DETECTION :

- Formatage des données en coordonnées polaires (image azimut distance) :



Les algorithmes de détection utilisent des opérateurs de traitement d'images non invariants par rotation. En effet en coordonnées polaires RADAR (azimut, distance), un pixel a une largeur croissante lorsque sa distance au RADAR augmente ; donc un opérateur non invariant par rotation ne donne le même résultats selon la distance.

Dans la suite, on note :

V_I : les données enregistrées (vidéo incidente)

V_N : les données après normalisation (vidéo normalisée)

Carte de fouillis (CF)

Les traitements présentés utilisent une carte de fouillis qui nécessite une phase d'initialisation afin de permettre la détection des cibles fixes. La carte utilisée est une estimation à un seul paramètre μ ; avec une dynamique 10 fois supérieure à celle des données enregistrées, afin d'augmenter la sensibilité de l'estimateur. Equation régissant la C.F. :

$$\mu(n) = k.\mu(n-1) + (1-k).(V_I * 10) \text{ avec } k=7/8$$

La détection n'est pas différenciée entre les zones de pistes, voies d'accès aux pistes ou zones de stationnement et sur les zones herbeuses.

* application CF et seuillage à hystérésis par dilatation géodésique.

application CF : vidéo normalisée $V_N = \text{Max}(V_I - \mu/12, 0)$. ($\mu * 5/6$ au lieu de μ)

seuil haut : seuillage sur la vidéo normalisée V_N des valeurs strictement supérieures à 5

seuil bas : lissage 3x3 de la vidéo normalisée V_N , puis seuillage des valeurs strictement supérieures à 2

On obtient ainsi le résultat binaire des détections, sous la forme d'une image. Enfin, durant le processus de détection, la carte de fouillis est réactualisée une fois sur trois, mais avec deux types de mise à jour, une réactualisation normale et une réactualisation suivant l'équation :

$\mu(n) = \text{Min}(k.\mu(n-1) + (1-k).(V_I * 10), \mu(n-1))$; ces mises à jour se font alternativement (ce système de mise à jour permet de limiter des fausses détections sur zones herbeuses dues à l'ombre des cibles).

Remarque : toutes les opérations traitements d'images se font en 8-connexité.

Lissage NxN

Une fenêtre carré de taille N parcourt l'image, élément par élément. Au fur et à mesure que cette fenêtre se déplace, toutes les valeurs qu'elle contient sont moyennées. Cette valeur moyenne est alors placée au centre de la fenêtre dans l'image résultat.

Exemple de lissage 3x3

Image initiale

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 |
| 0 | 4 | 4 | 5 | 5 | 0 |
| 0 | 6 | 6 | 7 | 7 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Image lissée

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| 0 | 2 | 4 | 4 | 3 | 0 |
| 0 | 2 | 3 | 3 | 2 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Seuillage à hystérésis par dilatation géodésique

Dilatation simple

La dilatation (de taille 1) rajoute une couche de pixels à la périphérie d'une forme.

Image initiale :
(les pixels gris sont rajoutés par la dilatation)

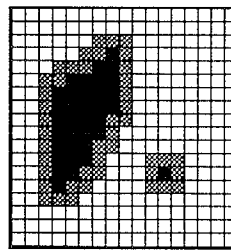
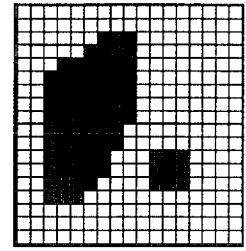
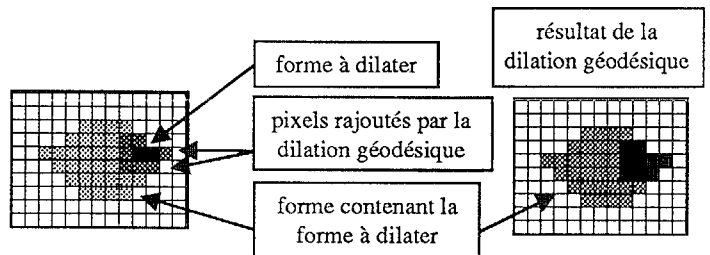


Image dilatée :



Dilatation géodésique

Cette dilatation rajoute aussi une couche de pixels à la périphérie d'une forme, mais, parmi les pixels rajoutés, on ne conserve que ceux qui sont à l'intérieur d'une autre forme contenant celle à dilater.

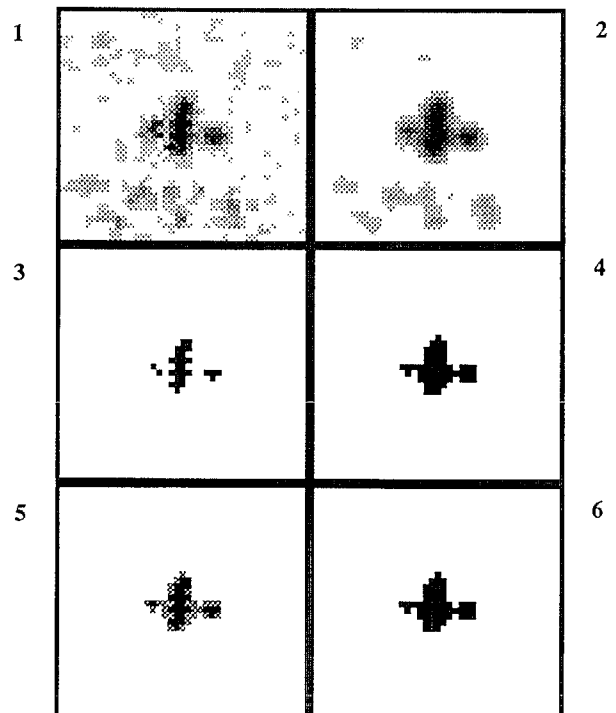


Seuillage à hystérésis

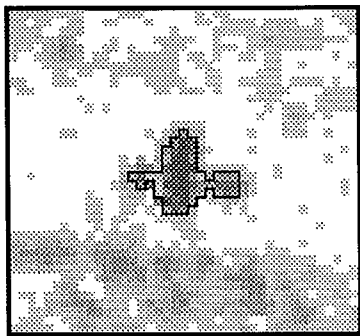
La dilatation géodésique du seuil haut dans le seuil bas est itérée jusqu'à idempotence, c'est à dire tant qu'un changement est observé.

Algorithme : les étapes de la détection

- (1) - image de la vidéo normalisée (après application CF)
- (2) - image de la vidéo normalisée après lissage 3x3
- (3) - image binaire après seuillage haut sur (1)
- (4) - image binaire après seuillage bas sur (2)
- (5) - 'fusion' des deux images binaires (3) et (4)
- (6) - image binaire résultat de la détection (après dilatation géodésique de (3) dans (4))

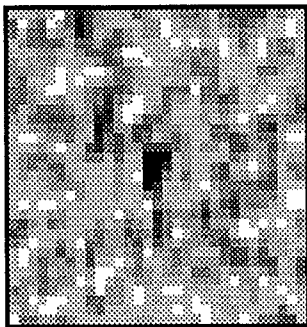


Résultat obtenu : contour de la détection sur la vidéo incidente

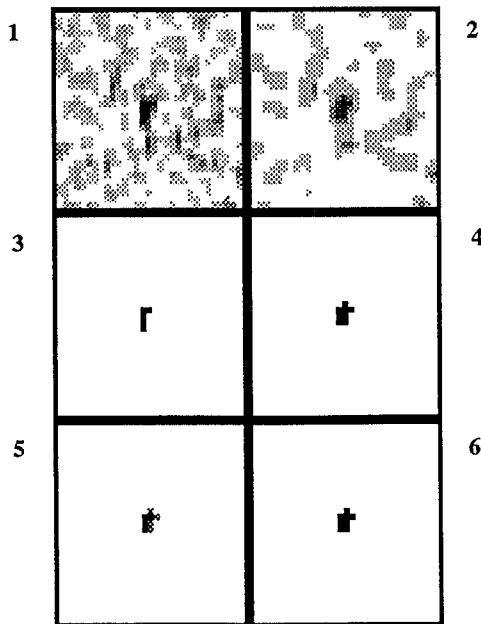


Exemple d'une détection de cible dans la zone herbeuse :

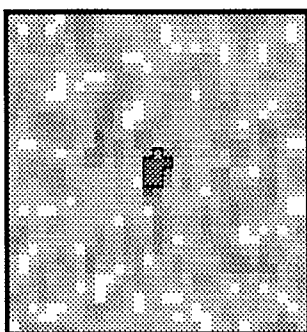
Image de la vidéo incidente



Algorithme : les étapes du traitement



Résultat obtenu : contour de la détection sur la vidéo incidente



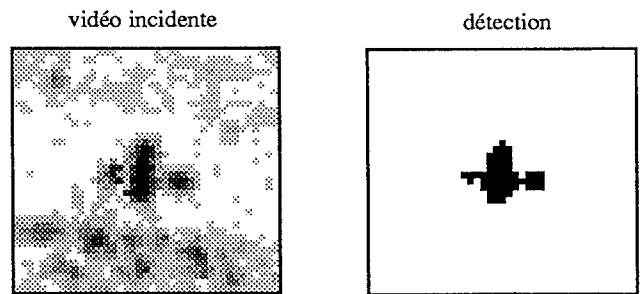
Extraction (formation des plots):

A partir des détections binaires précédentes et de la vidéo incidente associée, on construit un ensemble de plots.

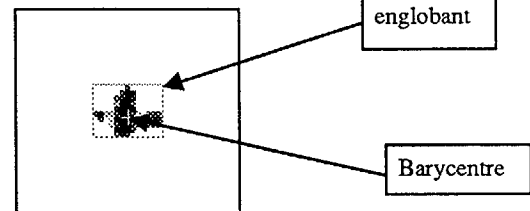
L'image binaire des détections est étiquetée. Pour chaque plot, on calcule un certains nombres d'attributs à l'aide de la vidéo incidente V_I et de son étiquette :

- X : barycentre des détections en X
- Y : barycentre des détections en Y
- Surf : surface (score)
- Rect : coordonnées du rectangle englobant de la détection
- Ampm : amplitude moyenne des amplitudes V_I
- Ampmx : amplitude maximum des amplitudes V_I
- Flag : indicateur 'plot libre' - 'plot non libre'

Exemple de formation plots



PLOTS



Attributs du plots:

| | | |
|-------|---|---------------|
| X | : | 89.2359 |
| Y | : | 177.852 |
| Surf | : | 55 |
| Rect | : | 83 95 174 183 |
| Ampm | : | 5.16364 |
| Ampmx | : | 7 |
| Flag | : | 1 |

Unité distance : case-distance

Pistage :

Il est basé sur un filtre de Kalman. Les quelques particularités à noter sont les suivantes :

- cet algorithme permet le pistage de cible à l'arrêt
- l'accélération est prise en compte pour tenir compte des phases d'atterrissage et de décollage où les variations de vitesse sont importantes.



4. PERSPECTIVES

Demain, l'augmentation du trafic aérien, l'évolution des moyens matériels et informatiques permettent d'envisager de nombreuses évolutions des dispositifs actuels vers des fonctionnalités de plus en plus sophistiquées permettant à la fois :

- d'assurer une meilleure sécurité des mouvements effectués sur l'aéroport (*gestion d'alerte, identification de phénomènes dangereux pour l'aviation, cumulonimbus, μburst, vols massifs d'oiseaux ...*),
- de proposer une IHM de meilleure qualité aux contrôleurs aériens (*visualisation synthétique, reconnaissance vocale, ...*), mais aussi aux pilotes par un transfert d'informations numériques via une ligne de communication entre l'avion et le sol,
- et enfin des traitements complémentaires d'identification de cibles et de fusion de données pour l'aide à la décision du contrôleur aérien.

5. CONCLUSIONS

Les traitements mis en œuvre dans cette étude, sont validés sur des données réelles et peuvent s'appliquer à d'autre type de radar, notamment les radars marines pour la surveillance portuaire et côtière ou des radars de surveillance de zones terrestres stratégiques ou dangereuses.