

# Préparation des données Radar pour la reconnaissance/identification de cibles aériennes

Abdelmalek Toumi\*, Brigitte Hoeltzener\*, Ali Khenchaf\*

\*Laboratoire **E3I2** – EA 3876

Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs des Etudes et Techniques d'Armement (**ENSIETA**)  
2 rue François Verny 29806 Brest Cedex 9, France  
{toumiab, hoeltzbr, Ali.khenchaf,@ensieta.fr }

**Résumé.** La problématique générale présentée dans ce papier concerne les systèmes intelligents, dédiés pour l'aide à la prise de décision dans le domaine radar. Les premiers travaux ont donc consisté après avoir adapté le processus d'extraction de connaissances à partir de données (ECD) au domaine radar, à mettre en œuvre les étapes en amont de la phase de fouille de données. Nous nous limitons dans ce papier à la phase de préparation des données (images ISAR : *Inverse Synthetic Aperture Radar*). Nous introduisons ainsi la notion de qualité comme moyen d'évaluer l'imperfection dans les données radars expérimentales.

## 1 Introduction

Depuis plusieurs années, des travaux de recherche importants sont déployés pour permettre aux radars de réaliser des tâches liées à l'intelligence artificielle, telle que la reconnaissance des cibles. Pour l'homme, l'acquisition des images et l'identification de cibles s'effectuent par l'intermédiaire du système visuel. L'œil humain peut être défini comme un capteur qui va transmettre ses données au cerveau de façon à traiter les informations et prendre une décision. Le système de perception visuel humain « œil-cerveau » est régi par des mécanismes très complexes, qui ont toutefois des limitations. Par exemple, l'œil n'est sensible qu'à certaines longueurs d'ondes, son spectre de visibilité est limité et sa sensibilité diminue avec l'obscurité. Pour résoudre ces problèmes, des systèmes d'aide à la décision ont été développés. Ils sont capables de percevoir l'environnement au-delà du système sensoriel et de réaliser des étapes de perception de plus en plus fines. Pour répondre à ce besoin, dans le domaine militaire, différentes technologies ont été mises au point par l'intermédiaire de capteurs spécifiques tel que le radar. En contrepartie les quantités d'informations à gérer sont devenues gigantesques et délicates voire impossible à traiter rapidement pour prendre une décision. Ainsi que la sensibilité des signaux radar aux conditions opérationnelles, sujettes aux perturbations environnementales et aux conditions de mesure, exige une prise en compte. Le problème traité dans ce papier s'insère dans le cadre général de l'identification non-coopérative d'une cible aérienne à partir de la rétrodiffusion d'un signal radar multifréquentiel (Toumi et al., 2005)( Hoeltzener et al., 2003).

## 2 Cadre méthodologique et processus ECD

Les aspects académiques concernent davantage le problème de l'extraction de primitives les mieux adaptées aux données radar et la prise en compte des imperfections avant de passer à l'étape de fouille de données (Frawley et al., 1991). Se rajoute à cela, l'idée d'un fonctionnement en mode supervisé pour la validation des informations candidates. L'intervention de l'opérateur humain s'est montrée utile notamment, dans le cadre des expérimentations et simulations des données radar (cf. section suivante)

### 2.1 Base de données en expérimentation radar

L'utilisation conjointe des données synthétiques et réelles est une pratique courante pour la validation des différentes méthodes de reconnaissance. C'est dans ce contexte que nous avons eu recours à des données expérimentales acquises en laboratoire dans une chambre anéchoïde<sup>1</sup> en utilisant des maquettes à l'échelle 1/48<sup>ème</sup> modélisant l'interaction radar cible.

En outre, le volume de la base de données augmente très rapidement avec le nombre de cibles pour un état donné (configuration) du système d'acquisition, la première base de données renseignée a été réalisée à partir de simulations fines du système d'acquisition produisant l'ensemble de données 1D et 2D. La base des données 2D contient plus de 2430 images pour 15 maquettes et par polarisation (4 polarisations au total).

Dans ce papier, nous traitons que les données images (*images ISAR*) (Kok, 1998) reconstruites à partir des signature à haute résolution à une dimension (*profils distance*) par la transformée de Fourier.

### 2.2 Orientation vers le calcul de descripteurs de forme

Pour la phase de préparation des images ISAR, nous aurons recours aux techniques essentiellement issues de recherches effectuées en reconnaissance de forme. Plusieurs états de l'art ont été présentés dans (Rui et al., 1999). Généralement les primitives visuelles sont regroupées en trois classes (Mezhoud et al., 2000) : les descripteurs liés à la couleur (histogramme), les descripteurs de texture (matrice de cooccurrence, indice de direction principale et de rugosité, filtre de Gabor et ondelettes) et les descripteurs de formes (descripteur de Fourier et des moments, points caractéristiques, etc.).

Dans ce contexte de travail, nous nous intéressons à trouver une présentation pertinente des images ISAR via des primitives visuelles significatives et fiables. Nous traiterons la modélisation et l'indexation logique des images ISAR avec la prise en compte de l'imprécision liée au système de mesure (section 4).

## 3 Image ISAR et calcul des descripteurs de forme

L'extraction de l'information pertinente est la première étape de la reconnaissance. Elle est réalisée à l'aide de l'extraction des primitives qui définissent des informations élémentaires.

---

<sup>1</sup> Anéchoïde signifie sans réverbération. Elle absorbe donc les micro-ondes et empêchant toute réflexion vers l'objet testé.

Dans notre approche, le premier traitement à effectuer est la segmentation des images ISAR en niveau de gris. Il est difficile de définir, de manière absolue, une bonne « segmentation ». Sa qualité est en partie fonction des résultats obtenus par les traitements situés en aval qui utilisent les primitives extraites.

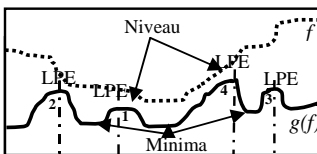
Pour le cas des images ISAR à traiter, les techniques de détection de contour fondées sur des techniques dérivatives ne fournissent que des ensembles de contours non fermés révélant un certain nombre de disparités localisées au sein même de la signature de la cible. Leur traitement à ce titre entraînerait une complication pour la reconstruction d'une forme plus générale de la cible. Afin d'atteindre l'objectif, le choix s'est porté sur des opérateurs de morphologie mathématiques (Beucher et Meyer, 1993), la technique retenue est celles des *lignes de partage des eaux* (LPE).

### 3.1 Segmentation des images ISAR par LPE

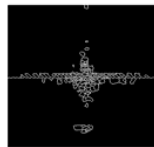
La segmentation morphologique consiste à appliquer la LPE sur l'image gradient, dérivée de l'image originale. La LPE est une technique très importante parmi les techniques de segmentation. Elle utilise la terminologie de la géographie qui définit la LPE comme la crête qui forme la limite entre deux bassins versants dans une image considérée comme une surface 3D. Le choix de telle méthode est sollicité par le fait que les points brillants sont caractérisés par des pics assez importants des autres régions reflétant le signal émis par un radar.

L'application directe de la technique LPE sur le gradient des images ISAR, donne des images sursegmentées. Pour dénouer ce problème, nous avons procédé au renforcement les variations de niveaux de gris en passant par l'image simplifiée. Par conséquent, l'image initiale va être transformée en image mosaïque (Beucher et Meyer, 1993). L'image mosaïque peut s'interpréter comme un graphe sur lequel sont évalués des arcs. Le graphe valué de l'image mosaïque est appelée gradient mosaïque. Ce gradient est la fonction  $h$  définie sur tous les arcs de l'image et ses niveaux de gris correspondent à la différence de valeur existant entre deux composantes connexes. En éliminant les premiers niveaux, nous arrivons à garder l'information nécessaire révélant la forme générale de la cible (cf. figure 1).

Une fois l'image segmentée, on a besoins d'extraire les informations du contour pour procéder à la reconnaissance des formes. C'est pourquoi, elle est généralement représentée dans un formalisme par des descripteurs de forme (cf. Section 3.1.1).



a) Principe du gradient-mosaïque.



b) Suppression niveau 1.



c) Suppression jusqu'à niveau 5.



d) Forme extraite

FIG. 1 – LPE du gradient mosaïque.

#### 3.1.1 Formes et descripteurs

Le problème fondamental dans la reconnaissance de forme est de déterminer dans quelle mesure deux formes sont similaires, indépendamment de leur position dans l'image. Il en

découle que les descripteurs de forme doivent être précis, compacts et invariants à un certain nombre de transformations géométriques (translation, rotation, changement d'échelle et du point origine de la forme). Nous trouvons une étude plus détaillée des descripteurs de forme utilisant des méthodes standards telles que Fourier (Mezhoud et al., 2000) ou Fourier Mellin (Teoch et al., 2004) qui sont largement utilisés dans les systèmes de recherche actuels. Nous proposons ici, de modéliser la forme d'une cible par les descripteurs de Fourier.

On considère  $f(x)$  comme étant une fonction périodique continue différentiable définie sur  $[0, 2\pi]$  qui pourra être une des fonctions de contours de la forme à étudier (en forme complexe). Une telle fonction peut être approximée par une série de Fourier  $C(k)$  où les coefficients de Fourier dépendent généralement de la forme de la cible : les coefficients tendent à décrire les caractéristiques globales d'une image pour des  $k$  petits et décrivent beaucoup plus finement ces formes pour des  $k$  plus grands. Enfin, seule une vingtaine de descripteurs de Fourier (*conservation de l'énergie par l'égalité de Parseval*) est gardée pour représenter la forme d'une façon compacte et précise pour des mises en correspondance lors du processus de recherche/reconnaissance.

Cependant, un grand défi réside dans le fait que les connaissances dont nous disposons sont imparfaites. La prise en compte de ces imperfections dans l'étape d'acquisition et préparation des données (en référence au processus ECD) doit conduire à tenir compte de la variabilité/hétérogénéité des primitives extraites pour différentes expérimentations.

## 4 Prise en compte de l'imperfection

Vu que les données acquises sont fortement liées au scénario d'acquisition, les données sont souvent dépendantes des paramètres environnementaux (le taux d'humidité, la chaleur, la présence d'autres objets, etc). La manière la plus commune de caractériser l'imperfection attachée à une mesure consiste alors à répéter cette mesure dans les mêmes conditions expérimentales (même expérimentateur, même matériel, même protocole). Le résultat de la mesure varie généralement d'une expérience à une autre. Ce phénomène peut malheureusement engendrer des imperfections au niveau de l'étape de préparation de données, telle que, l'obtention pour différentes expérimentations, de différentes formes extraites des images pour une même cible. Par conséquent, nous avons mis en place une démarche pour la prise en compte de cette imperfection en introduisant la notion de qualité de données.

### 4.1 Méthodologie

La gestion d'imperfection s'appuie donc sur un modèle de référence qui est considéré le plus précis et le plus complet pour un paramétrage donné du système d'acquisition. Ce modèle est caractérisé par des connaissances jugées suffisantes et extraites d'un ensemble de données simulées, mais aussi par un ensemble de règles établies par l'expert du domaine radar. Ces règles sont exprimées sous la forme de règles floues (Dubois et Prade, 1992) avec « *si V est A alors D est B* » (ou « *si V est a alors D est b* » pour une représentation numérique), avec A et B associés à deux variables linguistiques :

- (1) Si écart est important alors la qualité est mauvaise
- (2) Si la bande est large alors la résolution est fine

Nous cherchons à partir de ces règles à attribuer une qualité aux données en vue de la sélection de tel ou tel traitement ultérieur, voire d'aider à leur paramétrage, et ceci avant la phase de fouille de données.

Pour ce qui est de la règle (1) et de l'estimation de l'écart, nous évaluons le signal réfléchi durant l'acquisition des données, par rapport à un ensemble de propriétés : Spectre, distribution de probabilité du signal, etc. Sachant que cette évaluation se fait au niveau pour chaque réponse impulsionnelle de chaque angle de visée du radar, une agrégation est réalisée à partir des différentes réponses qui participent à la reconstruction d'une image (exemple : on sélectionne un domaine angulaire de  $20^\circ$  pour reconstruire une image ISAR). C'est ainsi qu'un écart noté  $Ecart_i$  est calculé entre une donnée de référence  $D_{ref}$  et la données acquise  $D_{acq}$  pour la propriété  $P_i$  :

$$dist_i(f_{p_j}(D_{ref}), f_{p_j}(D_{acq})) = Ecart_i \quad (1)$$

L'évaluation consiste alors à interpréter si les  $Ecart_i$  sont acceptables ou non au niveau des traitements envisagés grâce des fonctions d'évaluation floues. Pour cela nous avons défini des fonctions d'appartenances trapézoïdes associées à chaque variable  $Ecart_i$ .

Ce formalisme est repris pour les fonctions d'appartenance définissant une qualité des images en sortie, de moins en moins bonne pour des écarts de plus en plus importants.

L'une des difficultés de cette approche réside dans le paramétrage des fonctions d'évaluation floues. Par conséquent, le paramétrage n'a pas été fixé pour automatiser l'évaluation, et fournir à l'utilisateur le moyen d'être maître de cette évaluation. Nous avons mis en place un SIF (Système d'Inférence Flou) qui intègre des règles d'évaluation ainsi des règles qui caractérisent les connaissances de l'expert. Elles sont exprimées en langage Naturel via une dizaine de variables linguistiques.

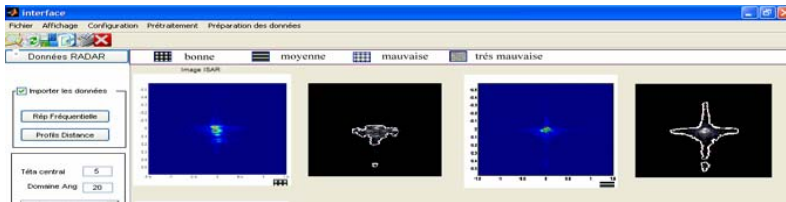


FIG. 2 – Qualification des données d'une même cible Mig 29 acquises avec les mêmes paramètres de mesure (même paramètre de configuration de la chambre anéchoïde).

## 5 Conclusion

Dans ce papier nous avons présenté les travaux concernant la phase de préparation de données du processus ECD appliqué en expérimentation radar (reconstruction des images ISAR et modélisation de la forme par les descripteurs de Fourier après extraction par LPE). Notre démarche, motivée par la présence des imperfections dans les données et qui sont liées à leur sensibilité aux conditions de mesure et aux perturbations environnementales, tire profit des fonctions d'évaluation floues. Ceci permet de prendre en compte l'imperfection du système de mesure dans la préparation des données.

Ces travaux conduisent aussi à catégoriser les paramètres de la segmentation et de l'extraction de la forme pour chacune des qualités attribuée à une image. Il est en ce cas possible de prévoir une automatisation du système.

Enfin, nos travaux en cours portent sur les techniques de fouille de données, prenant en compte l'aspect graduel de la qualité des données. La validation en termes de performances, de taux de reconnaissance et de temps de calcul fera l'objet de nos prochains travaux.

## Références

- Beucher, S. and F. Meyer (1993). The morphological approach to segmentation: the watershed transformation, in E. R. Dougherty, editors, *Mathematical Morphology in Image Processing*, chapter 12, pages 433-481. Marcel Dekker, New York.
- Dubois, D. and H. Prade (1992). Fuzzy rules in knowledge-based systems-modelling gradedness, uncertainty and preference, In R.R. Yager and L.A. Zadeh, editors. *An Introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligent Systems*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht.
- Frawley, W. J., G. Piatetsky-Shapiro, C. J. Matheus (1991). *Knowledge Discovery in Databases: An Overview*. Knowledge Discovery in Databases. Cambridge, pp. 1-27.
- Hoeltzner, B., F. Pellen and A. Khenchaf (2003). Analysis of complexity, different levels of exploitation : Application to radar automatic target recognition, *ICSE*, Coventry, UK.
- Kok Hui Ng. (1998). *Radar Imaging Using ISAR*. Phd Thesis, Bachelor of Electrical Engineering of the University of Queensland.
- Mezhoud, R., S. Derrode and F. Ghorbel (2000). Comparaison de deux familles complètes de descripteurs de formes pour l'indexation de bases d'images 2D, *Annals of Telecommunications*, (55),3-4, pp : 184-193.
- Rui Y., Huang. and S. Chang (1996). *Image retrieval: current techniques, promising directions, and open issues*, *JVCIR*, 10, 39-62.
- Teoch Beng Jin, A., D. Ngo Chek Ling, and O. Thian Song (2004). An efficient fingerprint verification system using integrated wavelet and fourier-mellin invariant transform. *Image and Vision Computing*, 22:503--513.
- Toumi, A., B. Hoeltzner, and A. Khenchaf (2005). Multi-level radar automatic target recognition. *European conference propagation and systems, CEPS05*. Brest.

## Summary

The main purpose of this paper deals with intelligent systems dedicated to decision making in radar field. This leads to help in decision making in operational context for none cooperative targets identification. This process is issued from works related to knowledge discovery from data (KDD process) and has been particularised for radar experimentation and simulation. The study deals with the radar data preparation step of the KDD process. In this framework, we present research and results in radar experimentation field and data preparation (images; Image Synthetic Aperture Radar). Then, data quality will be defined and estimated for evaluating the imperfection in radar experimentations and its impact on the other stages of the KDD process for target recognition.