HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

présentée par

Jean-Philippe OVARLEZ

Apport de Techniques d'Analyse, de Détection et d'Estimation en Radar et Imagerie Radar

ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB

return on innovation

UNIVERSITÉ PARIS-SUD 11

Situation Actuelle

Maître de Recherche à l'ONERA dans l'Unité TSI (Traitement du Signal) du Département ElectroMagnétisme et Radar (DEMR)

Détaché à mi-temps dans le laboratoire franco-singapourien SONDRA de Supélec

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

1988-2011

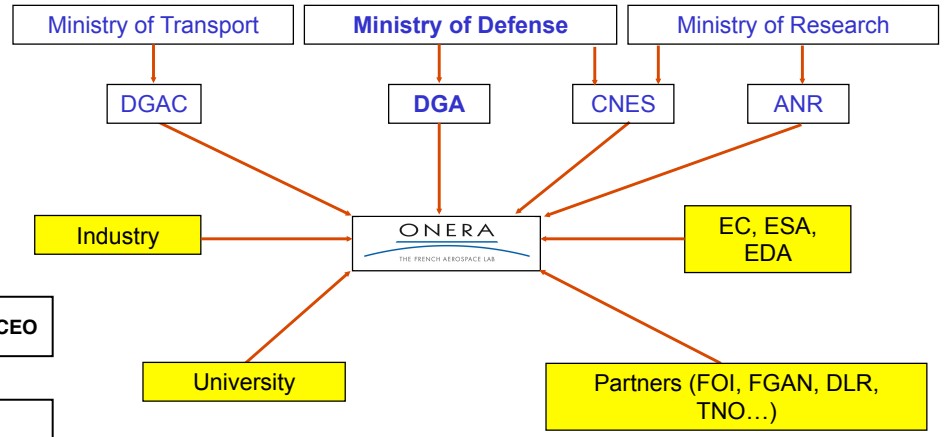
SONDRA

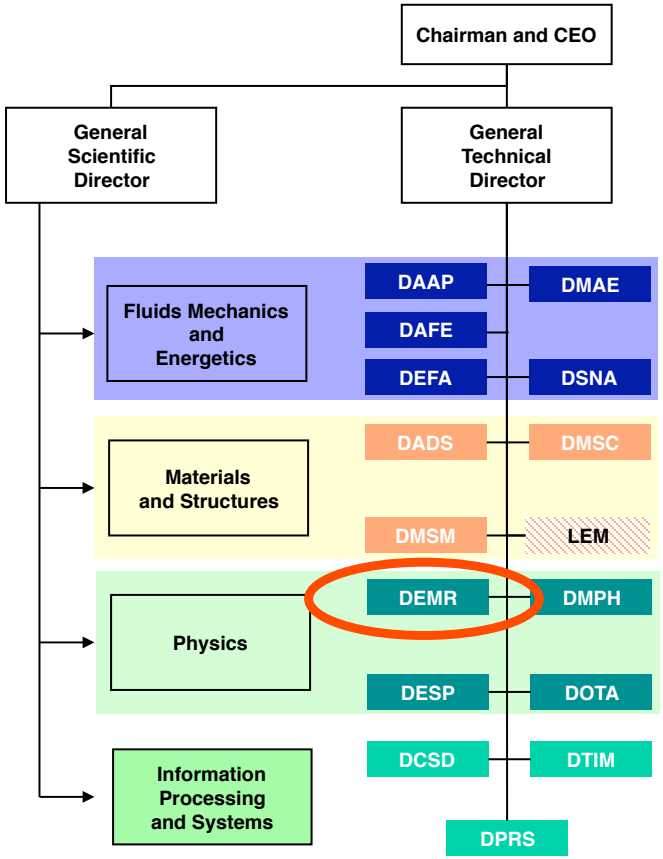
2008-2011

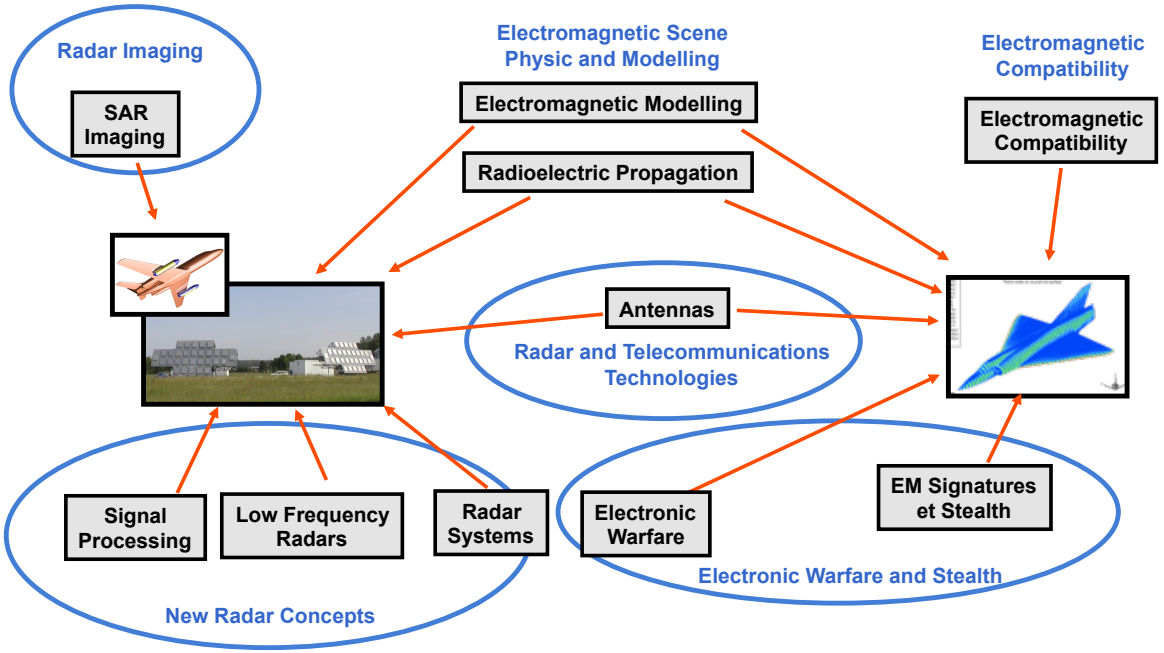
Traitement du Signal pour le Radar et l'Imagerie SAR

Département ElectroMagnétisme et Radar (DEMR) de l'ONERA

1500 Chercheurs
250 Doctorants







UNIVERSITÉ PARIS-SUD 11
ONERA THE FRENCH AEROSPACE LAB

SONDRA

Supélec – University of Engineering

National University of SINGAPORE

SONDRA
(Supélec Onera Nus Dsta Research Alliance)

FRANCE

SINGAPORE

Onera (The French Aerospace Lab)

The Defence Science & Technology

× **MISSION :** Researching in Electromagnetism and Signal Processing for developing future radars.

Plan

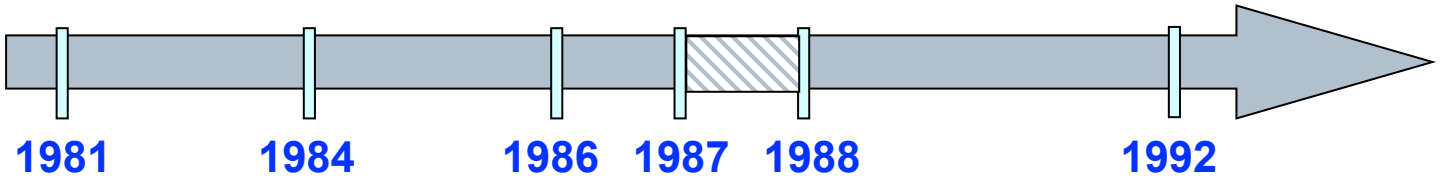
- **Parcours**
  - Formation
  - Expériences Professionnelles
  - Axes des Principales Etudes Contractuelles
- **Thématiques et Travaux de Recherche**
  - Chronologie
  - Détection et Estimation Radar
  - Imagerie Radar/SAR
- **Synthèse des Activités de Recherche**
  - Activités d'Enseignement
  - Production Scientifique
  - Encadrements
  - Responsabilités Scientifiques et Administratives
- **Perspectives**

Plan

- Parcours
  - Formation
  - Expériences Professionnelles
  - Axes des Principales Etudes Contractuelles
- Thématiques et Travaux de Recherche
  - Chronologie
  - Détection et Estimation Radar
  - Imagerie Radar/SAR
- Synthèse des Activités de Recherche
  - Activités d'Enseignement
  - Production Scientifique
  - Encadrements
  - Responsabilités Scientifiques et Administratives
- Perspectives

UNIVERSITÉ PARIS-SUD 11
ONERA THE FRENCH AEROSPACE LAB

Formation

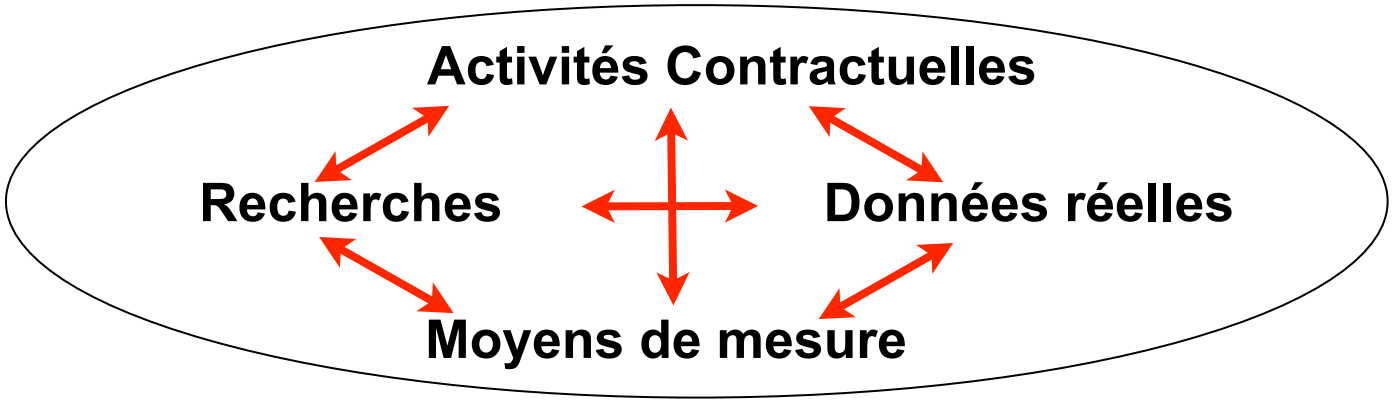


1981	Baccalauréat série C
1981-1984	Classes Préparatoires M
1984-1987	Ecole Ingénieur ESIEA
1986-1987	DEA Automatique et Traitement du Signal à Paris 11
1987-1988	Scientifique du Contingent
1988-1992	Doctorat de Physique ONERA/Paris 6 (*spécialité Traitement du Signal*) : *La Transformation de Mellin : un Outil pour l'Analyse des Signaux Large Bande*
1992	Ingénieur de Recherche à l'ONERA

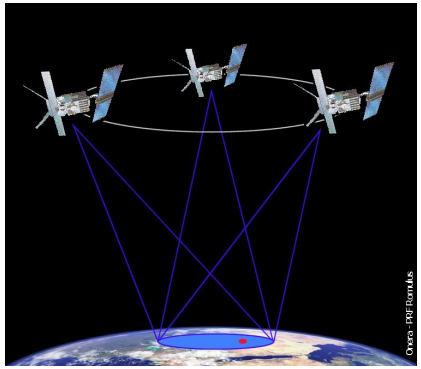
Expériences Professionnelles

1992-1997	Ingénieur de Recherche dans l'Unité *Radars Futurs* de la Division *Systèmes Radar* de la *Direction des Etudes de Synthèse* de l'ONERA
1997-2011	Ingénieur de Recherche dans l'Unité *Traitement du Signal* du Département *ElectroMagnétisme et Radar* (DEMR) de l'ONERA
depuis 2008	Chercheur à 40% au laboratoire SONDRA de Supelec : *Responsable des activités Traitement de Signal*
2010	Séjour de Recherche ERE (DGA) d'un an au DSO National Laboratories à Singapour : *Méthodes d'Estimation Robustes dans les Processus Gaussiens Composés. Application au Radar*

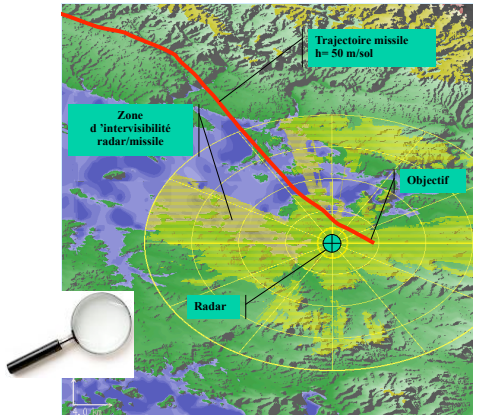
Axes des Principales Etudes Contractuelles à l'ONERA



- Imagerie Radar, SAR et ISAR
- Nouveaux Concepts Radar (Ex: *ROMULUS*)
- Analyse et Modélisation du Fouillis
- Détection et Estimation (Ex: *MODEM*)
- Simulateurs Radar, SAR



ROMULUS
Radars Orbitaux MULtisatellites à Usage de Surveillance



MODEM
MOdélisation de la DEtectabilité des Missiles

Plan

- Parcours
  - Formation
  - Expériences Professionnelles
  - Axes des Principales Etudes Contractuelles
- Thématiques et Travaux de Recherche
  - Chronologie
  - Détection et Estimation Radar
  - Imagerie Radar/SAR
- Synthèse des Activités de Recherche
  - Activités d'Enseignement
  - Production Scientifique
  - Encadrements
  - Responsabilités Scientifiques et Administratives
- Perspectives

Chronologie des Recherches

- Analyse d'images SAR : Interférométrie, Polarimétrie, Multi Passes, Multi Bandes, Multi-Looks,
- Détection Radar : STAP, MIMO, Détection SAR, Détection en Hyperspectral

2011

2009

2008

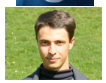
2007

2004

2001

1992

Analyse Statistique et Classification dans les Images SAR Polarimétriques



Analyse Temps-Fréquence pour l'Imagerie SAR Polarimétrique

Analyse Temps-Fréquence pour l'Imagerie SAR

Classification Polarimétrique des Images SAR

Analyse Temps-Fréquence et Imagerie Radar

Travaux de Thèse

2011

2009

2008

2007

2003

1998

1995

Analyse de la Robustesse des M-estimateurs en Radar

MIMO et SIRV

Estimation Structurée de la Matrice de Covariance des SIRV

Détection et Estimation dans les SIRV

Détection dans les SIRV

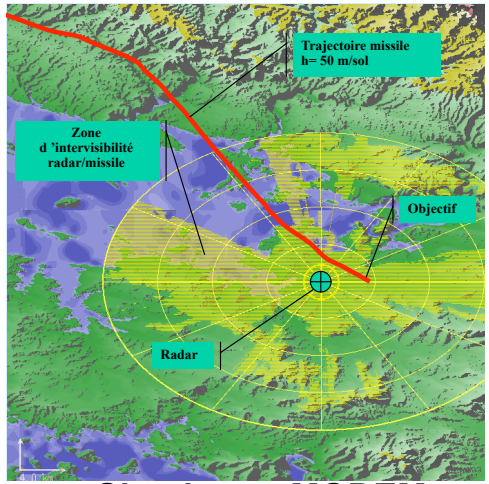
Etude MODEM

Détection - Estimation

Plan

- Parcours
  - Formation
  - Expériences Professionnelles
  - Axes Principaux d'Etudes Contractuelles
- Thématiques et travaux de recherche
  - Chronologie
  - Détection et Estimation Radar
  - Imagerie Radar/SAR
- Synthèse des Activités de Recherche
  - Activités d'Enseignement
  - Production Scientifique
  - Encadrements
  - Responsabilités Scientifiques et Administratives
- Perspectives

Détection et Estimation Radar



Simulateur MODEM

1992 : ETUDE MODEM : Simulateur évaluant (la sensibilité de) la détectabilité d'une cible évoluant à site-bas, dans du fouillis, face à un radar et prenant en compte :

- **le terrain,**
- **la cible,**
- **le radar et la propagation.**

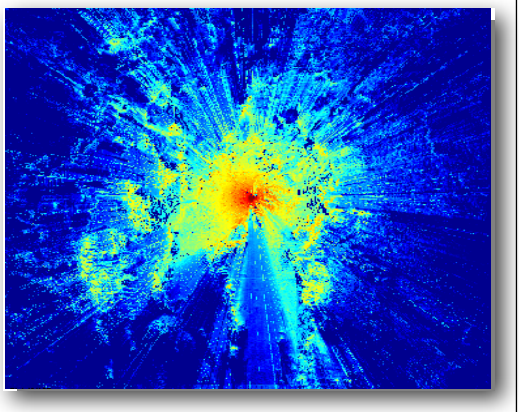
A l'époque :

- **Modèle basé principalement sous hypothèse de fouillis gaussien,**
- **Peu de mesures de fouillis de sol disponibles [Ulaby 1989],**
- **Premiers articles [Billingsley 1993] évoquant le caractère non-gaussien du fouillis.**

Problèmes soulevés pour l'amélioration de la fiabilité de MODEM

- **Alimentation du simulateur en données et en modèles réalistes,**
- **Quantification des performances d'un détecteur radar conventionnel face à un fouillis de sol ou de mer réaliste,**
- **Détermination du détecteur optimal : prise en compte de la statistique du fouillis.**

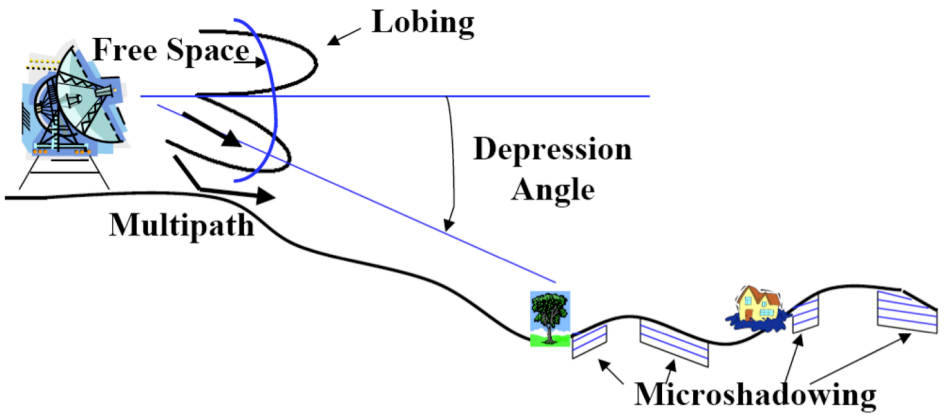
Problèmes en Détection Radar

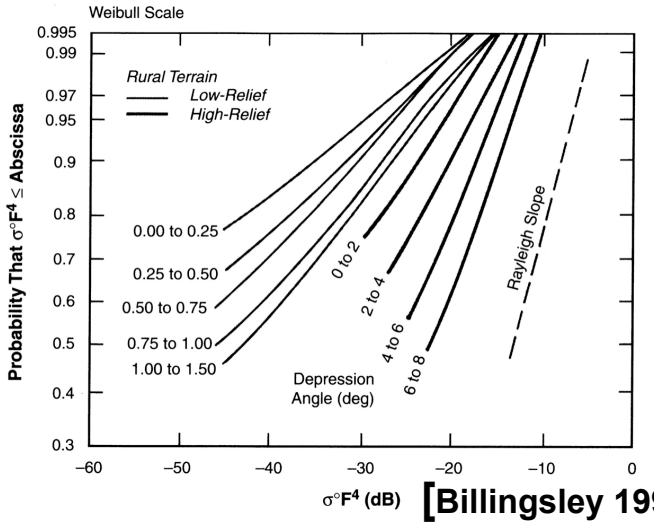


- Radars «Haute Résolution» : faible nombre de réflecteurs par cellule pouvant varier d'une cellule à l'autre,
- Apparition de phénomènes de masquage (sursol, relief, ...),
- Transitions de zones de fouillis.

→
- Non gaussianité (*Théorème Central Limite non valide*),
- Hétérogénéité de la zone étudiée.

→ **Dégradation des performances des détecteurs classiques.**





[Billingsley 1993]

Apport des SIRV

Modélisation du fouillis comme processus SIRV

Spherically Invariant Random Vector : Processus gaussien composé

$$\mathbf{c} = \sqrt{\tau}\,\mathbf{x}$$

- **x** est un *m*-vecteur gaussien complexe circulaire (**speckle**) de matrice de covariance **M**,
- τ est une variable aléatoire scalaire positive (**texture**) définie par sa pdf p(τ).

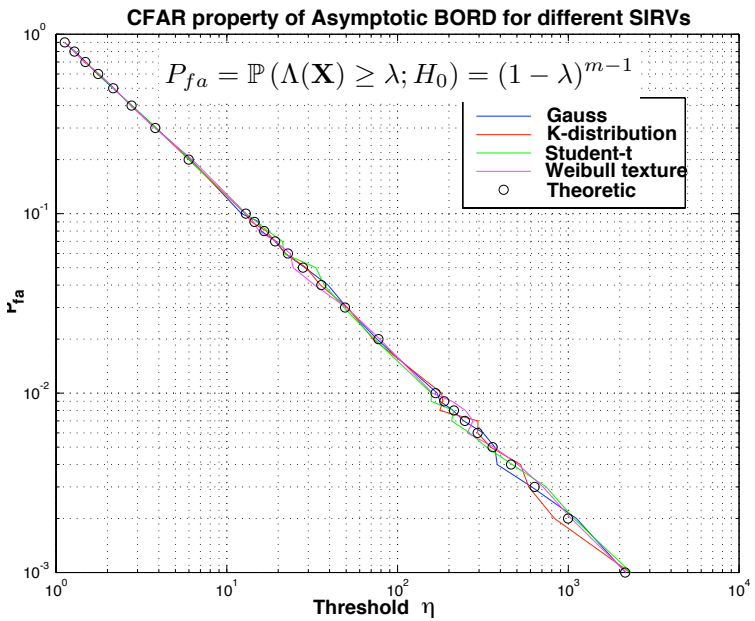
Modélisation élégante et puissante qui permet :

- **d'étendre le modèle gaussien (loi K, Weibull, Alpha-Stable, ...),**
- **de prendre en compte l'hétérogénéité spatiale de la puissance du fouillis par la texture,**
- **de prendre en compte l'éventuelle corrélation sur les *m*-canaux de l'observation,**
- **de définir des détecteurs associés.**

Détecteurs dans les SIRV

Détecteurs adaptés au modèle SIRV

- **Modélisation par Approximants de Padé de la loi p(τ) de la texture du SIRV [*Thèse E. Jay 2002*],**
- **Normalized Matched Filter [Picinbono 1970, Scharf 1991], GLRT-LQ [Gini-Conte 1995],**
- **Estimation bayésienne de la loi p(τ) de la texture du SIRV (BORD) [*Thèse E.Jay 2002*].**



Texture-CFAR property for the GLRT-LQ

Normalized Matched Filter

$$\Lambda(\mathbf{y}) = \frac{\left|\mathbf{p}^H \mathbf{M}^{-1} \mathbf{y}\right|^2}{(\mathbf{y}^H \mathbf{M}^{-1} \mathbf{y})\,(\mathbf{p}^H \mathbf{M}^{-1} \mathbf{p})} \underset{H_1}{\overset{H_0}{\lessgtr}} \lambda$$

$\Lambda(\mathbf{y})$ est SIRV CFAR
mais nécessite de connaître
la vraie covariance M

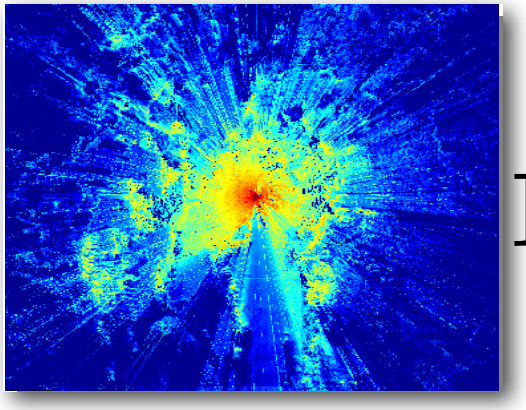
Détecteurs Adaptatifs Dans les SIRV

De nouveaux détecteurs, dits adaptatifs, peuvent être définis en remplaçant dans le NMF de «*bonnes*» estimées de la matrice de covariance du fouillis.

ACE : Adaptive Cosine Estimator
ANMF : Adaptive Normalized Matched Filter

$$\Lambda(\mathbf{y}) = \frac{\left|\mathbf{p}^H \hat{\mathbf{M}}^{-1} \mathbf{y}\right|^2}{\left(\mathbf{y}^H \hat{\mathbf{M}}^{-1} \mathbf{y}\right)\left(\mathbf{p}^H \hat{\mathbf{M}}^{-1} \mathbf{p}\right)} \underset{H_1}{\overset{H_0}{\lessgtr}} \lambda$$

Ces détecteurs sont SIRV-CFAR seulement pour des estimateurs particuliers de M !



$\hat{\mathbf{M}}$???

MLE gaussien

$$\hat{\mathbf{M}}_{SCM} = \frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} \mathbf{c}_k\,\mathbf{c}_k^H$$

$$\hat{\mathbf{M}}_{NSCM} = \frac{m}{K}\sum_{k=1}^{K} \frac{\mathbf{c}_k\,\mathbf{c}_k^H}{\mathbf{c}_k^H\,\mathbf{c}_k}$$

[Gini-Conte]

Estimation dans les SIRV

Lorsque la texture est inconnue mais déterministe, l'estimée M_{FP} du point fixe (FP) au sens du Maximum de Vraisemblance (MLE) de la Covariance M est donnée [Conte-Gini 2002] comme solution de l'équation implicite :

Point Fixe (FP)

$$\hat{\mathbf{M}}_{FP} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^{K} \frac{\mathbf{c}_k \, \mathbf{c}_k^H}{\mathbf{c}_k^H \, \hat{\mathbf{M}}_{FP}^{-1} \, \mathbf{c}_k}$$

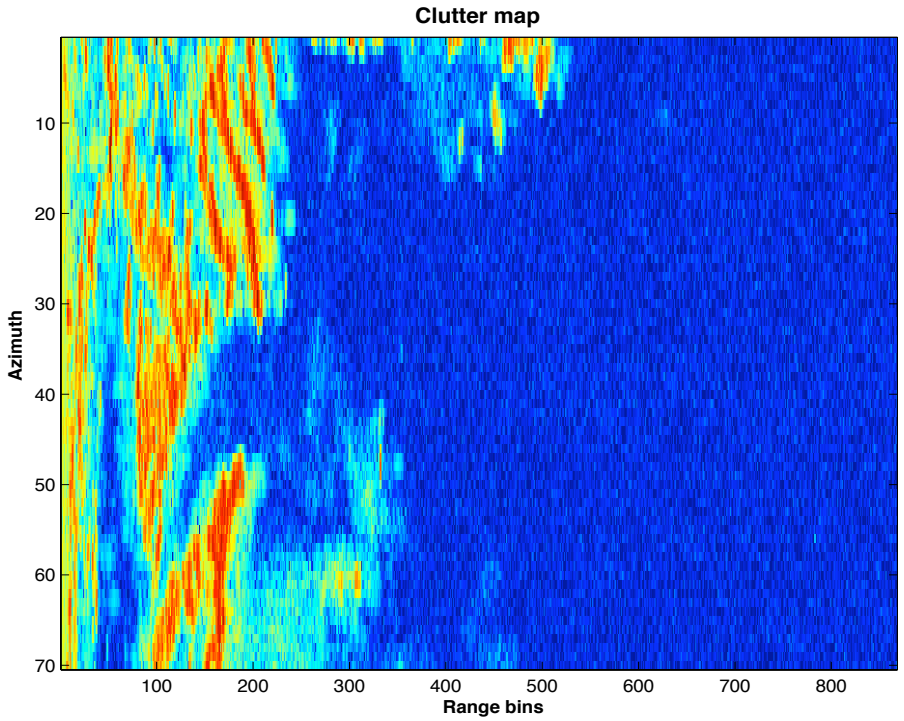
Cet estimateur est un MLE «*approché*» dans le contexte général SIRV,

[*Thèse F. Pascal 2006*]

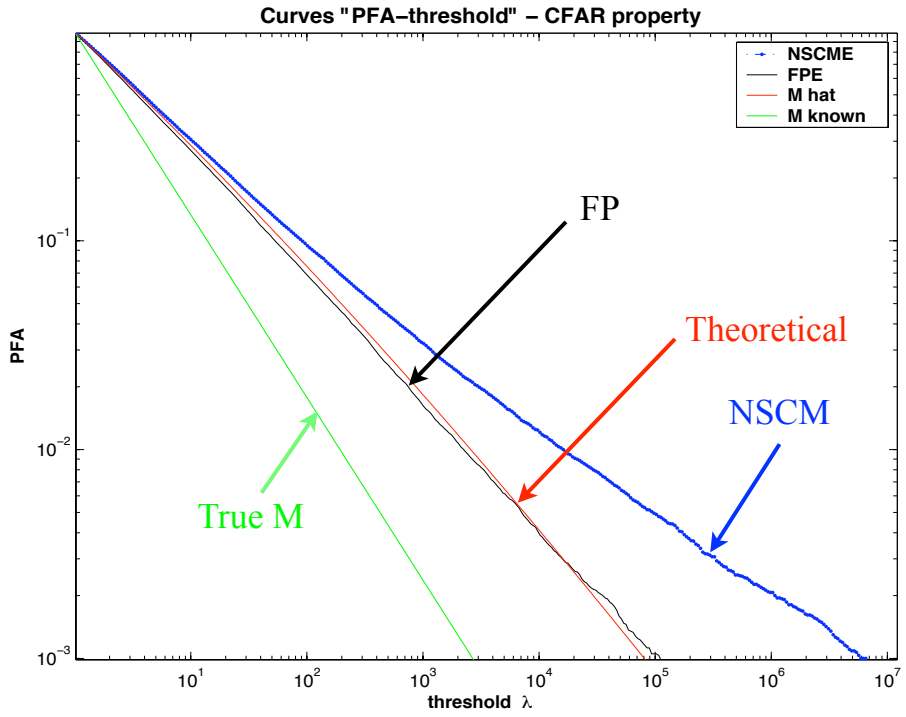
- **Estimateur consistant, non-biaisé, robuste, asymptotiquement gaussien et supposé, à distance finie, Wishart distribué à *mK/(m+1)* dégrés de liberté,**
- **Existence et Unicité de la solution calculée par récurrence $M_k=f(M_{k-1})$ quelle que soit l'initialisation M_0 (ex: $M_0=I$, $M_1=M_{NSCM}$),**
- **Relation analytique liant le seuil et la PFA.**

SIRV et Données Expérimentales

- **Propriété texture-CFAR de l'ANMF-FP**
- **Propriété matrice-CFAR de l'ANMF-FP**



Carte radar azimut-distance
de THALES AIR DEFENCE



Relation P_{fa}-seuil

Très bonne adéquation entre la théorie et l'expérimentation

Thématiques de Recherches autour des SIRV et du Point Fixe

SIRV - FP

- Régulation de la fausse alarme dans les zones spatiales hétérogènes, non-gaussiennes,
- Amélioration des détecteurs

Extension à la Détection dans les Images Hyperspectrales

Extension au MIMO radar [*Thèse C.Y. Chong 2008*]

Robustesse des Estimateurs [*Thèse M. Mahot 2009*]

Analyse Statistique des images SAR [*Post-doc G. Vasile 2008, Thèse P. Formont 2009*]

Extension au Space Time Adaptive Processing [*Thèse G. Pailloux 2007, G. Ginolhac 2009*]

CLUB STAP

Club STAP

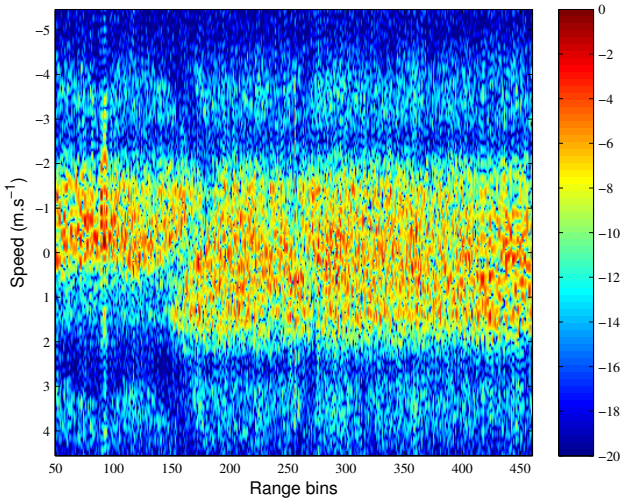
Organisateur et animateur depuis février 2007

Objectifs : Projet collaboratif

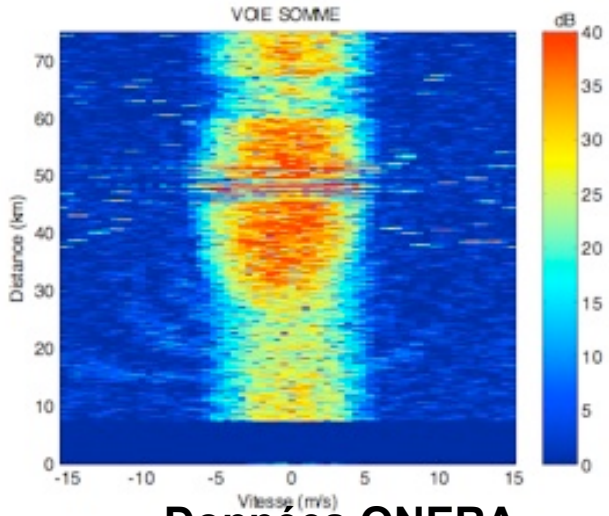
- Mise à disposition de données (synthétiques ou réelles) pour évaluation des algorithmes STAP,
- Recensement des data et simulateurs existants,
- Fédération des travaux de chercheurs ou doctorants.

Bilan

- 4 réunions / an, 1 site Web : http://clubstap.free.fr,
- Revue spéciale «Traitement du Signal » en préparation,
- Extension proposée à l'Europe (EuroSTAP),



Données DGA/CELAR



Données ONERA

Club STAP

Principaux Acteurs

- ONERA, THALES (F. Le Chevalier, L. Savy, M. Montécot), DGA (J. Samson CELAR)
- ENS Cachan (P. Forster, G. Ginolhac)
- LSS (S. Marcos)
- SONDRA (F. Pascal)
- ENSEIRB (Y. Berthoumieu, E. Grivel)
- ISAE (O. Besson, S. Bidon)
- IETR (L. Ferro-Famil)
- ...

Le Club STAP a servi de catalyseur au travail des doctorants «STAP» :
G. Pailloux (ONERA), S. Beau (LSS), S. Bidon (ISAE), J. Petitjean (ENSEIRB)

Apport des SIRV pour le STAP

SIRV - FP

Extension au Space Time Adaptive Processing

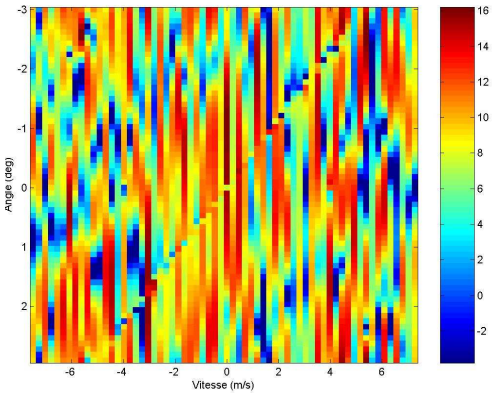
Adaptation des SIRV + FP au STAP : détecteurs + estimateurs

Réduction du nombre de données secondaires (*K* >> *2m*) :

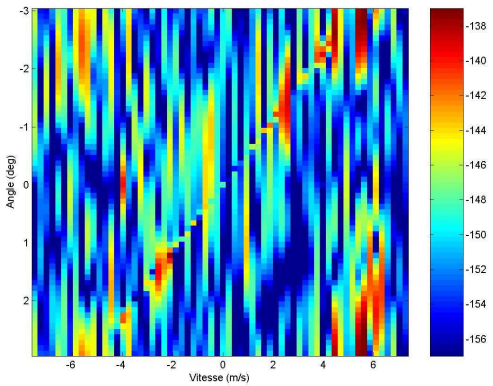
- **Exploitation de la structure persymétrique de la Covariance *[Thèse G. Pailloux 2009],***
- **Techniques à sous-espaces [Ginolhac et al 2009].**

Robustesse de $\hat{\mathbb{M}}$ à la contamination des données secondaires :

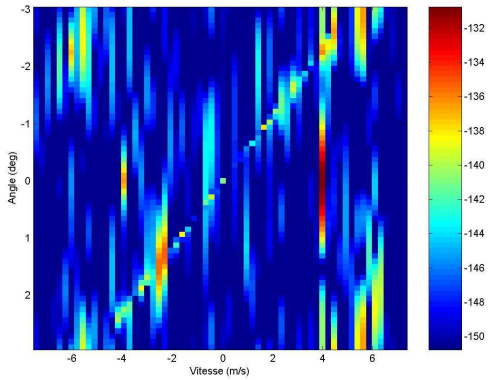
- **Analyse de la robustesse des estimateurs NSCM et FP *[Thèse M. Mahot 2009]* : Robust Statistics [Huber 1972] - M-Estimateurs [Maronna 1976].**



AMF + SCM



Low Rank AMF + SCM



Low Rank ANMF + NSCM

Exemple : Données secondaires contaminées par une cible à 4m/s (K = 410 << N=512, r = 46)

Plan

- Parcours
  - Formation
  - Expériences Professionnelle
  - Axes Principaux d'Etudes Contractuelles
- Thématiques et Travaux de Recherche
  - Chronologie
  - Détection et Estimation Radar
  - Imagerie Radar/SAR
- Synthèse des Activités de Recherche
  - Activités d'Enseignement
  - Production Scientifique
  - Encadrements
  - Responsabilités Scientifiques et Administratives
- Perspectives

Imagerie Radar/SAR

Image RAMSES ONERA

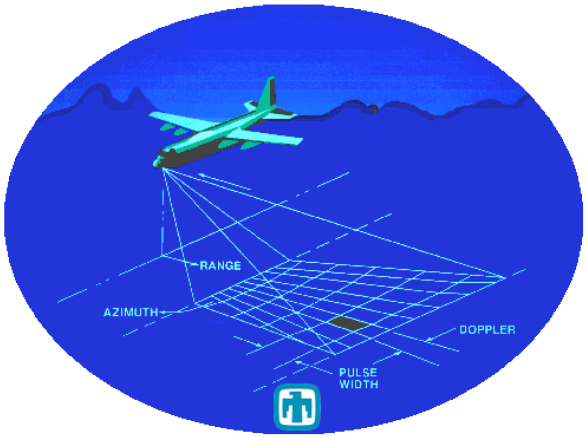


Image RAMSES

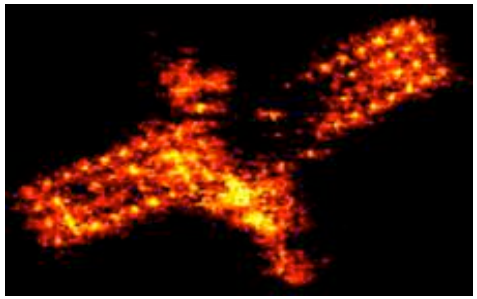


Image ISAR ONERA

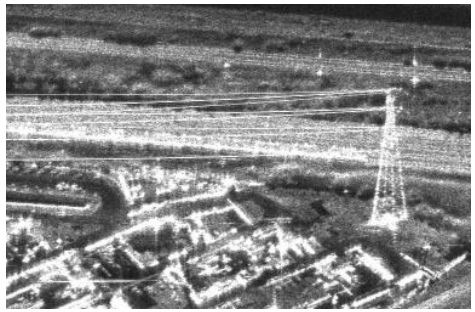


Image RAMSES ONERA

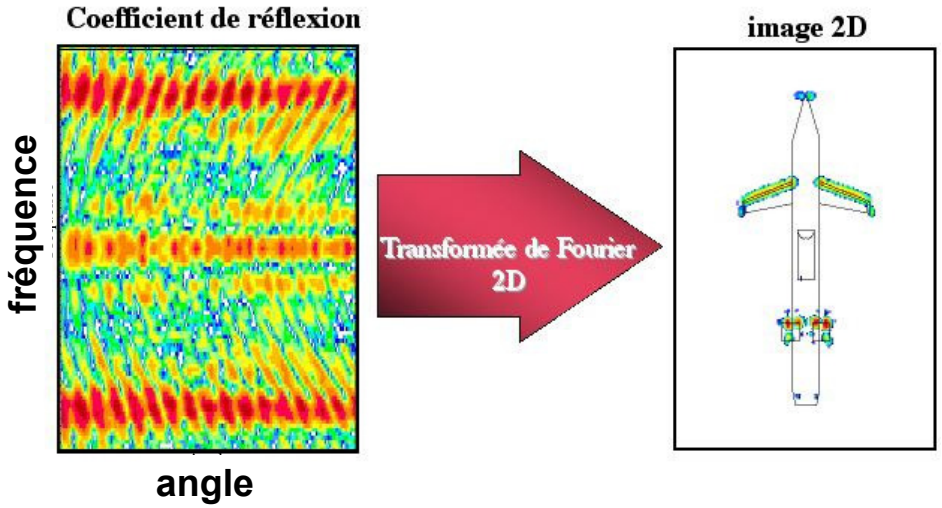
L'imagerie Radar permet de construire des images de plus en plus résolues :

- **Grandes largeurs spectrales et longs temps d'intégration (large excursion azimutale) menant à la non-stationnarité spectrale et angulaire, polarimétrique de la réponse des points de l'image**
- **Hétérogénéité et/ou non-gaussianité des images**
- **Complexité d'analyse de la scène - Classification difficile**

Caractérisation physique des réflecteurs SAR

Imagerie Classique par Fourier :

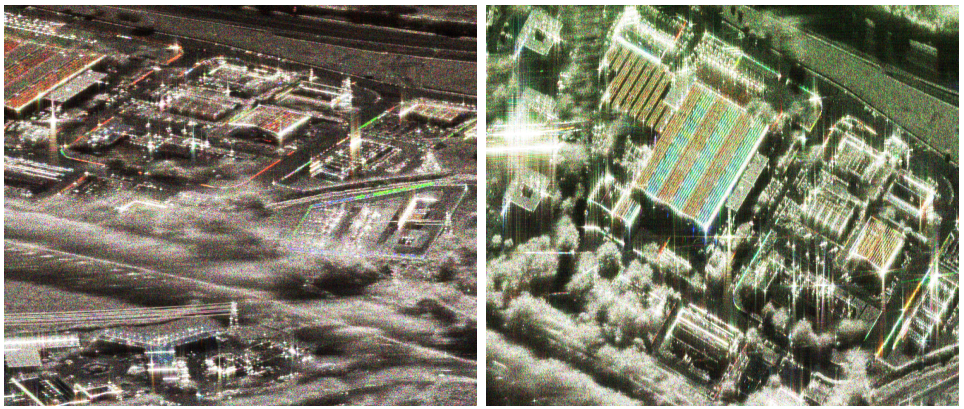
- **hypothèse de blancheur et d'isotropie des réflecteurs**
- **n'exploite pas la potentielle non-stationnarité angulaire et spectrale des réflecteurs**



Cependant :

- **Etude en Laboratoire : Mise en évidence de la Coloration et de l'Anisotropie des réflecteurs [*Thèse Ovarlez 1992*],**

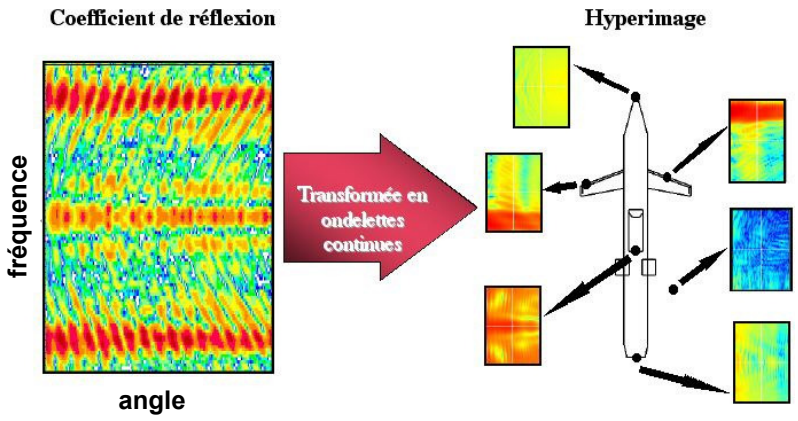
- **Mêmes constats sur les images SAR Très Haute Résolution !**



Sous-bande 1 **Sous-bande 2** **Sous-bande 3**

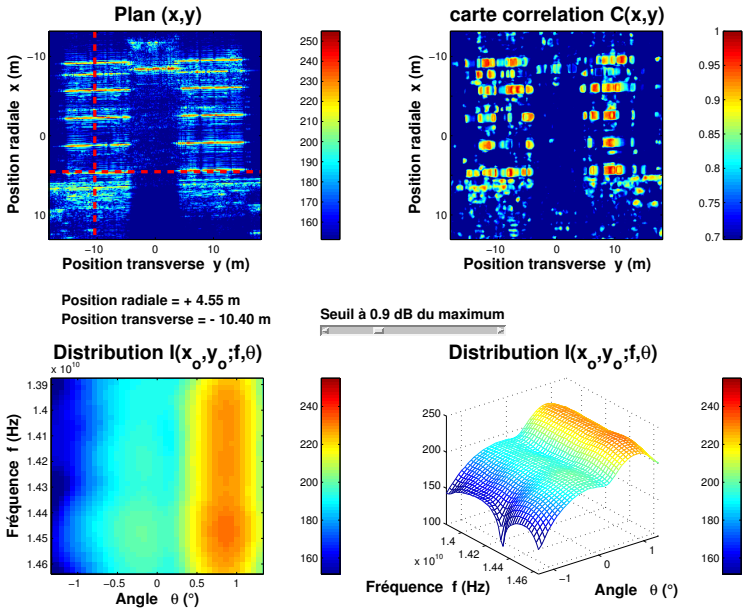
Apport de l'Analyse Temps-Fréquence pour l'Imagerie SAR

L'Analyse Temps-Fréquence permet de mettre en évidence la coloration et l'anisotropie des réflecteurs des images SAR.

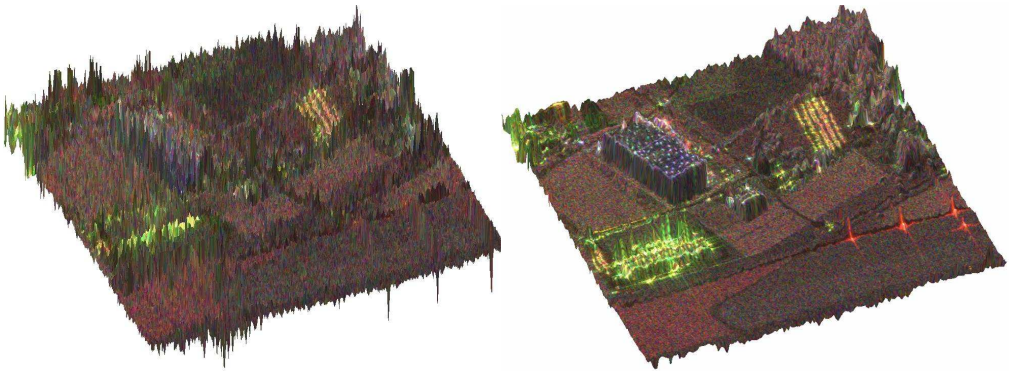


Applications sur images SAR [*Thèse M.Tria 2001-2004*] :

- **Analyse de signature,**
- **Compréhension des phénomènes de rétrodiffusion,**
- **Extraction de signatures,**
- **Classification,**
- **Maximisation de l'entropie interférométrique par ondelettes [*M. Tria - E. Colin*].**



Entropie Classique **Entropie et Ondelettes**



Apport de l'Analyse Temps-Fréquence pour l'Imagerie SAR

Extension naturelle de l'analyse des images SAR par Analyse Temps-Fréquence pour les décompositions polarimétriques cohérentes (Pauli, Krogager, Cameron) et non-cohérentes (H/alpha, Freeman Durden) [*Thèse M. Duquenoy 2004-2009*]

- **L'Analyse Temps-Fréquence permet, de plus, de mettre en évidence la dispersivité polarimétrique (cohérente) des réflecteurs d'une image SAR.**

- **Application de l'ATF aux décompositions polarimétrique incohérentes (*Best Student Paper Award Eusipco 09 - M. Duquenoy*)**

EUSIPCO 2009
17th European Signal Processing Conference
August 24-28, 2009 Glasgow - Scotland

Texas Instruments Student Paper Award

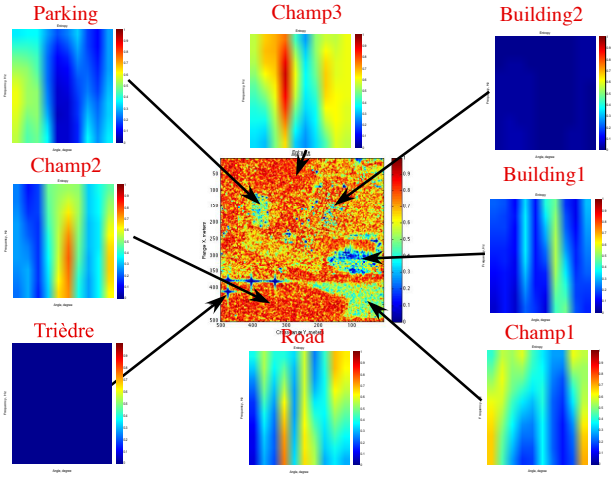
The Organising Committee of the 17th European Signal Processing Conference (EUSIPCO) has the pleasure of awarding this prize to

Michaël Duquenoy

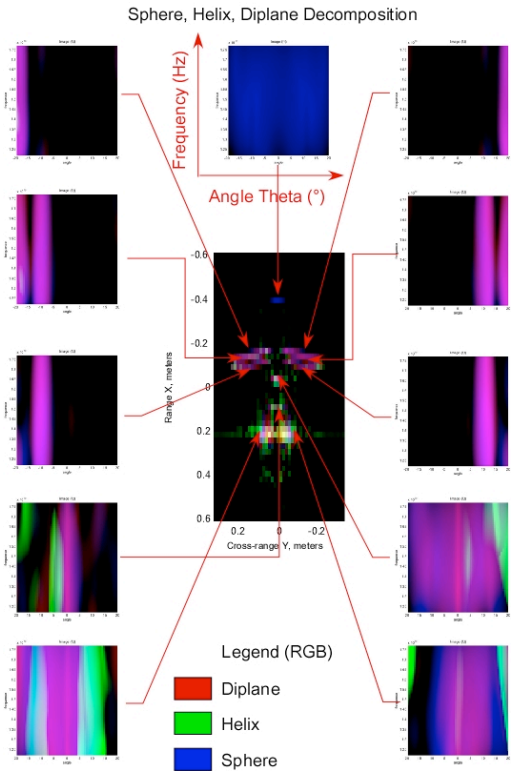
for his paper "Supervised Classification of Scatterers on SAR Imaging Based on Incoherent Polarimetric Time-Frequency Signatures", co-authored with Jean-Philippe Ovarlez, Laurent Ferro-Famil and Eric Pottier.

Many congratulations on behalf of the EUSIPCO 2009 Organising Committee:

Robert W. Stewart, General Chair — Stephan Weiss, Technical Co-Chair



Entropie



Décomposition Cohérente de Krogager par ondelettes

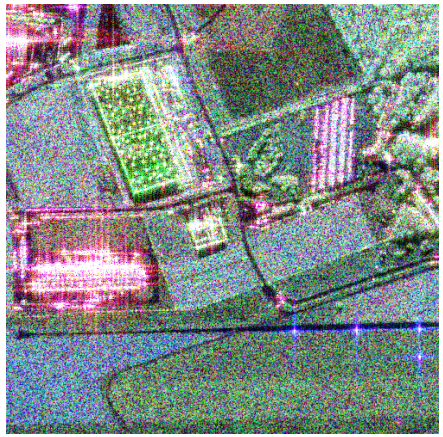
Apport des SIRV pour la Classification POLSAR

SIRV + FP

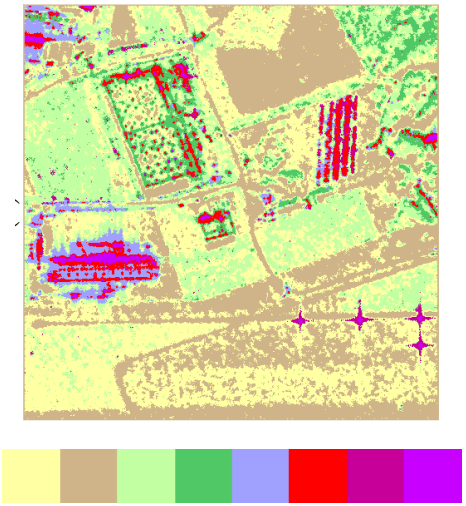
↓

Extension à la Classification Polarimétrique SAR

Extension naturelle de l'analyse statistique des images SAR par les SIRV pour la décomposition polarimétrique non-cohérente (H/α, Freeman Durden) [*Post-doc G. Vasile 2008, Thèse P. Formont 2009, Post-doc L. Bombrun 2009*]



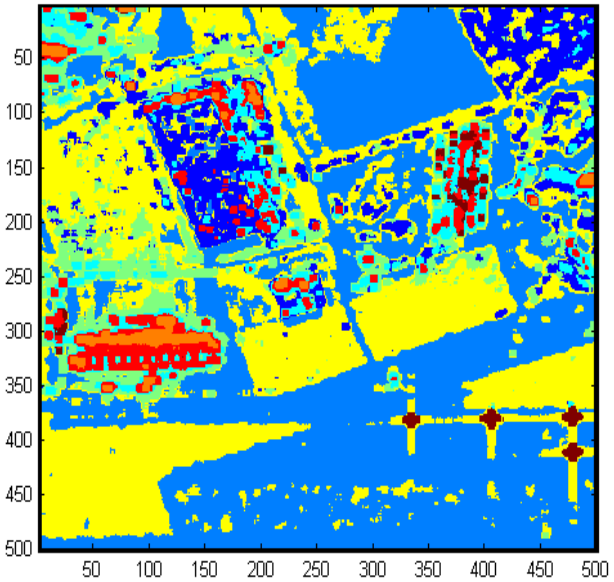
$I_1/I_3/I_2$



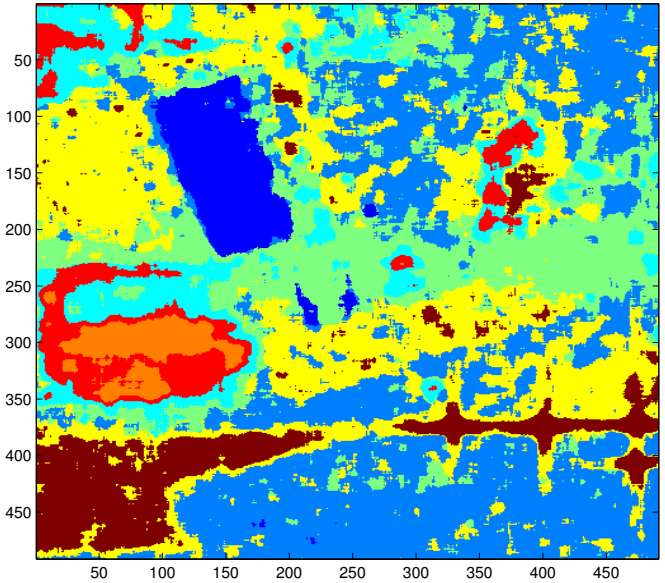
- **Estimation de la matrice de covariance polarimétrique et de la texture sur une zone spatiale non-gaussienne, non homogène,**
- **Extension au cas SIRV du *Polarimetric Whitening Filter* utilisé en «*despeckeling*» d'images,**
- **Extension au cas SIRV des méthodes de classification polarimétrique des images SAR (type H/α non-supervisée, Freeman Durden, ...),**
- **Analyse de nouvelles distances Riemanniennes pour calculer les centres de classes H/α (Géométrie de l'Information).**

Classification Wishart H/α avec SCM

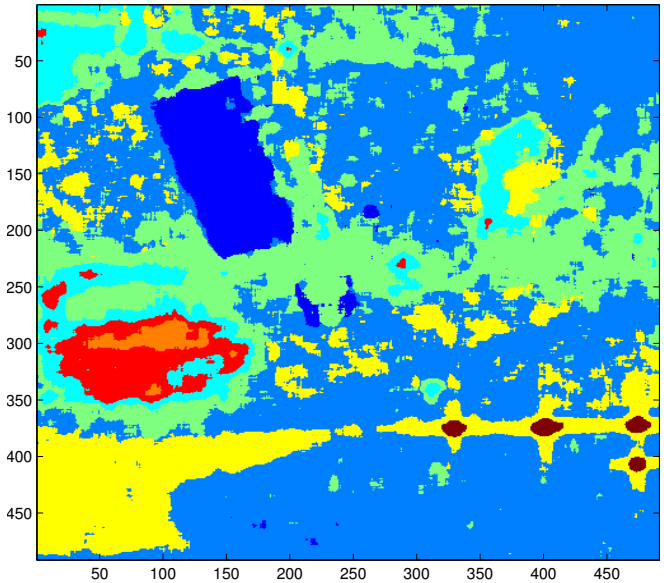
Apport des SIRV pour la Classification POLSAR



***M_{SCM}* Wishart distance - Moyenne euclidienne**



***M_{FP}* Wishart distance - Moyenne euclidienne**



***M_{FP}* Wishart distance - Moyenne riemannienne**

Information fortement corrélée à la texture

Plus riche, «moins visuelle» mais totalement indépendante de la texture

Imagerie Radar/SAR

Apport des SIRV et de l' Analyse Temps-Fréquence

Synthèse

- Analyse du comportement des réflecteurs de l'image SAR
- Classification des cibles (polarimétrie cohérente) - Reconnaissance
- Classification des fonds (texture, polarimétrie non cohérente)
- Analyse de cohérence pour l'Interférométrie

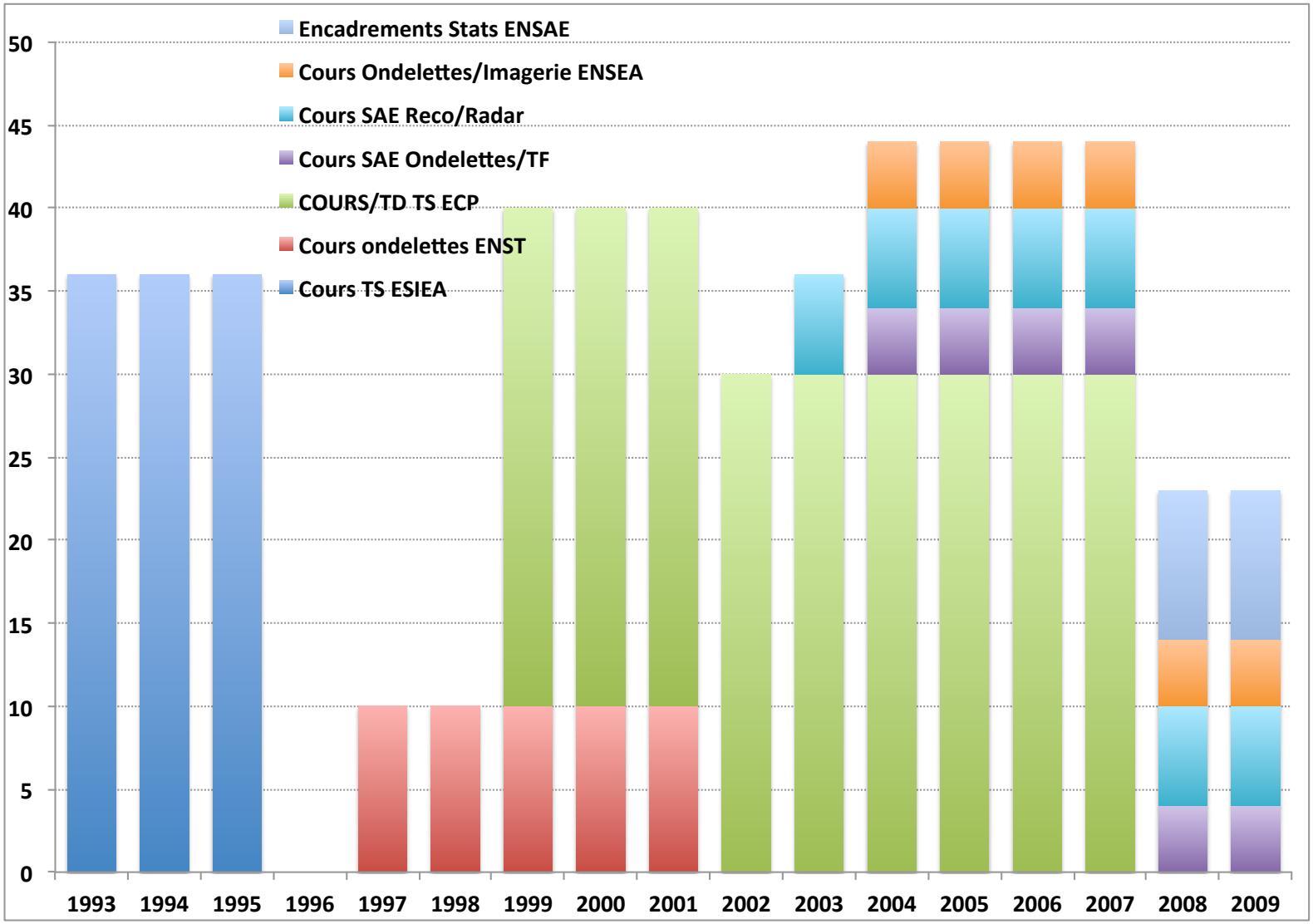
Applications Potentielles

- Détection de cibles (stationnaires ou mobile) dans les images SAR
- Détection de changement (multi temporel)

Plan

- Parcours
  - Formation
  - Expériences Professionnelles
  - Axes Principaux d'Etudes Contractuelles
- Thématiques et Travaux de Recherche
  - Chronologie
  - Détection et Estimation Radar
  - Imagerie Radar/SAR
- Synthèse des activités de recherche
  - Activités d'Enseignement
  - Production Scientifique
  - Encadrements
  - Responsabilités Scientifiques et Administratives
- Perspectives

Activités d'Enseignement



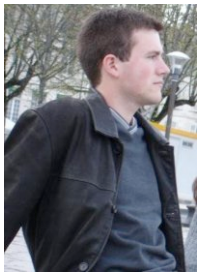
Production Scientifique

Publications	Total
Rapports Techniques ONERA	42
Revues	16
Conférences Internationales	52
Conférences Nationales	11
Conférences Invitées	4
Brevet	1
Thèse	1
Revues en cours d'analyse	4
Séminaires invités (GDR, IEEE, SEE, CNES, ...)	15
Chapitres d'ouvrage	5

Encadrements

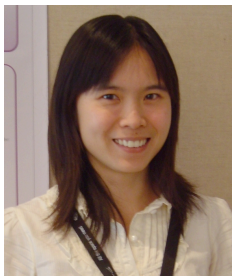
Doctorants

- 1998 - Emmanuelle Jay (ONERA/MNRT 50%)
- 2001 - Mohamed Tria (ONERA 70%)
- 2003 - Frédéric Pascal (ONERA 50%)
- 2004 - Mickaël Duquenoy (ONERA 50%)
- 2007 - Guilhem Pailloux (ONERA 50%)
- 2007 - Julien Totems (ONERA 20%)
- 2008 - Chin Yuan Chong (SONDRA, participation)
- 2009 - Mélanie Mahot (DGA 20%)
- 2009 - Pierre Formont (DGA/ONERA 20%)



Post-doctorants

- 2007 - Gabriel Vasile (CNES 100%)
- 2009 - Lionel Bombrun (GipsaLab, participation)



Encadrement Universitaire - Coopérations

- Patrick Duvaut - David Declercq (ENSEA)
- Messaoud Benidir (LSS), Frédéric Pascal (SONDRA)
- Philippe Forster, Pascal Larzabal (ENS Cachan)
- Eric Pottier, Laurent Ferro-Famil (IETR)
- Nadine Martin, Gabriel Vasile (GipsaLab)

Que sont-ils devenus ?

- **Emmanuelle Jay** : Chercheur en finance quantitative pour QuantValley, Paris
- **Mohamed Tria** : Ingénieur de Recherche à Noveltis, Toulouse
- **Frédéric Pascal** : Enseignant-chercheur à Supelec/SONDRA, Paris
- **Mickaël Duquenoy** : Ingénieur de Recherche (ex Thales et DGA), Recherche d'emploi
- **Guilhem Pailloux** : Ingénieur pour la DGA, Paris
- Julien Totems : Thèse en cours, soutenance le 15/02/2011
- Chin Yuan Chong : Thèse en cours - DSO National Laboratories
- Mélanie Mahot : Thèse en cours, SONDRA/ONERA, Paris
- Pierre Formont : Thèse en cours, SONDRA/ONERA, Paris
- **Gabriel Vasile** : Chercheur CNRS au GipsaLab, Grenoble
- **Lionel Bombrun** : Post-doc à ENSEIRB, Bordeaux

Responsabilités Scientifiques et Administratives

Responsabilités ONERA/SONDRA

depuis 2003	Maître de Recherche
2004 - 2009 2009 - 2014	Membre du Comité Scientifique de la Branche Physique de l'ONERA : *Evaluation des Doctorants, évaluation des sujets de thèse proposés dans la Branche Physique de l'ONERA, ...*
2006 - 2007 2007 - 2008	Président du Conseil Scientifique du Département DEMR : *Propositions et organisations de séminaires, évaluation des thèses et des sujets de thèse dans le département*
depuis 2007	Organisateur et Animateur du Club STAP
depuis 2008	Responsable des activités Traitement du Signal à SONDRA

Responsabilités Scientifiques et Administratives

Vie Scientifique

- Relecteur pour Traitement du Signal, Signal Processing, IEEE Transactions on Signal Processing, IEEE Transactions on Image Processing, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, IEEE-ICASSP, GRETSI, EUSIPCO,
- Membre du Comité Scientifique de la conférence IEEE-Radar 2004,
- Membre du Comité Scientifique de la conférence IEEE-Radar 2009,
- Membre du Comité Scientifique de la conférence CIP2010, Second IAPR International Workshop on Cognitive Information Processing (Elba, Italy),
- Chairman à la conférence IEEE-RadarCon 2008 (Rome),
- Chairman à la conférence IEEE-Radar 2009 (Bordeaux).

Plan

- Parcours
  - Formation
  - Expériences Professionnelles
  - Axes Principaux d'Etudes Contractuelles
- Thématiques et Travaux de Recherche
  - Chronologie
  - Thématique 1 : Détection et Estimation Radar
  - Thématique 2 : Imagerie Radar/SAR
- Synthèse des Activités de Recherche
  - Activités d'Enseignement
  - Production Scientifique
  - Encadrements
  - Responsabilités Scientifiques et Administratives
- Perspectives

Perspectives

Nouvelles Thématiques de Recherche

- **Détection de cibles (stationnaires ou mobile) dans les images SAR mono ou multi-voies. Utilisation conjointe de l'Analyse Temps-Fréquence et des SIRV.**
- **Application du Point Fixe à l'Interférométrie, Cohérence**
- **Détection de changement (multi temporel)**
- **Proposition FP7 : GipsaLab - ONERA - DLR - EDF - IREA :** ***Non-Linear, Non-Stationary, Non-Gaussian Multidimensional SAR Processing For Complex Scene Understanding***

Encadrements à court terme

- **Statistique Robuste - Exploration des M-Estimateurs, Analyse de la non-stationnarité du fouillis : Thèse M. Mahot - soutenance en 2012**
- **Classification des fonds (texture, polarimétrie non cohérente) : Thèse P. Formont soutenance en 2012**
- **Proposition d'un sujet de Thèse sur l'Hyperspectral en 2011 conjointement avec le GipsaLab et le DSO National Laboratories**

CLIN D'OEIL SUR MES TRAVAUX DE THESE 1992

La *Transformation de Mellin : un Outil pour l'Analyse des Signaux Large Bande*

$$M[Z](\beta) = \int_0^{+\infty} Z(f)\, f^{2i\pi\beta - 1/2}\, df$$

- **Transformation invariante à tout changement d'échelle *a***

$$\begin{array}{ccc} Z(f) & \xrightarrow{U} & UZ(f) = \sqrt{a}\; Z(a\,f) \\ \downarrow & & \downarrow \\ M[Z](\beta) & \longrightarrow & M[UZ](\beta) = a^{-2i\pi\beta}\; M[Z](\beta) \end{array}$$

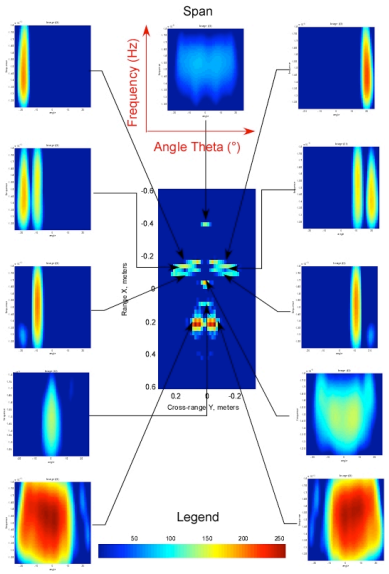
- **Permet de calculer astucieusement les fonctions d'ambiguïté radar large bande, les distributions temps-fréquence affines (coeff. d'ondelettes), les bornes de Cramer Rao de l'estimateur d'échelle en radar large bande, ...**

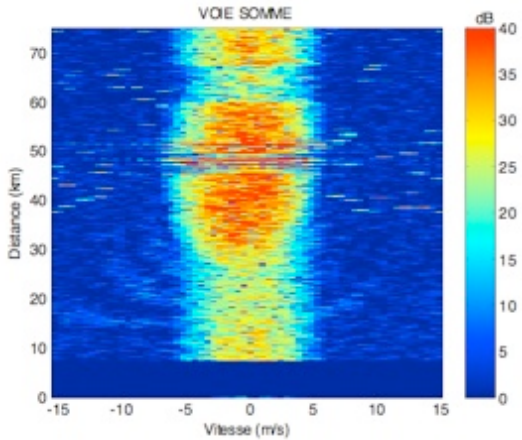
Sa propriété de convolution multiplicative permet de factoriser la PDF d'un SIRV !!!!

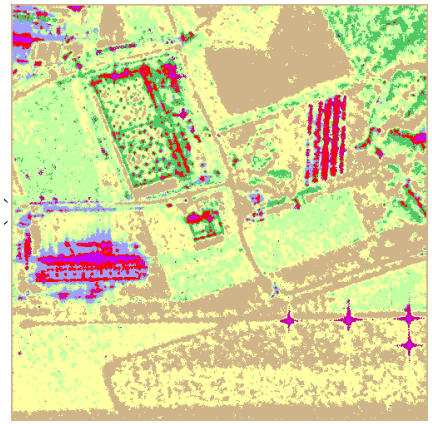
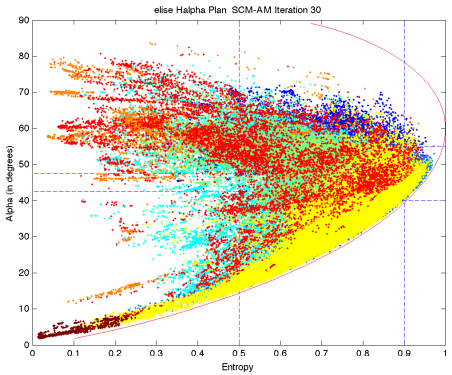
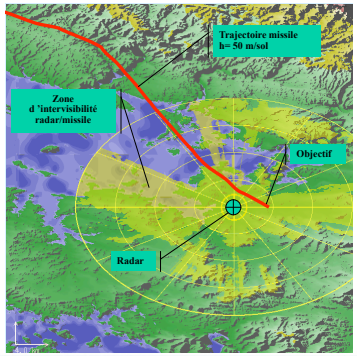
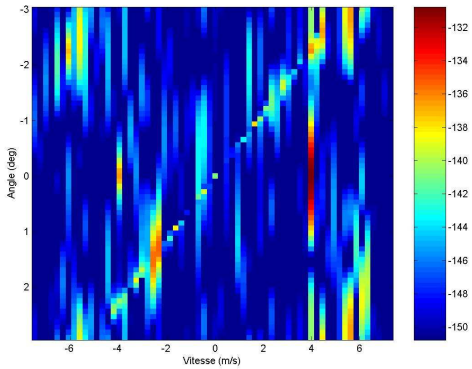
$$(p_1 ** p_2)(u) = \int_0^{\infty} p_1\left(\frac{u}{u'}\right) p_2(u')\, \frac{du'}{u'} \longrightarrow M[p_1 ** p_2](\beta) = M[p_1](\beta)\, M[p_2](\beta)$$

Voir les travaux de J.M. Nicolas sur l'utilisation de Mellin pour calculer analytiquement les lois de textures de type SIRV des images SAR !!!

QUESTIONS







QUESTIONS ???