

Rapport INRIA 1994 — Programme 4  
Mouvement, Analyse d'images, Synthèse  
d'images, Déformation et Animation

Avant projet MASDA

3 mai 1995



Avant projet MASDA

---

# Mouvement, Analyse d'images, Synthèse d'images, Déformation et Animation

---

**Localisation :** *Rocquencourt*

**Mots-clés :** analyse du mouvement (1, 3), contour actif (1, 13), contour spatio-temporel (1, 4, 12), déformation élastique (1, 8, 13), déformation géométrique (1, 4, 8, 12), déformation non linéaire (1, 8), flot optique (1, 3), modèle markovien (1, 4), modélisation statistique (1, 4), observation terre-mer-atmosphère (1, 3, 4), optimisation (1, 3, 4, 12), reconnaissance du visage (1, 13), télédétection (1, 3), traitement d'image (1, 3, 8, 12, 13), visualisation scientifique (1, 12).

## 1 Composition de l'équipe

### **Responsable du projet**

Isabelle Herlin, Chargée de recherche, Inria

### **Responsable permanent**

Hussein Yahia, Chargé de recherche, Inria

### **Secrétariat**

Nathalie Gaudechoux, en commun avec Fractales, Inria

### **Personnel INRIA**

Isaac Cohen, chargé de recherche, Inria

**Chercheur post-doctorant**

Jean-Paul Berroir, Inria

**Chercheur doctorant**

Bertrand Leroy, université de Paris 9-Dauphine, à partir du  
1er avril 1994

**Stagiaire**

Sonia Bouzidi, stagiaire de DEA, université de Paris 7, du 15  
avril au 30 octobre 1994

**I.T.A.**

Jean-Paul Chièze, en commun avec Fractales et SYNTIM,  
Inria

Jean-Baptiste Giorgi, en commun avec Fractales et SYNTIM,  
Inria

**Collaborateurs extérieurs**

Marc Berthod, Projet PASTIS, Inria

Laurent Cohen, CNRS - Paris 9, Dauphine

Gérard Giraudon, Projet PASTIS, Inria

Christine Graffigne, Université Paris 5

Eric Simon, Projet RODIN, Inria

## 2 Présentation de l'action

L'action MASDA, créée en Octobre 1993 et qui devrait donner lieu à la naissance prochaine d'un projet nommé AIR, s'intéresse aux images dynamiques d'observation de la terre, des mers et de l'atmosphère obtenues par télédétection. Les applications concernent principalement l'étude des phénomènes naturels et de leur évolution, via le biais de l'information image, et s'intègrent donc dans le cadre des recherches sur l'observation et l'étude de l'évolution de l'environnement.

D'un point de vue scientifique, le but de l'équipe est de définir les potentialités du traitement d'image pour l'exploitation des données satellitaires dynamiques.

Différentes questions retiennent notre attention :

- Quelles sont les modélisations mathématiques adéquates pour la représentation image des phénomènes naturels et de leur évo-

lution ? Quelle information physique exogène est utilisable pour l’algorithmie étudiée ?

- Comment intégrer dans le traitement d’image des contraintes physiques provenant des modélisations faites par les numériciens au moyen de systèmes à paramètres répartis, régis par des équations aux dérivées partielles ?
- Quel apport peut avoir le traitement d’image pour la modélisation numérique : prétraitement pour l’identification de régions, étude de la cohérence spatiale ou temporelle de phénomènes, validation “de routine” des modélisations numériques complexes et coûteuses en temps de calcul.
- Quel type d’outil ou de système est le mieux adapté pour répondre aux besoins des spécialistes en environnement ; ce qui implique une réflexion sur les architectures logicielles incluant des bases de données et des procédures de traitement d’image et de visualisation scientifique.

Deux types de problèmes scientifiques sont actuellement considérés qui regroupent les activités de recherche effective de l’équipe.

1. **La modélisation des structures** correspondant aux observations terre–mer–atmosphère obtenues par télédétection.
2. **L’étude de l’évolution temporelle** des phénomènes naturels.

### 3 Actions de recherche

#### 3.1 Caractérisation de champ de vecteurs.

*Participant* : Isaac Cohen

Le calcul du mouvement apparent dans des séquences d’images satellitaires, à l’aide de la méthode du flot optique (voir RA 1993, action MASDA), fournit un champ de vecteurs dense, qu’il est difficile d’interpréter dans le cas de mouvements complexes tels que ceux des structures océanographiques. Nous proposons donc d’étudier ce champ de vitesse au moyen d’une modélisation locale de son orientation.

Considérons l'approximation du champ de vitesse normalisé  $d = (u, v)$  par un champ polynômial de degré  $n$  dans  $\mathbb{R}^2(Q_n(\mathbb{R}^2))$ :

$$f = \begin{cases} p(x, y) = \sum_{i \leq n, j \leq n} a_{ij} x^i y^j \\ q(x, y) = \sum_{i \leq n, j \leq n} b_{ij} x^i y^j \end{cases} \quad (1)$$

La similarité entre le champ  $d$  et le modèle  $f$  est mesurée par :

$$\frac{1}{2} \sum_{i, j \in W} |d \wedge f|^2 \quad (2)$$

qui représente l'aire du triangle engendré par les vecteurs  $d$  et  $f$  dans le voisinage centré  $W$ . Le champ  $f$  est alors défini par les  $2(n+1)^2$  coefficients  $L = (a_{ij}, b_{ij})$  minimisant l'aire et par la contrainte de normalisation  $L^T L = 1$  assurant l'unicité de  $f$ . Ainsi les coefficients  $a_{ij}$  et  $b_{ij}$  des polynômes, approximant le champ  $f$ , sont déterminés par la minimisation de la fonctionnelle :

$$E(L, \lambda) = \frac{1}{2} \|BL\|_2^2 + \frac{1}{2} \lambda (L^T L - 1) \quad (3)$$

où  $B = (Xv, -Xu)^T$ .

Ce minimum correspond en fait au vecteur propre associé à la plus grande valeur propre. Cette méthode possède la caractéristique d'être linéaire pour une représentation polynômiale quelconque.

L'étude des coefficients  $a_{ij}$  et  $b_{ij}$  permet en plus de caractériser les différents points fixes des trajectoires.

En considérant une approximation affine (i.e.  $p, q \in P_1(\mathbb{R}^2)$ ), la caractérisation du champ est établie à l'aide des valeurs propres de la matrice. Dans le cas général, cette caractérisation n'est possible qu'au voisinage d'un point fixe. La figure 1 représente l'approximation et la caractérisation locale d'un champ de vecteur par un polynôme de  $Q_2(\mathbb{R}^2)$ .

Nous avons également utilisé cette méthode pour l'étude qualitative d'un champ de vitesse obtenu par flot optique.

La figure 2 représente le champ de vitesse calculé à partir d'une séquence d'image AVHRR de température de la surface de l'eau. La figure 3 illustre alors la localisation des vortex et des puits de ce champ de vitesse par la méthode proposée. Cette image a été obtenue à partir d'une

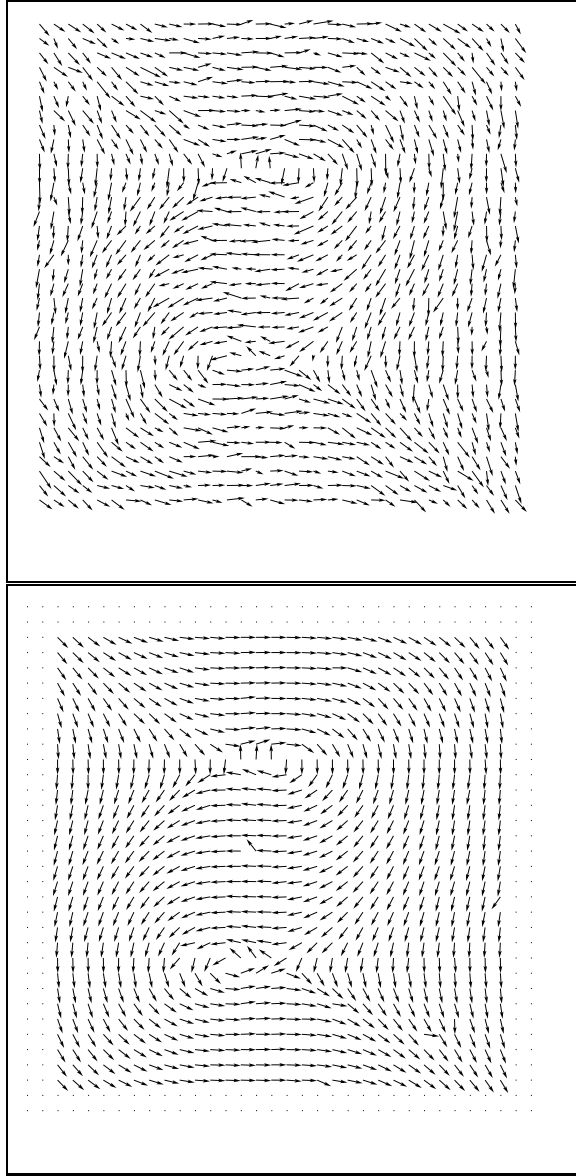


Figure 1 : Tracé du champ de vecteur initial et du champ approximé à l'aide d'un polynôme de  $Q_2(\mathbb{R}^2)$ .

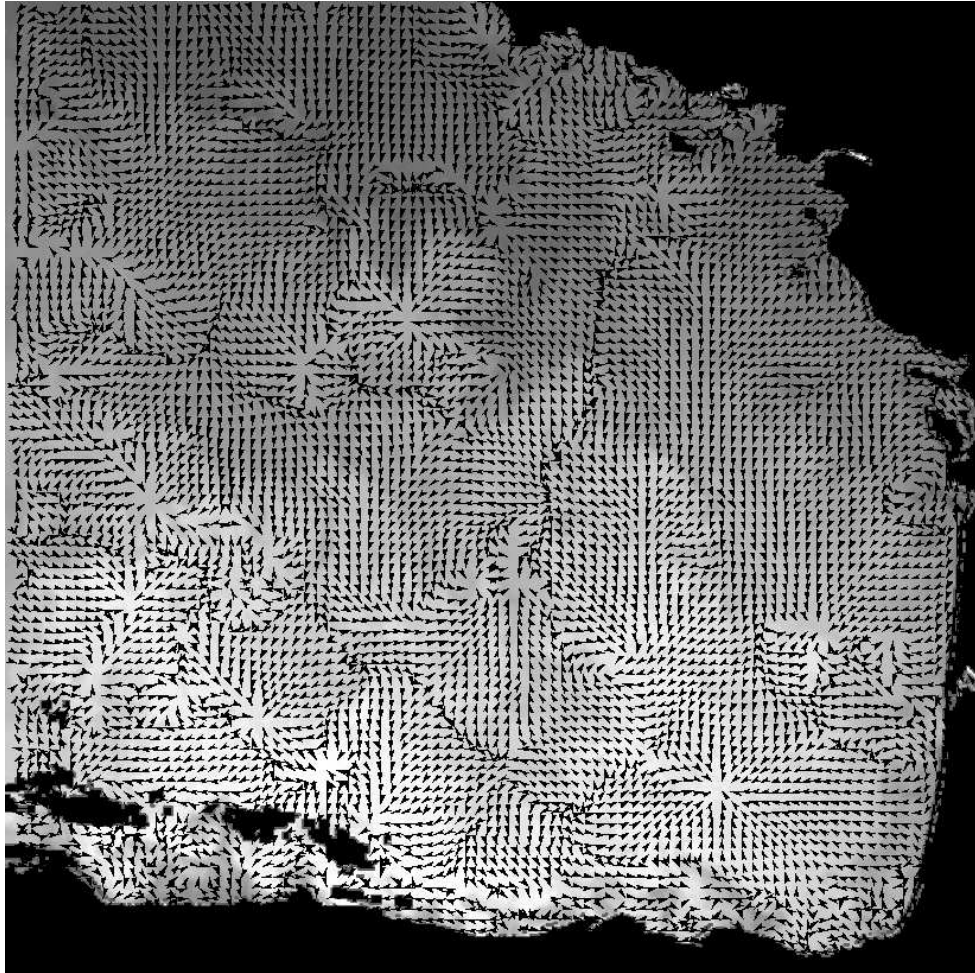


Figure 2 : Superposition du flot optique calculé et de l'image de température correspondante (séquence d'images NOAA, rectifiées géométriquement et calibrées, fournie par la société ACRI).

version “parallélisée” de l'algorithme sur la KSR. Cette parallélisation permet une réduction de temps de calcul très importante, atteignant des ratios de 10 à 30 par rapport aux calculs effectués sur une DEC-Alpha 3000-500.



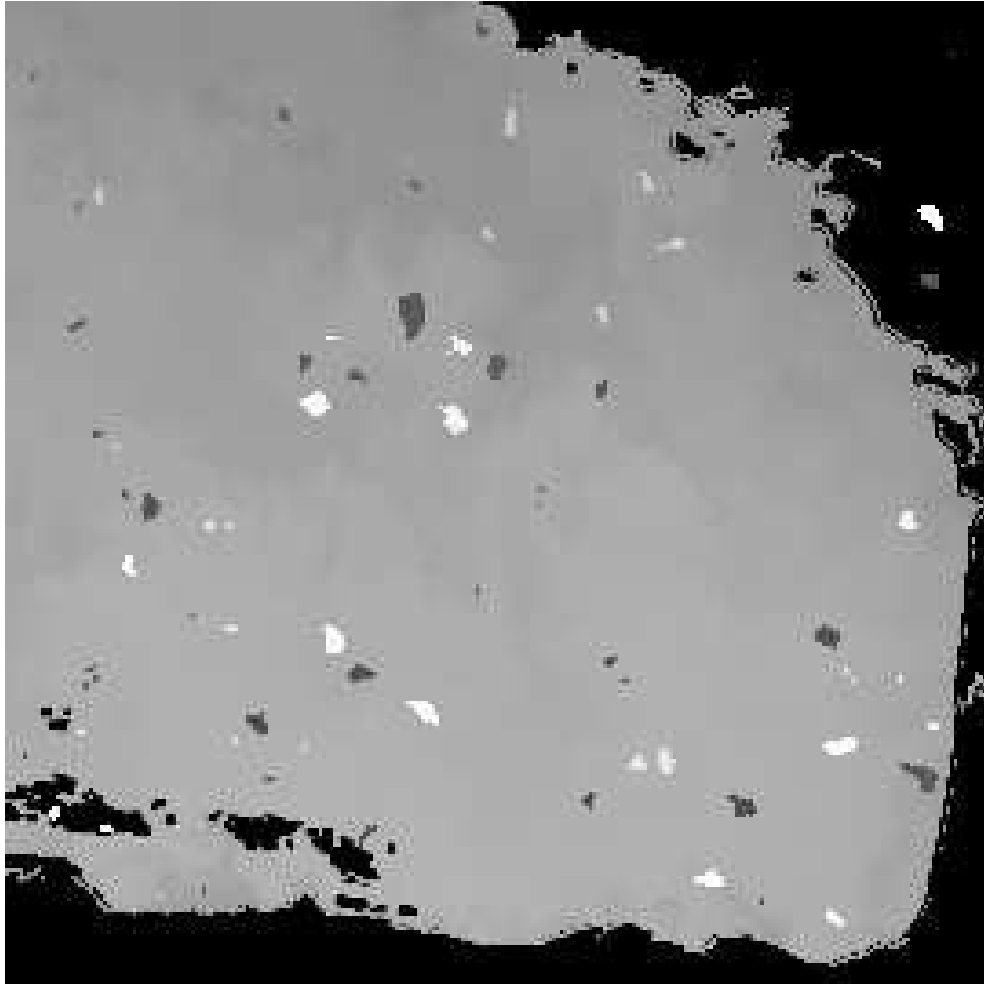


Figure 3 : Représentation des caractéristiques du champ de vitesse. Les points en gris clair correspondent à des puits tandis que les points blancs représentent les régions où un vortex a été détecté.

### 3.2 Segmentation des tourbillons.

*Participants* : Sonia Bouzidi, Isabelle Herlin, Christine Graffigne

La localisation des tourbillons est une étape importante et préalable à toute analyse des images satellites océanographiques : elle consiste à déterminer les sites possibles de présence d'un tourbillon, grâce à l'étude

du champ de vitesse décrite dans la sous-section précédente. Après cette étape, le problème de segmentation du ou des tourbillons se pose. Il s'agit à ce stade de modéliser quantitativement la région correspondant au tourbillon.

Lors de l'observation des différentes images, nous considérons les propriétés suivantes :

- La région du tourbillon constitue la rencontre d'un front froid et d'un front chaud : elle est caractérisée par une variation en niveau de gris.
- L'utilisation d'un détecteur de contours sur l'image nous permet de constater la forte présence de maxima locaux de la norme du gradient sur la frontière du tourbillon.
- Le calcul de la variance sur l'image, puis l'application du seuillage par hysteresis nous permet de localiser les deux enroulements du tourbillon (voir figures 4 et 5).
- Un tourbillon est une région qui a la forme d'un "champignon", approximé géométriquement par un arc de cercle.

Une fois localisé les deux enroulements d'un tourbillon, il faut donc déterminer l'arc qui les relie en optimisant la fonctionnelle d'énergie :

$$E(r) = \frac{1}{2r} \sum \|\nabla I(x(r), y(r))\|^2 \quad (4)$$

$I$  représente la fonction intensité de niveau de gris et  $r$  est le rayon de l'arc de cercle du modèle.

La maximisation de cette fonction d'énergie, sur l'image de la figure 4, permet d'obtenir le résultat présenté par la figure 5.

Ce travail va se poursuivre sur l'étude du suivi spatio-temporel d'un tourbillon par l'étude de l'évolution des paramètres quantitatifs.

### **3.3 Modélisation du changement de forme d'un contour par étude de la surface interpolante et calcul de trajectoire.**

*Participants* : Jean-Paul Berroir, Isabelle Herlin, Hussein Yahia

L'évolution temporelle des tourbillons océanographiques est complexe : changement de topologie, variation de la géométrie ... C'est le cas de nombreux phénomènes naturels observés par imagerie satellitaire.

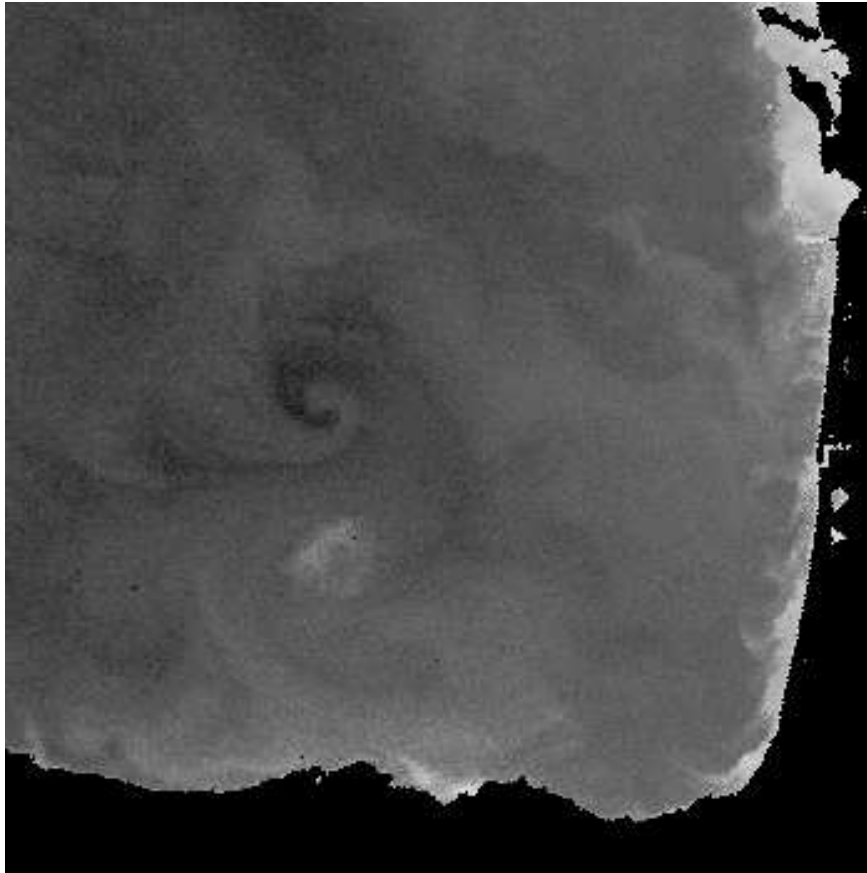


Figure 4 : Image CZCS (fournie par le projet européen OCEAN).

Nous proposons d'étudier un modèle géométrique de contrôle de l'évolution de ces formes, qui puisse, d'une part prendre en compte des paramètres issus de l'analyse des images, et d'autre part synthétiser l'évolution temporelle sans introduire une analyse physique des phénomènes, qui risquerait d'être trop complexe.

Etant donnés deux contours  $C_1$  et  $C_2$ , on peut les considérer comme les bords d'une surface élastique (voir figure 6). Le comportement géométrique des bords de cette surface, ainsi que celui des sections intermédiaires, se retrouve globalement dans les contraintes géométriques imposées à la surface.

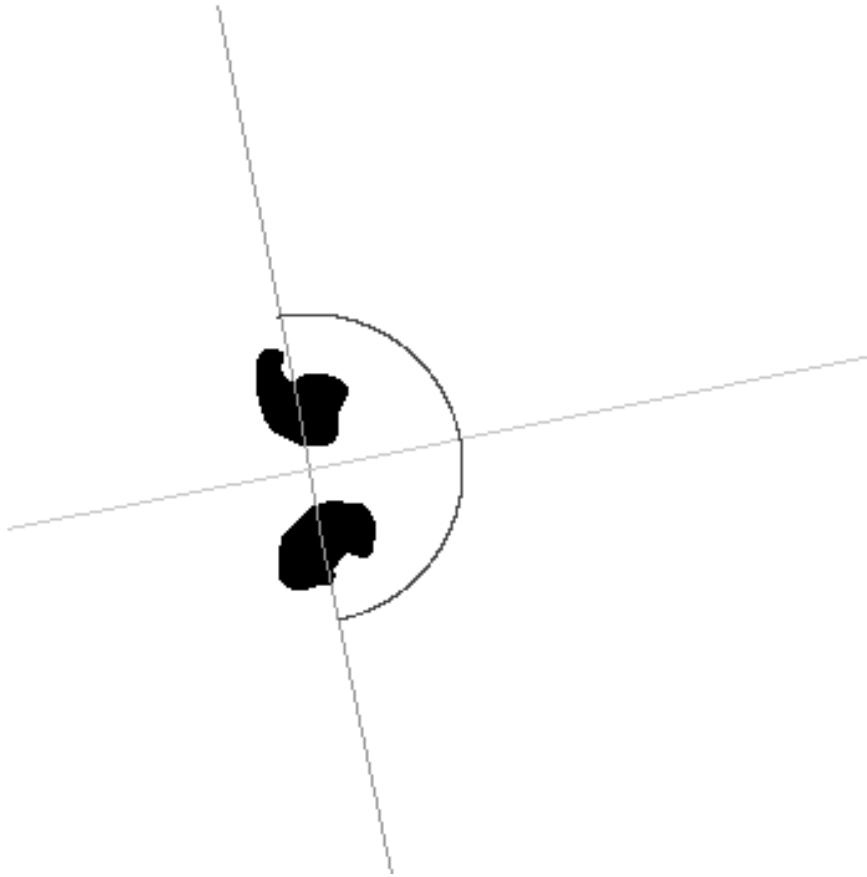


Figure 5 : Image obtenue à partir de l'image CZCS (localisation des deux vortex et de l'arc représentant la frontière du tourbillon).

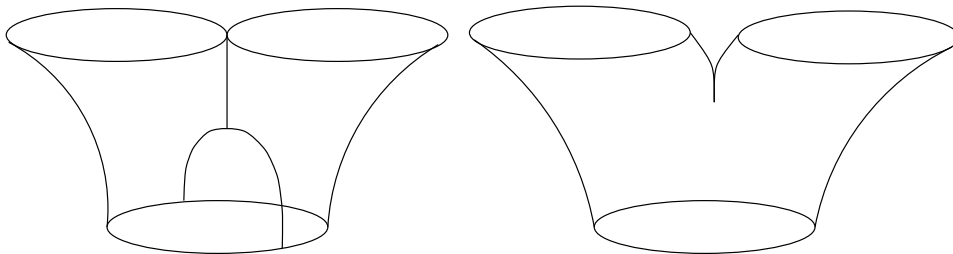


Figure 6 : Deux exemples de surface interpolante avec changement de topologie.

Des outils de synthèse d'images ont déjà été proposés pour modéliser des comportements similaires ( $\beta$  splines). De même des techniques de pincement et d'embranchement offrent un contrôle sur le changement de topologie. L'application choisie révèle donc des problèmes théoriques importants que nous nous efforçons de formaliser :

- la mise en correspondance des contours,
- la construction de la surface interpolante,
- la simulation du comportement physique des contours par des contraintes géométriques sur la surface,
- le développement d'outils permettant de maîtriser le changement de topologie des contours.

Pour introduire un comportement élastique de cette surface, il est nécessaire d'introduire un modèle physique qui transporte alors une certaine énergie. Nous nous sommes intéressés à plusieurs formulations de la fonctionnelle d'énergie.

Dans un premier temps, nous avons modélisé le comportement élastique de la surface à l'aide d'un contrôle adéquat de sa première forme fondamentale.

Nous avons ensuite pris comme critère la régularité de la surface, c'est-à-dire que l'énergie représente l'intégrale de la norme du gradient. On retrouve ainsi une formulation classique de type "*snake*". Le fait que la surface doive passer par les contours est exprimé à l'aide d'un potentiel défini en chaque point  $x$  de l'espace par  $P(x) = e^{-d(x)^2}$  où  $d(x)$  est la distance du point  $x$  au point de contour le plus proche. L'initialisation est choisie de telle sorte que la surface ait la topologie adéquate, en l'occurrence cylindrique. Ce schéma est stable, garantit la régularité de la surface, mais le comportement de la surface entre les contours est maintenant incohérent car il n'est soumis à aucun contrôle physique. Il est donc nécessaire de faire intervenir d'autres critères, tels que :

- la mise en correspondance des points de courbure maximale le long d'une section à  $u$  constant ;
- la minimisation de la distortion locale, terme traduisant notamment que si les deux contours sont identiques à une rotation près, les contours intermédiaires doivent être des rotations successives du premier contour. On peut exprimer ce critère à l'aide de la

fonctionnelle d'énergie :

$$E(\phi) = \int \int \left( \left\langle \frac{\partial \phi}{\partial u}, \frac{\partial^2 \phi}{\partial u \partial v} \right\rangle^2 + \left\langle \frac{\partial \phi}{\partial v}, \frac{\partial^2 \phi}{\partial u \partial v} \right\rangle^2 \right) dudv \quad (5)$$

qui conduit à l'équation différentielle :

$$\nabla^t(A\nabla\phi) = 0 \quad (6)$$

où :

$$A = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial v} \langle \phi_u, \phi_{uv} \rangle & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial u} \langle \phi_u, \phi_{uv} \rangle \end{pmatrix}$$

### 3.4 Déformation de contours par fonctions implicites et information physique.

*Participants* : Hussein Yahia, Isabelle Herlin

Pour générer des déformations acceptables entre deux contours, la surface d'interpolation initiale doit posséder de bonnes propriétés géométriques. Ainsi, il ne serait pas raisonnable d'accepter trop d'auto-intersections sur cette surface, et sa courbure normale en chaque point ne doit pas varier excessivement. Il existe une classe de surfaces qui satisfont ces exigences : les surfaces implicites. De plus, les objets implicites permettent de modéliser facilement les changements de topologie (apparition de "goutelettes", fusion d'objets fluides) et semblent donc particulièrement bien adaptés à nos problèmes.

Un objet implicite dans le plan est l'image réciproque d'une quantité, l'isovaleur, par une fonction régulière  $f$ . C'est donc un ensemble  $S = f^{-1}(c)$ , pour :

$$f : U \longrightarrow R$$

où  $U$  est un ouvert du plan. Dans ce qui suit, la fonction  $f$  est définie par un ensemble de points-clés dans le plan, chaque point-clé ayant un certain rayon d'influence. Autour de chaque point-clé, la fonction  $f$  est polynômiale.

Puisque nous voulons générer une surface implicite d'interpolation, le premier problème à résoudre est celui de l'approximation d'un contour donné par un objet implicite. Plus précisément, étant donné un contour donné sous la forme d'une fonction  $\gamma$  :

$$t \longrightarrow \gamma(t)$$

nous recherchons un objet implicite dont la forme épouse le plus possible celle de l'image de  $\gamma$ . L'objet implicite à rechercher est donné sous la forme de ses points-clés, de leurs rayons d'influence et de l'isovaleur associée. Nous exprimons les propriétés recherchées sous la forme d'une fonctionnelle d'énergie à minimiser. L'énergie  $E$  tient compte des positions, des tangentes et de la courbure de  $\gamma$  et de l'objet implicite. La minimisation est réalisée en utilisant une méthode de gradient conjugué. Les résultats obtenus sont présentés sur la figure 7.

La détermination d'objets implicites, approximant les contours fournis par le traitement d'image, va ensuite servir à produire une mise en correspondance destinée à calculer une surface implicite passant par les deux contours. Ce travail est en cours d'étude.

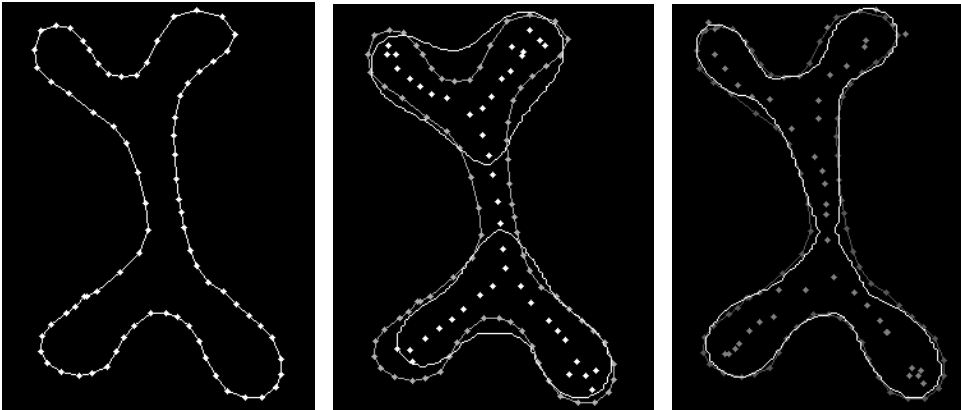


Figure 7 : Sur l'image de gauche est représenté le contour de départ. Sur l'image du milieu sont représentés les points-clés et la courbe implicite à l'initialisation. L'image de droite montre les points-clés et le contour implicite après la minimisation.

### 3.5 Description géométrique d'éléments du visage.

*Participants* : Bertrand Leroy, Isabelle Herlin, Hussein Yahia, Laurent Cohen,

Il s'agit ici d'un axe particulier de la recherche de AIR, correspondant à un projet de recherche du PRC Communication Homme-Machine, débuté préalablement à la création effective de l'action MASDA. Le projet

AMIBE se propose d'expérimenter une interface multimodale homme-machine intégrant le son et l'image dans le cadre d'une transaction de guichet bancaire utilisant la parole. L'utilisateur est identifié par sa voix et son visage.

Dans l'optique d'une approche géométrique de reconnaissance des visages, nous nous proposons d'extraire, de façon automatique, les éléments significatifs (yeux, bouche, nez ...). A cet effet, nous utilisons un modèle de contours actifs fondé sur l'utilisation de descripteurs de Fourier. Ce type de courbe est défini par :

$$v_N(\theta) = \begin{pmatrix} x_N(\theta) \\ y_N(\theta) \end{pmatrix} = \sum_{k=0}^N A_k \begin{pmatrix} \cos(\theta k) \\ \sin(\theta k) \end{pmatrix},$$

où  $A_k$  est une matrice  $2 \times 2$  et  $N$  le nombre d'harmoniques utilisées pour décrire la courbe.

Soit  $E_{Image}^N$ , la fonctionnelle d'énergie associée au modèle :

$$E_{Image}^N = \int_0^{2\pi} P(v_N(\theta)) d\theta, \text{ où } P = -|\nabla I * G_\sigma|^2.$$

La minimisation de  $E_{Image}^N$  permet d'extraire de l'image  $I$  un contour  $v_N^*$  ayant des propriétés géométriques liées au nombre d'harmoniques utilisées.

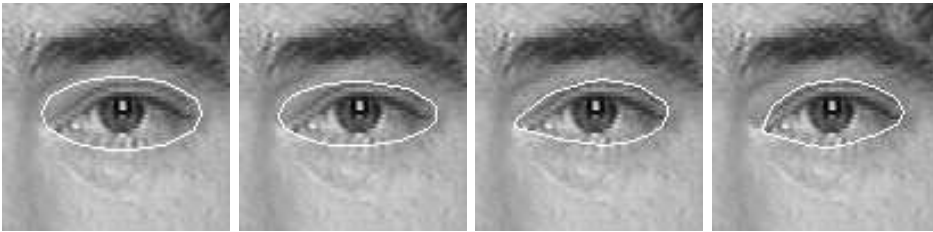


Figure 8 : Extraction des contours de l'œil. De gauche à droite : initialisation et résultats obtenus avec une, trois et cinq harmoniques.

Nous introduisons également l'énergie interne :

$$E_{Int}^N = \sum_i \lambda_i f_i(A_0, \dots, A_k, \dots, A_N),$$



où  $\{f_i\}$  représente l'ensemble des forces internes exercées sur la courbe et  $\lambda_i$ , les pondérations associées à ces forces.

Ainsi, dans l'hypothèse d'une connaissance a priori de la forme de l'objet recherché, on peut définir  $E_{Int}^N$  comme :

$$\sum_l (c_l - c_l^*)^2,$$

où  $\{c_l\}$  sont les coefficients des matrices  $A_k$  et  $\{c_l^*\}$ , les coefficients de la série de Fourier associée au contour de l'objet recherché.

Enfin, connaissant la valeur approximative de la surface de l'objet recherché,  $S_0$ , on utilise le terme complémentaire d'énergie :

$$(S_0 - \pi \sum_{k=1}^N k \det(A_k))^2.$$

Cette méthode permet d'obtenir un contrôle efficace sur la forme et la régularité des contours extraits.

## 4 Actions industrielles

Nous avons établi une collaboration scientifique avec la société ACRI, spécialisée en mécanique des fluides et en systèmes spatiaux d'observation de la terre et de son environnement. Dans ce cadre, une première convention d'expertise entre ACRI et l'Inria a été consacrée à l'analyse de séquences d'images satellites NOAA de température à la surface de l'océan. Cette convention s'intéressait à la réalisation d'un système d'interprétation des images satellites océanographiques, et nous a permis d'aborder, avec les chercheurs du projet RODIN, les problèmes d'architecture logicielle et de gestion de bases de données images évoluant dans le temps et, avec les chercheurs du projet PASTIS, le problème d'intégration d'algorithmes dans un système expert.

Nous avons établi, en collaboration avec PASTIS et SYNTIM, une convention avec le CNES sur l'interprétation de données satellites aux fins d'exploitation. Notre contribution concerne la caractérisation de l'évolution de la végétation.

Enfin, une convention d'expertise préliminaire a été effectuée avec la société Matra Cap Système sur l'étude du mouvement.

## 5 Actions nationales et internationales

Le projet AIR a initialisé au cours de cette première année d'existence plusieurs collaborations, que ce soit sur le plan scientifique ou sur le plan applicatif :

- avec le laboratoire de statistiques d'Orsay pour les problèmes de champs markoviens appliqués à l'imagerie ; nous travaillons ainsi avec Christine Graffigne, récemment nommée professeur à l'Université Paris 5.
- avec le CEREMADE sur les méthodes variationnelles appliquées à l'imagerie ; nous travaillons ainsi avec Laurent Cohen.
- avec l'Institut Pierre Simon Laplace. Une étude symétrique est actuellement effectuée pour définir les sujets et les modes de collaboration possibles entre les deux instituts, IPSL et Inria. Des travaux scientifiques ont déjà débuté avec le LODYC, qui est un des laboratoires de l'IPSL, concerné par l'océanographie, et le LMD pour les problèmes de météorologie.
- avec le Laboratoire d'Études et de Recherches en Télédétection Spatiale (CNRS-CNES) et le Centre d'Étude Spatiale des Rayonnements à Toulouse.
- avec le laboratoire de géotectonique de l'université Paris 6. Nous nous intéressons actuellement au problème du suivi d'évolution du littoral sur les images radar obtenues par ERS-1.

Le projet AIR collabore aussi dans le cadre du projet AMIBE (analyse multi-modale, intelligence artificielle, suivi d'objets) accepté par le PRC Communication Homme-Machine, avec les laboratoires suivants :

- Institut de la Communication Parlée, URA 368, Saint Martin d'Hères.
- Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, URA 1399, Toulouse.
- Laboratoire de Reconnaissance des Formes et d'Intelligence Artificielle, LAFORIA, URA 1095, Paris.
- Laboratoire d'Informatique d'Avignon.
- Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans.

## 6 Diffusion des résultats

### 6.1 Actions d'enseignement

#### 6.1.1 Enseignement universitaire

- I. Cohen : Participation au cours de traitement d'image de DEA Génie Biomédical de l'université Paris XIII- Créteil.

Participation aux cours de Mastère et DEA de traitement d'image à l'Université Technologique de Compiègne.

- I.L. Herlin : Chargée de cours à l'Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées.

Chargée de cours à l'Université de Paris XI en DEA d'informatique, module de Vision par Ordinateur et Robotique.

Participation à l'enseignement en imagerie dans le cadre de la 3<sup>ème</sup> année d'école d'ingénieur de l'EERIE (Nîmes).

Chargée de cours en imagerie dans l'option Informatique Temps-Réel en 3<sup>ème</sup> année de l'Ecole Centrale. Participation aux séminaires de recherche dans l'option image.

- H. Yahia : Chargé de cours en synthèse d'image à l'Université Paris 13, Villetaneuse.

#### 6.1.2 Séminaires et formation permanente

- I. Cohen : Participation aux cours de traitement d'image dans le cadre des journées de formation continue organisées par l'ESIEE.
- I.L. Herlin : Participation aux enseignements de formation continue de la Chambre des Métiers de Paris dans le cadre du groupe ESIEE : enseignement en Traitement d'Image pour les sessions réservées aux chercheurs CNRS.
- H. Yahia : Présentation du travail effectué pour le projet Amibe (PRC Communication Homme-Machine) pour les journées ORASIS les 2-3 Juin 1994 à l'ENST Paris.

## 7 Publications

### Articles et chapitres de livre

- [1] N. AYACHE, P. CINQUIN, I. COHEN, L. COHEN, F. LEITNER, O. MONGA, «Segmentation of complex 3-D medical objects, a challenge and a requirement for computer assisted surgery planning and performing», *in* : *Computer Integrated Surgery*, R. Taylor et S. Lavallée (éd.), MIT Press, 1994, In press.

### Communications à des congrès, colloques, etc.

- [2] S. BENAYOUN, N. AYACHE, I. COHEN, «An Adaptive Model for 2-D and 3-D dense non rigid motion computation», *in* : *12th International Conference on Pattern Recognition*, IEEE-IAPR, Jerusalem, October 1994.
- [3] S. BENAYOUN, N. AYACHE, I. COHEN, «Mouvement de structures 2-D déformables : Utilisation de caractéristiques géométriques différentielles», *in* : *IXe Congrès de reconnaissance des formes et intelligence artificielle*, AFCET, p. 589–600, Paris, Janvier 1994.
- [4] J.-P. BERROIR, S. BOUZIDI, I. L. HERLIN, I. COHEN, «Vortex segmentation on satellite oceanographic images», *in* : *SPIE Satellite Remote Sensing*, Rome, September 1994.
- [5] I. COHEN, L. COHEN, «A Hyperquadric Model for 2-D and 3-D Data Fitting», *in* : *12th International Conference on Pattern Recognition*, IEEE-IAPR, Jerusalem, October 1994.
- [6] I. L. HERLIN, D. BÉRÉZIAT, G. GIRAUDON, C. NGUYEN, C. GRAFFIGNE, «Segmentation of echocardiographic images with Markov random fields», *in* : *Third european Conference on Computer Vision*, Stockholm, Sweden, 2-6 May 1994.
- [7] I. L. HERLIN, I. COHEN, A. VERROUST, H. YAHIA, «Détection, localisation et modélisation de vortex dans les images satellites NOAA», *in* : *Quatrième Journées ORASIS, GDR-PRC Communication Homme-Machine*, Mulhouse, 11–14 Octobre 1993.

### Rapports de recherche et publications internes

- [8] I. COHEN, L. D. COHEN, «A Hybrid Hyperquadric Model for 2-D and 3-D Data Fitting», *rapport de recherche n°2188*, Institut National de Recherche en Informatique et Automatique, February 1994.
- [9] I. L. HERLIN, D. BÉRÉZIAT, G. GIRAUDON, C. NGUYEN, C. GRAFFIGNE, «Comparison of different Markov random fields model for segmenting echocardiographic images», *Rapport de recherche*, INRIA, 1994.

## 8 Abstract

MASDA Working Group studies dynamic Ground-Sea-Atmospheric observations obtained from remote sensing. Applications involve natural evolutive phenomena characterization by image processing and environmental evolution.

We are particularly interested in the following topics:

- what mathematical formulations are relevant to a proper modeling of natural structures and their evolution? What physical information of the underlying phenomena may be used for image processing?
- how include qualitative results in numerical modeling and evolution?
- is it possible to view image processing as a pre-processing step for numerical modeling: structure's localization, parameters identification ...
- how specify the development of environmental oriented database systems including image processing and visualization?

Presently, we are mainly concerned with two types of research works:

- the modeling of natural structures obtained from Ground-Sea-Earth remote sensing, and
- the temporal evolution of natural phenomena.

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Composition de l'équipe</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Présentation de l'action</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Actions de recherche</b>	<b>3</b>
3.1	Caractérisation de champ de vecteurs. . . . .	3
3.2	Segmentation des tourbillons. . . . .	7
3.3	Modélisation du changement de forme d'un contour par étude de la surface interpolante et calcul de trajectoire. . .	8
3.4	Déformation de contours par fonctions implicites et infor- mation physique. . . . .	12
3.5	Description géométrique d'éléments du visage. . . . .	13
<b>4</b>	<b>Actions industrielles</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Actions nationales et internationales</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Diffusion des résultats</b>	<b>17</b>
6.1	Actions d'enseignement . . . . .	17
6.1.1	Enseignement universitaire . . . . .	17
6.1.2	Séminaires et formation permanente . . . . .	17
<b>7</b>	<b>Publications</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>Abstract</b>	<b>19</b>