

Rapport mi-parcours

ASSIMAGE

1. Liste des équipes impliquées

- Projet IDOPT, INRIA et Laboratoire de Modélisation et Calcul, Grenoble.
- Projet CLIME, INRIA et ENPC, Rocquencourt.
- Projet VISTA, INRIA, Rennes.
- Unité ETNA, CEMAGREF, Grenoble.
- Unité ENGREF, CEMAGREF, Montpellier.
- Unité AEROBIO, CEMAGREF, Rennes.
- LEGI, CNRS, Grenoble.
- LGGE, CNRS, Grenoble.

2. Liste des participants au 1/4/05

- IDOPT
 - Antoniadis Anestis, Professeur à L'UJF, 20%,
 - Honorat Marc, Doctorant, 100%, financement CNES 50% CNRS 50%,
 - Le Dimet François-Xavier, Professeur à L'Université Joseph Fourier, 80 %,
 - Ma Jiangwei, Post –Doc depuis le 1/1/05, 100% financement ACI,
 - Monnier Jérôme, Maître de Conférences, INPG, 40 %.
 - Wu Lin, Post-doc depuis le 1/6/05, 100%, financement ACI,
 - Vidard Arthur Chargé de Recherche 80%.
- CLIME
 - Berroir Jean-Paul, Chargé de Recherche, INRIA, 20%.
 - Herlin Isabelle, Directeur de Recherche, INRIA,
 - Huot Etienne, Maître de conférence, Université de Versailles – Saint-Quentin, 80 %,
 - Isambert Till, Doctorant, 60%, financement INRIA,
- VISTA
 - MÉMIN Etienne, Maître de conférences, université de Rennes I, 10%
 - PAPADAKIS Nicolas, Doctorant, financement INRIA, début 01/10/04
 - CUZOL Anne, Doctorante, financement MENRT, début 01/10/03
- ETNA
 - Naaim Mohammed, Directeur de Recherche, CEMAGREF, 10%.
- ENGREF
 - Albrech Laurent, Technicien de Recherche, 20%,
 - Bailly Jean-Stéphane, Ingénieur, CEMAGREF, 10%,
 - Puech Christian, Directeur de Recherche, 15%.
- AEROBIO
 - HEITZ Dominique, CR Cemagref, 15%
 - CARLIER Johan , IR Cemagref, 10%
- LEGI
 - Brankart Jean-Michel, Ingénieur de Recherche, 10%,
 - Brasseur Pierre, Chargé de Recherche, 10%,

- Penduff Thierry, Chargé de Recherche, 10%,
- Verron Jacques, Directeur de Recherche, 10%.
- LGGE
 - Parrenin Frédéric, Chargé de Recherche, CNRS, LGGE, 20%
 - Ritz Catherine, Chargé de Recherche, CNRS, LGGE, 10%.

3. Changements significatifs intervenus dans le projet

Thèmes :

- Extension vers la météorologie avec la participation de Météo France.,
- Extensions internationales avec le Laboratoire d'Océanographie de l'Académie des Sciences d'Ukraine (MHI : Marine Hydrophysical Institute).
- Plusieurs projets de coopération avec les Etats-Unis sont en cours de développement :
 - avec le CSIT (Computer Science and Information Technology) de Florida State University . Dans cette université il y a d'excellents départements de météorologie et d'océanographie, le CSIT comprend des spécialistes de traitement d'images et de réalité virtuelle.
 - Avec le MIT pour l'océanographie et chemical engineering (pollution atmosphérique) projet en cours de dépôt .

Délégations :

- Etienne Huot de l'Université de Versailles – Saint-Quentin en délégation à l'INRIA.

Détachements :

- Jérôme Monnier de l'INPG en détachement à l'INRIA.

Thèses soutenues :

Deux thèses de mathématiques appliquées ont été soutenues depuis le début de l'ACI , elles avaient été commencées avant l'ACI et ont servi de « ferment » pour faire avancer l'idée d'assimilation d'images :

- Claire Lauvernet (financement INRA) « utilisation d'images satellites pour la prévision de récoltes en utilisant un modèle de culture ».
- Cyril Mazauric (financement projet européen ANFAS) : « utilisation d'images pour l'identification de coefficients de Manning dans des écoulements de surface » ;

Doctorants :

- Marc Honnorat, travaille sur l'utilisation d'images spatiales pour la prévision d'inondations avec un modèle d'hydraulique fluviale.
- Till Isambert, travaille sur l'estimation de mouvement fluide turbulent en imagerie satellitaire.

De plus la région Rhône-Alpes vient de nous accorder une bourse de thèse.

4. Résumé des principales avancées

Le sujet qui est développé dans cette ACI est :

- **Nouveau** : il n'y a pas de véritable référence sur ce thème, quelques travaux isolés et en général difficilement exploitables. La raison en est qu'il est nécessaire de réunir des spécialistes des fluides géophysiques : la visibilité des images est liée à des processus physiques qu'il convient d'analyser. A titre d'exemple, un altocumulus visible sur l'acquisition satellitaire, peut-être entièrement advecté par le vent et pourra servir de traceur lagrangien pour l'identification du flot. Un nuage lenticulaire est la marque d'un vent fort et d'un saut hydraulique produit par le relief, or il apparaît quasiment

immobile sur les images satellitaires. Le spécialiste de l'image ne saura pas détecter seul ces différences. Des compétences additionnelles en assimilation de données, en mathématiques du contrôle et aussi en développement numériques sont également nécessaires. Tous ces partenaires sont rassemblés dans Assimage.

- **Difficile** : car le fait qu'un écoulement soit visible implique qu'il est gouverné par une physique complexe et qu'on a à faire à des fluides non-homogènes, par exemple multiphase (air et eau liquide, eau et plancton, *etc*). L'identification sur les images passera nécessairement par l'identification de ces phénomènes complexes.
- **Fédérateur** : pour des recherches dans plusieurs disciplines.. Un des premiers résultats d'ASSIMAGE est d'avoir créé une communauté rassemblant des spécialistes d'images, de géophysique et de mathématiques appliquées, qui maintenant à un langage commun et une problématique commune. Il nous semble qu'une des raisons pour lesquelles ce type de recherche ne s'est pas développé est précisément due à cette barrière . Elle a été surmontée dans ASSIMAGE

Bien que les diverses applications couvertes par l'ACI représentent toutes les composantes du cycle de l'eau, l'océanographie a été choisie pour initier les travaux. Dans une première étude nous nous sommes donc intéressés à coupler un modèle de circulation océanographique et des données images. Nous nous sommes pour cela placés dans un cas simple : le modèle de simulation utilisé est bidimensionnel (*shallow-water*), la technique d'assimilation employée est basique (*nudging*) et l'opérateur d'observation est restreint à une projection. Nous avons développé une chaîne de traitement complète adaptée aux images océanographiques et validées sur des données simulées pour observer des vitesses de circulation de surface de l'océan à partir de séquence d'images. Dans ce cadre nous avons pu démontrer la faisabilité et la potentialité d'une approche par assimilation de données pour reconstruire la vitesse de circulation océanique en Mer Noire. Cette étude est réalisée en collaboration avec Le Professeur Gennady Korotaev du Marine Hydrophysical Institute de l'Académie des sciences d'Ukraine.

D'autre part, dans le cadre du problème de suivi de vorticité dans des images de fluide nous nous sommes en particulier investis sur deux études différentes. La première vise à suivre la vorticité d'écoulements fluides dans des images au moyen de techniques de filtrage stochastique non linéaire. Cette étude est conduite dans le cadre de la thèse d'Anne Cuzol. La seconde étude a pour but d'étendre les techniques d'assimilation variationnelle à des problèmes d'estimation du mouvement et de suivi de courbes dans une séquence d'images. Dans les deux cas, l'introduction de modèles dynamiques de type vorticité-vitesse ont permis d'obtenir des estimateurs de mouvements fluides efficaces et cohérent dans le temps. Nous avons par ailleurs continué à nous investir sur l'évaluation expérimentale des méthodes d'estimations du mouvement dédiés aux écoulements fluides.

L'une des principales avancées du travail réalisé dans le cadre d'Assimage est d'avoir mis au point une méthodologie constructive en se ramenant à des techniques de contrôle optimal. Il est nécessaire de définir un espace d'images tel que sa dimension soit d'ordre raisonnable et qu'on puisse construire un opérateur de l'espace des solutions du modèle vers l'espace d'image. Une façon de construire l'espace d'image est de mettre en évidence des contours saillants : fronts, filaments et d'en donner une description dans une base de fonctions qui réduise autant que possible l'information. Nous avons choisi de travailler dans des bases de *curvelets* (travail en cours avec Jianwei Ma). La phase menée en parallèle est de projeter

l'espace des solutions numérique du modèle dans l'espace des images : c'est la travail actuel de post-doc de Lin Wu avec une équation de type Saint-Venant augmentée d'une équation de concentration représentant, par exemple, un polluant passif.

Les images permettent aussi de détecter des traceurs lagrangiens, l'assimilation de ces objets fait partie des travaux de thèse de Marc Honnorat avec des écoulements fluviaux (en collaboration avec le CEMAGREF à Montpellier, Christian Puech).

Un projet de DEA a été réalisé sous la direction de Frédéric Parrenin et F.-X. Le Dimet, le sujet était l'utilisation d'images de réflectivité radar pour le calage de modèle de calottes polaires. La rédaction d'un article est en cours.

5. Réalisations obtenues dans le cadre du projet

Mise en place du site web Assimage (<http://www-rocq.inria.fr/clime/assimage>) avec un service de partage de données.

6. Réunions et Conférences organisées dans le cadre du projet

1. **19 janvier 04** : réunion de lancement.
2. **17 février 04** : assimilation de données images en océanographie.
3. **19 mars 04** : assimilation de données pour l'hydraulique fluviale.
4. **31 mars au 2 avril 04** : estimation du mouvement pour océanographie.
5. **6 juin 04** : deuxième réunion plénière Assimage .
6. **2 septembre 04** : réunion de préparation des journées ACI MD.
7. **27 octobre au 6 novembre 04** : visite du Professeur Korotaev océanographe.
8. **3 février au 4 février 05** : troisième réunion plénière Assimage.
9. **11 juillet au 13 juillet 05** : visite de Jianwei Ma spécialiste des ondelettes et curvelettes.
10. **18 juillet au 22 juillet 05** : visite Etienne Huot au *Marine Hydrophysical Institute* de Sébastopol (Ukraine).

7. Contacts internationaux dans le cadre de ce projet

- Hussaini Youssuff, Sir John Lighthill Professor, CSIT, Florida State University
- Carl Wunsch, Professor, Oceanography, MIT, USA
- Paul Borton, Professor, Chemical Engineering MIT, USA
- Luther White, Professor, Mathematics, University of Oklahoma, USA
- Victor Shutyaev, Institute of Numerical Mathematics, Académie des Science de Russie
- Gennady Korotaev, Océanographie, Académie des Sciences d'Ukraine.
- Ma Baogang, Institut de Traitement du Signal et LIAMA, Académie des Sciences, Chine.

8. Publications obtenues dans le cadre du projet

- Journaux internationaux
 - Th. Corpetti, D. Heitz, G. Arroyo, E. Mémin, A. Santa-Cruz. Fluid experimental flow estimation based on an optical-flow scheme. *Int. Journ. Experiments in Fluid*, 2005. (À paraître)
 - I. Herlin, F. X. Le Dimet, E. Huot, and J. P. Berroir. *Coupling models and data: which possibilities for remotely-sensed images?*, chapter e-Environment:

progress and challenges, pages 365-383.

Instituto Politécnico Nacional, México, 2004.

- Castaing, Dartus, Honnorat, Le Dimet, Lukili, Monnier. Automatic Differentiation for flood models in Automatic differentiation Theory and Tools. ; Bucke, Corliss, Howland, Naumann editors, Lectures Notes in Computational Sciences and Engineering (Springer
-
- Mazauric Le Dimet, *Data Assimilation in Hydraulics Model* soumis pour publication.
- Conférences internationales
 - F.-X. Le Dimet :TWAS Meeting , Beijing, November 2004
 - F.-X. Le Dimet : SIAM General Assembly Portland 2004
 - F.-X. Le Dimet : SIAM Conference on Control, Orlando, March 2005
 - F.-X. Le Dimet EGU General Assembly Vienna, April 2005
 - M. Honnorat, International Conference on Automatic differentiation, Chicago, 2004
 - A. Cuzol, E. Mémin. Vortex and source particles for fluid motion estimation. In 5th Int. Conf. on Scale-Space and PDE methods in Computer Vision (Scale-Space'05), Hofgeismar, Germany, 2005.
 - A. Cuzol, E. Mémin. A stochastic filter for fluid motion tracking, Int. Conf. On Comp. Vis. (ICCV'05), Beijing, Chine.
 - T. Isambert, J.P. Berroir, I. Herlin, and E. Huot. Apparent motion estimation for turbulent flows with vector spline interpolation. In *XVII IMACS world congress, Scientific Computation Applied Mathematics and Simulation*, Paris, July, 11-15 2005.
 - N. Papadakis, E. Mémin, F. Cao. A variational approach for object contour tracking. In Proc. ICCV'05 Workshop on Variational, Geometric and Level Set Methods in Computer Vision, Beijing, China, Octobre 2005.
- Conférences nationales
 - T. Isambert, I. Herlin, J.-P. Berroir, and E. Huot. *Estimation du mouvement fluide apparent dans un cadre de splines vectorielles*. In *ORASIS*, Fournol, France, May, 23-26 2005.