

*Team Cosivie*

*COuplage de modèles pour la SIMulation  
numérique de problématiques  
en VironnementalEs*

*Rocquencourt*

THEME 4B

*Activity*  
*R* *eport*

2003



## Table of contents

1. Team	1
2. Overall Objectives	1
10. Bibliography	3



# 1. Team

## **Responsable scientifique**

Fadi El Dabaghi [CR]

## **Assistante de projet**

Maryse Desnous [TR, en commun avec MACS, M3N et Gamma ]

## **Conseillers scientifique**

Mohamed Amara [ Professeur, Université de Pau]

Antoine Gharbi [Directeur du Service Informatique, PLJ - Paris]

## **Chercheur invité**

Driss Ouazar [ Professeur, EMI (Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Maroc), Mai à Juillet, Nov 2003]

## **Post-doctorants**

Mohamed Abdelwahed [ERCIM-INRIA, Jan-Sept 2003]

## **Doctorants**

Nachida Guelmi [Université des Sciences et de la Technologie Haouarai Boumediene, Alger (Thèse d'état) depuis Nov 2000]

Abdellah El Kacimi [EMI-Maroc (Thèse HDR), depuis Fév 2002]

Bassam Nakhle [boursier, depuis Oct 2002, Co-tutelle Université de Pau - Université Saint-Joseph de Beyrouth]

Chakib Kada Kloucha [boursier BGF (Bourse du Gouvernement Francais), depuis Oct 2002, Université de Pau]

Hocine Henine [boursier CMEP (Comité Mixte d'Evaluation et de Prospective de coopération interuniversitaire franco-algérienne), depuis Mai 2003, ENP( Ecole Nationale Polytechnique) Alger]

Maatoug Hassine [boursier, Fév 1998-Mars 2003, ENIT Tunisie]

Nissrine Souissi [boursier CMIFM (Comité Mixte Interuniversitaire Franco Marocain) et EMI-Maroc, depuis Sep 2002, Université Paris XII ]

Souad Talamali [boursier CMEP (Comité Mixte d'Evaluation et de Prospective de coopération interuniversitaire franco-algérienne)/INRIA, Sept 2000-Jan 2003, ENP- Alger]

## **Stagiaires**

Salim Benziada [Maître de conférence, ENP-Alger, Stage CMEP, Oct-Déc 2002 & Oct-Déc 2003]

Karim Ider [Magister, ENP-Alger, Stage CMEP, Oct-Déc 2002 & Juin-Aôut 2003]

Hind Achour [PFE, ENSIAS-Maroc, Financement INRIA, Fév-Mai 2003]

Mounir Bechchi [PFE, ENSIAS-Maroc, Financement INRIA, Fév-Mai 2003, -boursier Wadi/EMI-Maroc, depuis Sept 2003]

# 2. Overall Objectives

Créée en 2000, l'action COSIVIE s'intéresse à la modélisation et la simulation numérique de problèmes d'écoulements d'eau. Elle s'attache principalement au développement, à la justification théorique et à la mise en oeuvre numérique de méthodes d'approximation adaptées à ces problèmes. On s'intéresse en outre, au couplage de ces modèles au sein d'un système d'information intégré sous WEB, avec les outils les plus récents en visualisation, traitement, consultation, indexation et structuration de données, etc... Ce système d'information intégré avec les codes de simulation ainsi obtenus font l'objet de validation sur des cas réels en liaison avec des professionnels du secteur.

Ces problématiques de l'eau constituent un domaine prioritaire caractérisé par la diminution de cette ressource, son utilisation intensive ainsi qu'aux divers risques qui lui sont liés (pollution, inondation, etc.). Qu'il s'agisse de préserver l'eau pour l'irrigation, d'aménager un bassin versant, de construire un barrage pour le stockage de l'eau ou pour diminuer les risques d'inondation, de vouloir oxygéner un lac eutrophe, de

recharger une nappe phréatique ou de la dépolluer, tout effort de compréhension fine de ces problématiques passe par une approche intégrée de l'information qui seule, offre une vision globale des divers composants de l'écosystème étudié:

- modélisations physique et numérique,
- simulation numérique (analyse EDP<sup>1</sup>, solveurs algébriques, MNT<sup>2</sup> et maillages, HPCN<sup>3</sup>,
- SGBD<sup>4</sup>, SIG<sup>5</sup>, vision, données expérimentales,
- évaluations d'impact, données socio-économiques et indicateurs, etc...

Chacun de ces domaines est un gisement d'études et de recherches potentielles. Néanmoins dans le cadre de Cosivie, nous nous intéressons, du point de vue Recherche, uniquement aux aspects Modélisation Numérique, Algorithmique et concept d'un système d'information intégré. Les autres aspects sont considérés comme des outils à maîtriser et à utiliser pour une meilleure valorisation des logiciels développés. L'objectif est ainsi d'associer, dans le cadre d'architectures intégrées, les modèles de simulation numérique existants ou à développer avec les outils les plus avancés de pré et post traitement de données. Il s'agit de tendre vers la construction de simulateurs virtuels de systèmes physiques aptes à rendre compte de toute la complexité des phénomènes modélisés. La validation et la calibration de ces simulateurs constituent aussi une des tâches à assurer. Ce volet implique une collaboration avec les professionnels du secteur, détenteurs des mesures de terrain. Les informations extraites de ces données « mesures » du monde réel caractérisant le phénomène physique permettent de corroborer les réponses de la simulation numérique avec la réalité.

Sur la thématique des ressources en eau, nous nous intéressons aux problèmes du type écoulement de surfaces (crues, inondations, retenues d'eau, régimes fluviaux et torrentiels, régimes estuariens), infiltration (milieu poreux, nappes aquifères, pollution). Ces problèmes sont principalement régis par des équations aux dérivées partielles non linéaires instationnaires dans des domaines tridimensionnels pouvant être à frontière libre. Ces modèles prennent en compte des données géométriques, morphodynamiques, hydrométéorologiques, etc. Outre les aspects modélisation mathématique et numérique de ces problèmes, se pose ainsi la question du traitement de données pour la modélisation des bassins versants, les modèles numériques de terrain, etc. Le couplage interactif entre les modèles de simulation numérique développés et les outils de pré et post traitement de données, existants ou à adapter, y apporte une réponse appropriée.

Les travaux de l'action Cosivie porte ainsi sur les thèmes suivants:

- Modélisation mathématique et numérique, basée sur une connaissance approfondie du phénomène « physique » traité, utilisant essentiellement les équations de conservation de la mécanique des fluides (Navier-Stokes, Euler, Saint-Venant) auxquelles s'ajoutent des modèles de clôture de la turbulence avec un effort particulier sur les conditions aux limites et initiales afin de restituer des modèles « physiquement admissibles ».
- Développement de méthodes numériques nouvelles pour calculer des écoulements à surface libre en eaux peu profondes décrits par les équations de type Saint-Venant.
- Développement de méthodes numériques nouvelles pour modéliser le problème de l'aération des retenues d'eau soumises au phénomène de l'eutrophisation : équations de Navier-Stokes tridimensionnelles instationnaires avec injection de bulles d'air (modèles diphasiques, multi-échelles, etc...).
- Développement de modèles d'écoulements estuariens ( milieux densimétriques eau douce-eau de mer, marées, thermique, turbidité, tridimensionnel, instationnarité, transport de sédiments, transport de polluants, frontière libre, ensablement, etc...).

---

<sup>1</sup>Equations aux dérivées partielles

<sup>2</sup>Modèle Numérique du Terrain

<sup>3</sup>High Performance Computing Network

<sup>4</sup>Système de Gestion de Base de Données

<sup>5</sup>Système d'Informations Géographiques

- Développement de modèles de bassins versants pour décrire des écoulements de surface ( Saint-Venant, rupture de digues, inondations, interaction simulation numérique-vision par ordinateur, optimisation et contrôle, ...).
- Méthodes d'approximation de systèmes aux dérivées partielles avec des estimateurs d'erreur et des techniques d'optimisation dans un environnement éléments/volumes finis impliquant spécifiquement la maîtrise de systèmes de générations de maillage et de représentation graphique très élaborés pour le couplage de modèles multidimensionnels.
- Analyse algorithmique et développement d'outils de programmation parallèle sous MPI.
- Développement de concept d'architecture logicielle et de système intégré en standalone et via le web: Intégration d'outils de traitement de données, des fonds documentaires hétérogènes existants et à venir traitant les aspects liés aux ressources en eau et à l'environnements. Ce système sera accessible, diffusable sur le web et surtout exploitable en tant qu'aide aux prises de décisions socio-politiques ou socio-économiques, ainsi qu'à la production d'informations et de savoir à des fins de modélisation et de simulation.

## 10. Bibliography

### Major publications by the team in recent years

- [1] M. ABDELWAHED, F. EL DABAGHI, D. OUAZAR. *A virtual numerical simulator for aeration effects in lake eutrophication*. in « International Journal of Computational Fluid Dynamics », number 2, volume 96, 2002, pages 119-128.
- [2] M. AMARA, C. BERNARDI. *Convergence of a finite element discretization of the Navier Stokes equations in vorticity and stream function formulation*. in « Mathematical Modelling and Numerical Analysis, M2AN », number 5, volume 33, 1999, pages 1033-1056.
- [3] M. AMARA, C. BERNARDI, M. BENYOUNES. *Error indicators for the Navier-Stokes equations in stream function and vorticity formulation*. in « Numerisch Mathematik », volume 80, 1998, pages 181-206.
- [4] M. AMARA, F. EL DABAGHI. *An optimal  $C^0$  finite element method for the 2D biharmonic problem*. in « Numerisch Mathematik », number 1, volume 90, 2001, pages 19-46.
- [5] F. EL DABAGHI. *Numerical Aspects of Aeration Process Modelling in Eutrophised Water Basins*. in « J. of Systems Analysis Modelling Simulation », number 1, volume 39, 2000, pages 1-23.
- [6] F. EL DABAGHI. *Steady incompressible and compressible solution of Navier-Stokes equations by rotational correction*. in « Numerical Methods for Fluid Dynamics », volume 3, 1988, pages 273-281.
- [7] F. EL DABAGHI, D. OUAZAR, P. PRASTACOS. *ESIMEAU Integrated Information System for Modeling and Management of Water Resources: Concept and Architecture*. in « J. of Systems Analysis Modelling Simulation », volume 41, 2001, pages 669-688.
- [8] F. EL DABAGHI, O. PIRONNEAU. *Stream vectors in three dimensional aerodynamics*. in « Numerisch Mathematik », volume 48, 1986, pages 561-589.

- [9] F. EL DABAGHI, J. PÉRIAUX, O. PIRONNEAU, G. POIRIER. *2-D/3-D Finite element solution of the steady Euler equations for transonic lifting flow by stream vector correction.* in « Int. J. for Num. Meth. in Fluids », volume 7, 1987, pages 1191-1209.
- [10] F. EL DABAGHI, J. H. SAIAC. *Characteristics and time dependant methods for solving the 3D incompressible Euler equations by a stream vector-vorticity formulation.* in « Int. J. for Hydraulics, Hydrology and Hydrodynamics in Eng », number 4, volume 2, 1989.