

Rapport sur l'école CIMPA-INRIA-UNESCO-TLEMCEN
Mathématiques pour l'écoulement et l'épuration de l'eau

Village Touristique Syphax, Commune de Rachgoun, Wilaya de Ain Temouchent, Algérie

10-21/05/2008

par Tewfik Sari, Professeur à l'Université de Haute Alsace

L'école, et le colloque qui l'a accompagné, ont été entièrement pris en charge en Algérie par l'*Université Aboubekr Belkaid de Tlemcen* et sa *Faculté des Sciences* ainsi que sa *Faculté des Sciences de l'Ingénieur*. Trois laboratoires de ces facultés ont participé au financement de l'école : le *Laboratoire d'Automatique*, le *Laboratoire Eaux et Ouvrages Dans Leurs Environnements* et le *Laboratoire de Mathématiques (Systèmes dynamiques et Applications)*. Les billets d'avions des enseignants et en partie ceux des participants non algériens ont été pris en charge par l'*INRIA*, le *CIMPA* et l'*Ambassade de France en Algérie*.

1 Participation

L'école a rassemblé 95 participants dont 29 venant hors d'Algérie, 25 algériens hors de Tlemcen et 41 de Tlemcen (voir la liste des participants dans l'Annexe D). Parmi ces participants il faut compter les 14 enseignants. La majorité des participants étaient des mathématiciens et des mathématiciennes en poste dans leur université. Parmi les participants de Tlemcen on compte plusieurs doctorants en Mathématique ou en Automatique. L'école était accompagnée, les 15 et 16 mai, du colloque TREASURE - HYDRO 3+3 du Programme EuroMéditerranée 3+3 de l'*INRIA* avec une forte participation de collègues du Maroc et de Tunisie.

Trois mathématiciens venant du Moyen Orient n'ont pas pu participer à l'école. L'un Libanais, bien que pris en charge par le *CIMPA*, n'a pas pu venir à cause de la guerre et de la fermeture de l'aéroport de Beyrouth. Les deux autres, Palestiniens, bien que pris en charge par le Ministère des Affaires Etrangères et Européenne qui leur avait envoyé un billet Amman-Paris-Tlemcen, n'ont pas pu venir car ils n'ont pas obtenu de visa de Transit par la France.

2 Déroulement de l'école

L'école s'est entièrement déroulée dans le village de vacances Syphax (commune de Rachgoun) situé au bord de la mer à 60 km de Tlemcen. Tous les participants extérieurs à Tlemcen (et quinze de Tlemcen) étaient logés du vendredi 9 mai au mercredi 21 mai dans le village de vacances. Une navette quotidienne emmenait les participants de Tlemcen (qui n'étaient pas logés à Syphax) à 9h du matin et les ramenait le soir à 18h. Les cours se tenaient dans une salle équipée d'écrans de vidéoprojection et de grands tableaux. Une connexion Internet très satisfaisante (avec 4 postes) était mise à la disposition des participants 24h sur 24 ainsi qu'une imprimante et une photocopieuse.

Les repas (midi et soir) et les pauses café étaient pris collectivement dans des salles et une terrasse attenantes avec vues magnifiques sur la mer et l'Île de Rachgoun. L'université de Tlemcen a pris à sa charge les repas et l'hébergement de tous les participants, ainsi que les transferts des participants depuis les aéroport de Tlemcen et d'Oran. Elle nous a offert aussi deux excursions à Tlemcen (les lundi 12 et 19 mai 2008). L'université de Tlemcen a pris en charge à l'*Hôtel Les Zianides***** de Tlemcen, en pension complète, tous les participants de l'école qui sont arrivés avant le vendredi 9 mai ou bien qui sont repartis après le mercredi 21 mai.

L'ouverture de l'école s'est faite en présence des Doyens de la Faculté des Sciences et de la Faculté des Sciences de l'Ingénieur ainsi que des trois directeurs des Laboratoires qui ont financé l'école..

La clôture de l'école s'est faite en présence de Monsieur le Professeur Noureddine Ghouali, Recteur de l'Université de Tlemcen, et de Monsieur David Andrevon du Haut Conseil Algéro-Français Universitaire et de Recherche.

Monsieur David Queinnec, Directeur du Centre Culturel Français de Tlemcen et Monsieur Philippe Georgeais, Conseiller à l'action culturelle à l'Ambassade de France en Algérie ont invité l'ensemble des enseignants présents la première semaine à un dîner le mercredi 14 mai.

3 Cours et Conférences grand public

Il y a eu 22h30 de cours la première semaine et 3h de tutorial (Voir Annexe A) ainsi qu'une conférence grand public (par Jean Christophe Poggiale) qui s'est déroulée le lundi 12 mai au Centre Culturel Français de Tlemcen. Il y a eu 19h30 de cours la deuxième semaine (Voir Annexe B) et 3 conférences grand public. Deux conférences se sont déroulé sur le lieu de l'école les Dimanche 18 (par Jean Raynald de Dreuzy) et le Mardi 20 mai (par Zoghman Mebkhou) et une (par Claude Lobry) s'est déroulée le lundi 19 mai au Centre Culturel Français de Tlemcen.

Le Colloque TREASURE - HYDRO 3+3 s'est déroulé Jeudi 15 et Vendredi 16 mai (Voir Annexe C) avec une forte participation supplémentaire de collègues venant de France, Espagne, Italie, Algérie, Maroc et Tunisie. Plusieurs participants de l'école ont suivi avec assiduité les travaux du colloque, ce qui leur a permis de nouer des liens nouveaux et de prendre connaissance de sujets de recherche d'actualité.

Tous les cours ont été regraphiés et distribués aux participants (plus de 400 pages de documentation). Ils sont mis aussi en ligne sur le site web de l'école

<http://www.math.uha.fr/sari/tlemcen2008.html>

Les frais de reprographie ont été pris en charge par l'université de Tlemcen, sauf pour l'un des cours (Jérôme Jaffré) où c'est le conférencier qui a apporté lui-même les exemplaires à distribuer.

Voici la liste et les résumés des cours :

Cours 1 : **Eric Benoît**, Université de La Rochelle et INRIA, Sophia Antipolis, France

Équations différentielles ordinaires (4h30)

Résumé : Il s'agit des bases de la théorie qualitative des systèmes différentiels : Solution bornées - équilibres, stabilité - solutions périodiques, cycles limite, attracteurs complexes. Etude des systèmes qui doivent laisser invariant l'orthant positif : systèmes compétitifs, systèmes coopératifs.

Cours 2: **Robert Roussarie** Université de Bourgogne, Dijon, France

Perturbations singulières (4h30)

Résumé : Systèmes à deux échelles de temps, état quasi stationnaire. Réduction de la dimension des systèmes.

Cours 3 : **Jean Christophe Poggiale**, Université de Marseille, France

Modèles de compétition - préation dans les chémostats Competing-predators models in the Chemostat) (4h30)

Résumé : Modèle classique de compétition pour une ressource - Modèle de compétition pour une ressource - Modèles de chaînes trophiques à trois niveaux.

Cours 4 : **Claude Lobry**, Université de Nice et INRIA, Montpellier, France

Stabilité et persistance dans les écosystèmes microbiens

Stability and persistance in microbial systems (4h30)

Résumé : Relation de préation "proie - dépendante", "ratio-dépendante". Persistance.

Cours 5 : : **Jérôme Harmand** (INRA, Narbonne, France.)

Modélisation des procédés de dépollution (3h)

Résumé : Bioréacteurs - Systèmes de cultures en continue (chémostat) - Systèmes SBR (Séquentiel Bach Reactors) - Réacteurs à membrannes

Cours 6 : : **Yousef Saad**, University of Minnesota, USA

Méthodes itératives pour la résolution de problèmes matriciels de grande dimension et applications (3h)

Résumé : Ce mini-cours couvrira les méthodes numériques pour résoudre des systèmes linéaires ainsi que des problèmes de valeurs propres pour des matrices creuses de grande dimension. Les méthodes de projection de type Krylov ainsi que les techniques de préconditionnement seront les thèmes principaux du cours. Les techniques de calcul parallèle, le cadre non-linéaire, et des applications en mécanique quantique seront également discutées. Le cours sera pratique avec, éventuellement, des implémentations en un langage interactif tel que Matlab.

Cours 7 : **Jean-Raynald de Dreuxy**, Département Géosciences, Rennes, France
Hydrogeological modelling using high performance numerical methods

Modélisation physique des écoulements souterrains et de surface (3h) Abstract : Modelling flow and transport processes in underground media requires the integration of data and field knowledge, the identification of the relevant geological models and the simulation of hydraulic processes. Numerical methods are useful at the different steps and should especially account for the observed large geological heterogeneity and uncertainty.

Cours 8 : **Amel Ben Abda**, ENIT, Tunis, Tunisie
Identification de paramètres, problèmes inverses (3h)

Résumé : Plusieurs problèmes inverses sont sous-tendus par des applications environnementales. On pourra citer par exemple les problèmes de détection de sources de pollution. L'objectif de ce cours est d'introduire les problèmes inverses d'identification de paramètres et de géométries et de sensibiliser l'auditoire, à travers des applications issues de l'hydrologie, à la notion des problèmes mal posés et à lui proposer quelques techniques de résolutions de ce type de problèmes.

Cours 9 : **Jean Roberts**, INRIA Rocquencourt, France
Mixed finite element methods and finite volume methods for Darcy flow calculations
Eléments finis mixtes et volumes finis pour le calcul d'écoulement de Darcy (3h)

Abstract : Low order mixed finite element methods and cell centered finite volume methods are methods particularly suitable for calculating flow in heterogeneous porous media. These methods will be defined and the relationship between the two methods will be investigated. Approximation properties of these numerical schemes will be discussed, and other properties such as local conservativity will be studied.

Résumé : Les méthodes d'éléments finis mixtes de bas degrés et la méthode des volumes finis centrés sur les mailles conviennent particulièrement au calcul des écoulements dans des milieux poreux hétérogènes. Ces méthodes seront définies et leurs relations seront examinées. Les propriétés d'approximation de ces schémas numériques seront discutées ainsi que d'autres propriétés telles que la conservation locale.

Cours 10 : **Philippe Chartier**, IRISA, Rennes, France
Intégration numérique des équations différentielles (3h)

Résumé : Il s'agit de présenter les qualités des schémas d'intégration des équations différentielles ordinaires ou algébriques. Un souci particulier sera porté aux schémas qui conservent un invariant du problème.

Cours 11 : **Édouard Canot**, Chargé de Recherche au CNRS, IRISA, Rennes-France
Arithmétique flottante et Arrondis de calcul (1h30)

Résumé : On présente tout d'abord l'arithmétique flottante utilisée dans les calculateurs électroniques, ainsi que la norme IEEE-754 qui y est attachée. Les conséquences de son utilisation dans les calculs et simulations numériques sont ensuite abordées : erreurs d'arrondi, phénomènes d'absorption et d'élimination; les notions de stabilité et de conditionnement des algorithmes sont également présentées. On aborde ensuite certains outils logiciels permettant de contrôler ou d'estimer la précision des résultats numériques : la multi-précision, l'arithmétique d'intervalle, les méthodes de perturbation. Un accent particulier est mis sur l'arithmétique aléatoire (arithmétique stochastique). Quelques démonstrations illustrent ce cours.

Cours 12 : **Fatma-Zohra Nouri**, Université de Annaba
Estimations a posteriori (1h30)

Cours 13 : **Rajae Aboulaïch**, Université de Rabat
Modèles mathématiques et propriétés (1h30)

Résumé : Ce cours présente dans une première partie quelques exemples problèmes d'EDP modélisant des écoulements de fluides. On s'intéressera ensuite à l'étude mathématique d'un certain nombre de modèles. On aura à établir des résultats d'existence et d'unicité pour différents types d'EDP, elliptiques, paraboliques linéaires et paraboliques non linéaires selon l'écoulement considéré.

Cours 14 : **Jérôme Jaffré**, INRIA Rocquencourt, France
Ecoulements diphasiques : formulation et méthodes numériques (1h30)

Voici les titres des conférences grand Public.

Jean-Christophe Poggiale (Professeur à l'Université de Marseille): *Approches mathématiques de l'étude de l'impact de l'hétérogénéité sur le fonctionnement des écosystèmes marins.*

Claude Lobry (Professeur à l'Université de Nice): *La réutilisation des eaux usées à des fins agricoles en zones semi-arides : Un défi pour la recherche, une opportunité pour la coopération Euro-Méditerranéenne.*

Jean-Raynald de Dreuz (Chargé de Recherche au CNRS, Rennes) : *Quelles ressources en eau pour le XXI^{ème} siècle ?*

Résumé : Passé récemment dans l'histoire, le XX^{ème} siècle aura été profondément marqué par les révolutions industrielle et technologique. Les récentes catastrophes naturelles autant que les évolutions climatiques remettent en cause la place de l'environnement dans l'héritage socio-économique du XX^{ème} siècle. L'environnement au sens large est devenu pour beaucoup un enjeu majeur aussi diffus qu'inquiétant. L'eau focalise une bonne part des inquiétudes sur l'évolution de l'environnement. Manquerons-nous d'eau sur terre ? Y aura-t-il suffisamment d'eau pour nourrir tout le monde ? A quoi et à qui serviront les ressources en eau ? Les nappes phréatiques vont-elles s'épuiser ? L'objectif de cette conférence est de faire le point sur ce que sont les ressources en eau aujourd'hui et sur les prévisions de leur évolution autant quantitativement que qualitativement. Nous verrons comment la question de la ressource en eau s'intègre plus généralement dans la gestion des ressources naturelles et de nos déchets.

Zoghman Mebkhout (Directeur de Recherche au CNRS, Paris): *De l'Arithmétique à la Géométrie.*

4 Aspects financiers

Hébergement : 1.044.342 DA. Restauration : 2.555.368 DA. Transport : 234.000 DA. Reprographie : 61.400 DA. Pauses Café : 166.000 DA.

Total : **4.061.110 dinars algériens (soit 40.000 Euros environ)** payés par l'université de Tlemcen et ses deux facultés et trois laboratoires cités au début du rapport.

Les billets de transport de Eric Benoit, Jean-Christophe Poggiale, Robert Roussarie et Tewfik Sari, pour un montant total de **2.500 euros** ont été payés par l'Ambassade de France en Algérie

Les billets de transport de Amel Ben Abda, Rajae Aboulaïch, Edouard Canot, Philippe Chartier, Jean-Raynald de Dreuz, Jérôme Harmand, Jérôme Jaffré, Claude Lobry, Fatma-Zohra Nouri, Bernard Philippe, Jean Roberts, Yousef Saad, pour un montant total de **8.500 euros** ont été payés par l'INRIA.

Les participants non algériens ont eu des subventions pour leurs frais de transport pour un montant total de **10.900 euros**, dont **4.200 euros** ont été payés par l'INRIA et **6.700 euros** ont été payés par le CIMPA.

A Programme de la première semaine

Planning des cours, Semaine du 10 au 14 Mai 2008

	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi
09h00-10h30	Ouverture	E. Benoît 2	E. Benoît 3	C. Lobry 1	JC. Poggiale 3
10h30-11h00					
11h00-12h30	E. Benoît 1	R. Roussarie 2	R. Roussarie 3	JC. Poggiale 2	E. Canot
12h30-14h00					
14h00-15h30	R. Roussarie 1	JC. Poggiale 1		FZ. Nouri	C. Lobry 3
15h30-16h00					
16h00-17h30	Tutorial	Tutorial		C. Lobry 2	J. Harmand 1
18h00-20h00			Poggiale (CCF)		

B Programme de la deuxième semaine

Planning des cours, Semaine du 17 au 21 Mai 2008

	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi
09h00-10h30	J. Harmand 2	JR. de Dreuz 2	Y. Saad 1	P. Chartier 1	A. Ben Abda 2
10h30-11h00					
11h00-12h30	J. Roberts 1	J. Jaffré	Y. Saad 2	P. Chartier 2	Clôture
12h30-14h00					
14h00-15h30	JR. de Dreuz 1	J. Roberts 2		A. Ben Abda 1	
15h30-16h00					
16h00-17h30	R. Aboulaich	JR. de Dreuz		Z. Mebkhout	
18h00-20h00			Lobry (CCF)		

C Programme du Colloque

Programme EuroMéditerranée 3+3
 Workshop TREASURE – HYDRO 3+3
 Tlemcen, May 15 – 16, 2008

Thursday, May 15

- 9:00 Introduction to the programme by B. Philippe, INRIA, Rennes, France
 9:20 Network TREASURE : Introduction by J. Harmand, INRA, Montpellier, France
 9:30 Modélisation d'un procédé de nitrification. B. Benyahia, Tlemcen, Algeria
 10:00 Assignation d'espèces dans un écosystème à deux fonctions écologiques. J. Harmand, INRA, Montpellier, France
 10:30 Break
 11:00 Applications des bioréacteurs membranaires pour le traitement anaérobique des eaux usées urbaines et industrielles en vue de leurs réutilisations potentielles. A. Saddoud, CBS, Sfax, Tunisia. [Transferred to the second day]
 11:30 Surface water quality monitoring and modelling. R. Salvetti, POLIMI, Milano, Italy
 12:00 A study of a saddle point problem. F.-Z. Nouri, Annaba, Algeria
 12:30 Lunch
 14:00 Efficiency of a pilot-scale membrane bioreactor for the removal of organic micropollutants from sewage. R. Reif, Santiago de Compostela, Spain
 14:30 Network HYDRO 3+3: Introduction by R. Aboulaich, LERMA-EMI, Rabat, Morocco.
 14:50 An inverse problem for a pollution problem in porous media. A. Darouichi, LERMA-EMI, Rabat, Morocco.
 15:10 Indicateurs d'erreurs pour un problème parabolique approché par une méthode des volumes finis basée sur les éléments de Crouzeix-Raviart. A. Bergam, ENSA, Safi and Kenitra, Morocco.
 15:40 Break
 16:00 Identification of wells fluxes from partial overspecified boundary data: homogeneous and heterogeneous cases. N. Hariga-Tlatli, LAMSIN/ENIT, Tunis, Tunisia.
 16:30 Complétion de données pour l'équation de Stokes. I. Ben Saad, LAMSIN/ENIT, Tunis, Tunisia.
 16:50 Modelling and Numerical Simulation of Long Gravity Waves above an emerged barrier. A. Laouar, Annaba, Algeria.
 17:20 Restauration des images par EDP d'ordre 4. M. Maouni, Annaba, Algeria.
 17:40 Etude d'une coque en contact avec un corps rigide. F. Taallah, Annaba, Algeria.
 18:00 End

Friday, May 16

9:00 Applications des bioréacteurs membranaires pour le traitement anaérobique des eaux usées urbaines et industrielles en vue de leurs réutilisations potentielles. A. Saddoud, CBS, Sfax, Tunisia.

9:30 La plateforme HYDROLAB. E. Canot, CNRS, Rennes, France

10:00 Direct Fracture characterization and inverse flow channelling identification in hydrogeology . J.R. de Dreuxy, CNRS, Geosciences, Rennes, France

10:30 Break

11:00 Etude et simulation de la variation spatio- temporelle de la pollution dans la nappe de Saïda. Cherifa Hachemaoui, Saïda, Algeria.

11:20 Activities of LAMSIN in hydrology. N. Gmati, LAMSIN/ENIT, Tunis, Tunisia.

11 :40 Discussion for a follow-up of the actions.

12:30 End

D Liste des participants de l'école

Les participants sont répartis par université d'origine et pas par nationalité. Pendant les deux journées du colloque, il y a eu quinze participants supplémentaires.

Afrique du Sud : Adebayo Muyiwa.

Algérie :

Alger : Drouiche Nadjib, Metref Nadia, Nezzal Fatiha.

Annaba : Boulfoul Amel, Melki Mounira, Mellal Romaissa, Nouri Fatma Zohra.

Batna : Tamrabet Abellah.

Chlef : Kasmi Abderahmane.

Guelma : Badi Sabrina, Berhail Amel.

Khenchla : Berbiche Mohamed.

Saïda : Hachemaoui Cherifa, Korichi Khaled.

Sétif : Daili Noureddine.

Sidi Bel Abbes : Aissani Khalida, Amroun Noureddine, Benaissa Abbes, Boukenkoul Abderrahmane, Hellal Mohamed, Lakrib Mustapha, Louhibi Naima, Mesri fatima, Miloudi Mustapha, Mimouni Salima.

Tiaret : Henaoui Wassila.

Tlemcen : Abdellaoui Boumediene, Abeidallah Mohamed, Bekkouche Abdelmalek, Benallal Hafida, Benchaib Abdellatif, Bensaber Fatna, Bensenouci Hakem Amel, Bentifour Rachid, Benyahia Boumediene, Biroud Kheireddine, Borsali Salima, Cherki Brahim, Choukchou Braham Amel, Chouraqui Aicha, Dib Nabahat, Dieb Abderrezak, Djafour Mustapha, Fekih Sihem, Ghouali Noureddine, Habi Mohamed, Houalef Meriem, Kada Kloucha Mohamed, Mahdjoub Tewfik, Mamachaoui Mohamed, Mebkhout Benmiloud, Meftahi Souad, Meghebar Abdelmadjid, Mehadjri Latéfa, Menouar Mohamed Amine, Moussaoui. Ali, Nasri Yasmina, Nehari Mohamed, Rahmoun Amel, Sabri Bensid, Sabri Khadidja, Sari Abdellahamid, Seddini Abdellali, Tabti Boufeldja, Tahri Kamel, Touaoula Tarik, Yadi Karim.

Cameroun : Tagoudjeu Jacques.

France : Jean Pierre Barbot, Benoît Eric, Canot Edouard, Chartier Philippe, de Dreuxy Jean-Raynald, Harmand Jérôme, Jaffré Jérôme, Lobry Claude, Philippe Bernard, Poggiale Jean Christophe, Roberts Jean, Zoghman Mebkhout, Roussarie Robert, Sari Tewfik.

Inde : Kannan Manoharan.

Maroc : Aboulaïch Rajae, Guessous Najib.

Mauritanie : Ould Elmokhtar Mohamed.

Nigéria : Ibrahim Mohammed O., Lawan Kaurangini Muhammad, Obisesan Olalekan Kazeem, Omolofe Babatope.

Sénégal : Bodian Khalifa, Sy Mamadou, Traore Aboubakari.

Tchad : Mbaïnguissé Djibet,

Tunisie : Ben Abda Amel, Ould Bouh Hamoudi Kamal.

USA : Yousef Saad.

**Répartition par nationalité des participants à l'école
"Mathématiques pour l'écoulement et l'épuration de l'eau"
Tlemcen (Algérie), Mai 2008**

