

Curriculum vitae détaillé

Abdeljalil NACHAOUI

Né le 7 mai 1962

Marié, 3 enfants.

Nationalité : Marocaine

14 rue J. M. Jacquard

44300 Nantes, France

Tél. 02 40 76 94 57

Laboratoire de Mathématiques Jean Leray

Université de Nantes/CNRS UMR 6629

2 rue de la Houssinière, BP 92208

44322 Nantes, France

Tél. (33)0251125937, Fax. (33)0251125912

E-mail : nachaoui@math.univ-nantes.fr

Situation principale :

- **Allocataire d’enseignement et de recherche**, Institut de Recherche et d’Enseignement Supérieur aux Techniques de l’Electronique (I.R.E.S.T.E.) Nantes, 1988-1990.
- **Attaché temporaire d’enseignement et de recherche**, Institut Universitaire de Technologie (I.U.T.) Nantes, 1990-1991.
- **Attaché temporaire d’enseignement et de recherche**, Université de Nantes 1991-1992.
- **Maître de Conférences**, Université de Nantes, depuis Octobre 1992.

Titres Universitaire français :

Doctorat de l’université de rennes 1 (1991), HDR université de Nantes (2002), voir détails ci-dessous.

Diplômes, qualifications, titres :

- 1986 Licence es-Sciences de Mathématiques, Université Cadi Ayyad, Marrakech
- 1987 DEA d’Analyse Numérique et Mécanique, Université de Rennes 1
- 1991 Doctorat de l’Université, Université de Rennes 1,
Contribution à l’analyse et l’approximation des modèles dérive-diffusion dans les semi-conducteurs, soutenue le 28 juin 1991.
Directeur de thèse : A. Mignot.
Jury : Président : A. Mignot. ; Rapporteurs : M. Crouzeix et N. R. Nassif.
Examineurs : G. Caloz, J.-F. Ciavaldini et P. A. Raviart.
- 1999 Doctorat d’état, École Mohammadia d’Ingénieurs, Rabat,
Étude de quelques modèles macroscopiques de composants semi-conducteurs, soutenue le 12 mars 1999.
Directeur de thèse : R. Abouaïch
Jury : Président : A. Taoud ; Raporteurs : J. Baranger et A. Ouansafi
Examineurs : M. Amara, J. Karrakchou, N. Nassif et A. Souissi.
- 2002 Habilitation à diriger des recherches, Université de Nantes,
Contribution à l’analyse et à l’approximation des problèmes d’identification, de reconstruction et des systèmes d’équations elliptiques non linéaires, soutenue le 12 juin 2002.
Jury : Président : M. Pierre; Rapporteurs : M. Fortin, P. Markowich et M. Moussaoui.
Examineurs : J.-F. Ciavaldini, F. Murat, S. Nicaise et D. Robert.

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

Pour plus d'informations sur les activités d'enseignement, voir également le **rapport d'enseignement** en **Annexe I**.

- **Enseignements de 1er cycle**
 - Enseignement de mathématiques, de système informatique, d'algorithmique et programmation (IUT de Nantes, 1990-91).
 - Enseignement d'analyse, algèbre et statistiques dans divers DEUG scientifiques.
 - **Enseignements de 2ème cycle** Cours, TD et TP, de mathématiques et d'informatique en particulier l'analyse numérique, l'optimisation et le calcul scientifique en licence de mathématiques, de mécanique, de physique, en maîtrise et master de mathématiques pures et appliquées.
 - **Enseignements de 3ème cycle**
 - Cours de DEA (1993-94, 1994-95, 1995-96, 1996-97, 1998-99) sur la méthode des éléments finis : approximation, implémentation et utilisation de **MODULEF**.
 - Cours de DEA (2000-2001) analyse et optimisation de forme pour les EDP.
 - Cours de POSTDEA (2001-02), module Spécialisé École Doctorale STIM de Nantes, résolution des problèmes inverses dans diverses disciplines.
 - Cours de DEA (2003-04) problèmes à frontière libre.
 - **Enseignements en école d'ingénieurs**
 - Enseignement d'analyse numérique et d'informatique à l'IRESTE (Polytech'Nantes actuellement) (1988-1990).
 - Enseignement à l'École des Mines de Nantes (EMN)
 - 1994-95 : EDP, Analyse et approximation, cours, TD et projets de 4ème année.
 - 1996-2005 : Analyse numérique, cours, TD et projets de 3ème année formation initiale et de 2ème année formation continue.
- Cet enseignement se fait dans le cadre de la convention d'échanges entre l'université de Nantes et l'EMN.

ACTIVITÉS DE RECHERCHE

Voir également le **rapport de recherche** et le **projet de recherche** en **Annexe II**.

1. **Étude théorique**

- Résultat d'existence de solution, d'unicité pour des systèmes d'EDP nonlinéaires fortement couplées.
- Formulation en optimisation de forme, résultats de d'existence, d'unicité et de convergence. Application à des problèmes de semi-conducteurs, milieux poreux, processus d'extrusion, thermique,...
- Développement d'algorithmes de résolution pour des problèmes inverses et d'identification. Résultats de convergence et d'accélération de convergence.
- Étude de schémas numériques de type éléments finis, volumes finis, éléments de frontière : Résultats de consistance, stabilité, convergence et estimation d'erreur pour certains schémas.

2. **Modélisation et simulation** : Réalisation de modèles mathématiques et mise en œuvre de schémas numériques pour des problèmes rencontrés en milieu industriel (semi-conducteur, mise en forme des polymères,...

3. **Calcul scientifique** : Méthode de décomposition de domaine, méthodes multigrilles, résolution de systèmes linéaires et non linéaires.

Résultats récents :

1. Méthodes de décomposition de domaine et identification de la zone de déplétion dans les Transistors à Effet de Champs [1].
2. Modélisation et simulation numérique de l'écoulement des polymères fondus fortement cisailés et des transferts de chaleur associés dans une filière d'extrusion.
3. Approximation d'un problème d'écoulement dans les milieux poreux basée sur les éléments de frontière et la programmation non linéaire [2]
4. Sur l'application de la méthode du gradient conjugué et son implémentation dans les problèmes d'identification d'une partie de la frontière [8].
5. Approximation d'une classe de problèmes de Cauchy par un algorithme itératif et des éléments frontières [5, 6, 4].
6. Existence et unicité de la solution d'un système d'EDP non linéaires fortement couplées [16, 9].
7. Étude de la convergence d'un algorithme itératif pour la résolution du problème de Cauchy pour l'équation de Poisson [11].
8. Un algorithme pour l'identification de la frontière libre d'une jonction $P - N$ [14].
9. Une nouvelle approche pour une classe de problèmes d'écoulement dans les milieux poreux [10, 12, 17].
10. Étude de quelques problèmes d'optimisation de forme dans la modélisation des semi-conducteurs [13, 15, 18].

Relation avec l'industrie et participation à des contrats

1. Responsable du contrat de recherche avec le commissariat à l'énergie atomique : **Méthodes multigrilles en temps pour la résolution des équations de la cinétique neutronique en transport SPN et avec pas de temps adaptatif.**
2. Participation au contrat État-Région Pays de la Loire : **T2MP "Transferts Thermiques dans la mise en forme des polymères"**.
3. Participation à des actions de recherche avec divers organismes (La poste, IFREMER, LCPC)
4. Encadrement de stages en entreprises, Maîtrise, DEA et Master Pro.

Encadrement des Stages de DEA de Mathématiques et Applications

1. J. Zaarour (2004)
2. N. Delanoue (2003)
3. M. L. Ould (1997).
4. A. Ellabib, H. Karzazi (1995).
5. S. Labaye (1994).
6. A. Zarouf, K. Maatouk (1993) (co-encadrement J. Giroire).

7. C. Nazaret, C. Quesne (1992) (co-encadrement J. Giroire).

Thèses en cours :

1. S. Chauvet, thèse financée par un contrat avec le CEA.
2. A. Elmellaly, co-encadrement, J. Abouchabaka, Université Ibn Tofaïl, Maroc.
3. A. Toufik, co-encadrement R. Aboulaïch, EMI, Rabat, Maroc, thèse financée en partie par le projet SARIMA du ministère des affaires étrangères. Responsable du projet B. Philippe INRIA Rennes.

Thèses soutenues :

1. M. Essaouini, juin 2002 (co-encadrement S. Elhajji, Université Mohammed V, Maroc).
2. J. Abouchabaka, juin 2001 (doctorat d'état, co-encadrement R. Aboulaïch, École Mohammadia d'Ingénieurs, Rabat, Maroc).
3. A. Ellabib, juin 2000 (Université de Nantes).
4. A. Chakib, mai 2000 (co-encadrement T. Ghemires, Université Mohammed V, Maroc).
5. J. Abouchabaka, juillet 1995 (co-encadrement A. Souissi, Université Mohammed V, Maroc).

J'ai aussi eu de l'influence notable sur les thèses de certains étudiants, dont je n'étais pas le directeur, deux parmi ceux-ci sont des co-auteurs.

1. M. Jourhman, février 2002 (doctorat d'état, Université Cadi Ayyad Marrakech, Maroc).
2. N. Samouh, janvier 2002 (doctorat d'état, École Mohammadia d'Ingénieurs, Rabat, Maroc).
3. O. Guennoun, juillet 2000 (doctorat d'état, Université Mohammed V, Maroc).
4. S. Barka, avril 1998 (doctorat, Université de Reims).
5. F. Lefevre, février 1998 (doctorat, Université de Reims).
6. C. Nazaret, janvier 1996 (doctorat, Université de Nantes).

Jury de thèses

Participation en tant que membre ou membre et rapporteur à des jurys de thèses et de thèses d'état en France et à l'étranger.

Activités administratives et autres responsabilités

- Coordinateur du Master professionnel Ingénierie Mathématique : mise en place des emplois du temps, des examens et des conférences des professionnels, contacts des intervenants, préparation des différents services d'enseignement, ...
- Responsable de l'enseignement d'analyse numérique en Licence de Mathématiques et Master professionnel d'Ingénierie Mathématique
- Administrateur des réseaux informatique HP-Apollo et Appletalk du Département de Mathématiques (1991-1995), installation des Logiciels (Système, T_EX, Pathworks for Macintosh, MODULEF...) suivie de la maintenance du matériel et des logiciels.

- Membre du comité éditorial de la revue international Math-Rech. Appl.
- Membre de la commission scientifique du congrès biannuel TAMTAT : Tendances dans les Applications Mathématiques en Tunisie, Algérie, Maroc.
- Membre du comité scientifique de la conférence ALA2001, Algèbre Linéaire et Arithmétique : calcul numérique, symbolique et parallèle.
- Membre du conseil du laboratoire.
- Membre du conseil du département de Mathématiques.
- Membre de la commission des spécialistes 25/26.
- Membre de la commission des spécialistes 26/70.
- Membre de la commission pédagogique du Master Mathématiques Pures et Applications.
- Membre de la commission pédagogique 2^{ème} cycle (1994-2003).
- Membre de la commission informatique.
- Correspondant du club MODULEF INRIA (1991-1997)
- Organisateur de plusieurs stages de formation au logiciel de traitement de texte Scientifique L^AT_EX sur Macintosh et sous Unix pour les chercheurs et le personnel de l'UFR Sciences Université de Nantes

REFEREE

Journal of Computation and Applied Mathematics, Math-Rech. Appl., Physical & Chemical News

Relations internationales

- Je participe au projet **SARIMA : Soutien aux Activités de Recherche Informatique et Mathématique en Afrique**, porté par le ministère des affaires étrangères. Responsable du projet B. Philippe, INRIA Rennes.
- Je participe au projet **Development of adaptive methods for the efficient resolution of Navier-Stokes equations and hyperbolic systems with source terms**. Responsable du Projet Prof. G. Warnecke, Institut für Analysis und Numerik, Université de Magdeburg, Allemagne.
- Je participe au projet **Modélisation Mathématique et Calcul Scientifique appliquées à l'écoulement et transport dans les milieux poreux**. Ce projet se fait dans le cadre du Programme d'appui aux projets de coopération interuniversitaire de soutien à la formation et à la recherche, *Agence Universitaire de la Francophonie*. Responsable du Projet M. Ghilani Université de Meknès. Partenaires : École normale Supérieure de Mécanique et de Microtechniques de Besançon, Université de Laval (Canada), Université de Pau et Université de Meknès (Maroc). <http://perso.menara.ma/~mghilani/>
- Membre de l'UFR Mathématiques et Applications, Université Cadi Ayyad, Maroc.
- Je participe à l'**action Intégrée 181/MA/99 : Réseaux Multimédia pour la Formation et la Recherche en Calcul Scientifique et Systèmes Dynamiques**. En collaboration avec S. Elhajji et T. Ghemires de l'université de Rabat. <http://www.fsr.ac.ma/LMC/pages/ActionInt/avance.htm>

Diffusion de la connaissance

- Cours Création et modification de maillages, Université de Meknès, septembre 2003.

- Mini cours sur les problèmes inverses en Hydrologie, dans le cadre des Journées sur la détection, la gestion des nappes souterraines et problèmes d'identification des paramètres. Université Cadi Ayyad Marrakech, février 2001.
- Cours Matlab/Calcul scientifique. Faculté des Sciences Kénitra, février 2001.
- Cours Structure des données/Résolution des grands systèmes linéaires. EMI, janvier 2001.
- Cours éléments finis/Modulef. EMI, avril 1995.

Compétences diverses

- Informatique :
 - Environnements : Unix/Linux (administration), MacOS, Windows.
 - Langages : Fortran, C, Paccal, MPI, Matlab, HTML.
 - Logiciels : Modulef, L^AT_EX, Word, Excel.
- Langues : Arabe, Anglais.

Liste des publications février 2005

Publications dans des revues internationales à comité de lecture, et notes CRAS

1. Abouchabaka J., Nachaoui A., Rafalia N.,
Parallel solvers for the depletion region identification in metal semiconductor field effect transistors. *Numer. Algorithms*. Accépté (2005).
2. Chakib A., Nachaoui A.
Nonlinear programming approach for a transient free boundary flow problem. *Appl. Math. Comput.* **160**, No. **2**, 317–328 (2005).
3. Abouchabaka J., Aboulaïch, R., Nachaoui A., Souissi A.
A decoupled algorithm for a drift-diffusion model. *Math. Methods Appl. Sci.* Accépté (2004).
4. Essaouini M., Nachaoui A., El Hajji S.
Reconstruction of boundary data for a class of nonlinear inverse problems. *J. Inverse Ill-Posed Probl.* **12**, No.4, 369–385 (2004).
5. Nachaoui A.,
Numerical linear algebra for reconstruction inverse problems. *J. Comput. Appl. Math.* **162**, No. **1**, 147-164 (2004).
6. Essaouini M., Nachaoui A., El Hajji S.
Numerical method for solving a class of nonlinear elliptic inverse problems. *J. Comput. Appl. Math.* **162**, No. **1**, 165-181 (2004).
7. Chakib A., Ghemires T., Nachaoui A.
Study of a Numerical Approach for a Transient Flow Problem in Porous Media. *Numer. Algorithms.* **34**, No. **2-4**, 229-244 (2003).
8. Nachaoui A.,
An improved implementation of an iterative method in boundary identification problems. *Numer. Algorithms.* **33**, No. **1-4**, 381-398 (2003).
9. Ellabib A., Nachaoui A.
Unicité des solutions stationnaires des modèles dérive-diffusion avec génération d’avalanche. *Extracta Math.* **18**, No. **1**, 13–21 (2003).
10. Chakib A., Ghemires T., Nachaoui A.
A numerical study of filtration problems in inhomogenous dam with discontinuous permeability. *Appl. Num. Math.*, **45**, No. **2-3**, 123-138 (2003).
11. Jourhmane M., Nachaoui A.
Convergence of an alternating method to solve Cauchy problem for Poisson’s equation. *Appl. Analysis.* **81**, No. **5**, 1065-1083 (2002).
12. Chakib A., Ghemires T., Nachaoui A.
An optimal shape design formulation for inhomogenous dam problems. *Math. Meth. Appl. Sci.* **25**, No. **6**, 473-489 (2002).
13. Abouchabaka J., Aboulaïch R., Nachaoui A., Souissi A.
The study of a drift-diffusion model. *IEEE Cat.* No. **01 EX481**, 54-58 (2001).

14. Ellabib A., Nachaoui A.
On the numerical solution of a free boundary identification problem. *Inverse Problems in Engineering*. **9**, 235-260 (2001).
15. Abouchabaka J., Aboulaïch R., Guennoun, O., Nachaoui A., Souissi A.
Shape optimization for a simulation of a semiconductor. *Math. Comput. Simulation*. **56**, No. **1**, 1-16 (2001).
16. Ellabib A., Nachaoui A.
Existence de solutions pour le modèle dérive-diffusion avec terme d'avalanche. *C. R. Acad. Sci., Paris, Ser. I, Math.* **332**, No.4, 305-310 (2001).
17. Chakib A., Ghemires T., Nachaoui A.
Une approche du problème d'écoulement non stationnaire dans une digue par la méthode de l'optimisation de forme. *C. R. Acad. Sci., Paris, Ser. I, Math.* **331**, No.12, 1005-1010 (2000).
18. Abouchabaka J., Aboulaïch R., Nachaoui A., Souissi A.
Etude d'un probleme d'optimisation de forme. *C. R. Acad. Sci., Paris, Ser. I, Math.* **330**, No. **1**, 25-28 (2000).
19. Abouchabaka J., Aboulaïch R. Nachaoui A., Souissi A.
Quasi-variational inequality and shape optimization for solution of a free boundary problem. *COMPEL* **18**, No. **2**, 143-164 (1999).
20. Chakib A., Ghemires T., Nachaoui A.
Une nouvelle formulation du probleme de la digue non homogene. *C. R. Acad. Sci., Paris, Ser. I, Math.* **329**, No. **10**, 933-938 (1999).
21. Jourhmane M. Nachaoui A.
An alternating method for an inverse Cauchy problem. *Numer. Algorithms* **21**, No. **1-4**, 247-260 (1999).
22. Nachaoui A.
Iterative solution of the drift-diffusion equations. *Numer. Algorithms* **21**, No. **1-4**, 323-341 (1999).
23. Nachaoui A., Nassif N. R.
Sufficient conditions for converging drift-diffusion discrete systems. Application to the finite element method. *Math. Methods Appl. Sci.* **19**, No. **1**, 33-51 (1996).
24. Nachaoui A., Nassif N. R.
On the uniqueness of the solution to the drift-diffusion model in semiconductor analysis. *COMPEL* **11**, No. **3**, 377-390 (1992).
25. Hayeck N., Nachaoui A., Nassif N. R.
Existence and regularity for Van Roosbroeck systems with general mixed boundary conditions. *COMPEL* **9**, No.4, 217-228 (1990).

Publications dans des actes congrès internationaux

Je ne signale ici que des communications à des congrès qui ont donné lieu à des documents écrits (soumis à une procédure de "referee").

26. Nachaoui A.
Numerical linear algebra for reconstruction inverse problems. *ALA2001, Algèbre Linéaire et Arithmétique : Calcul Numérique, Symbolique et Parallèle*, 215-220, mai (2001) Rabat.

27. Essaouini M., Nachaoui A., El Hajji S.
Numerical stability in non linear ill-posed problems. *ALA2001, Algèbre Linéaire et Arithmétique : calcul numérique, symbolique et parallèle*, 243-250, Rabat, mai (2001).
28. Abouchabaka J., Aboulaïch R., Guennoun O., Nachaoui A., Souissi A.
Shape Optimization for a simulation of a semiconductor problem. *EHTAP, CIMASI'2000*, 23-25 Octobre 2000, (6 pages).
29. Chakib A. Ghemires T. and Nachaoui A.,
An optimal shape design approach for the numerical solution of the nonhomogeneous dam problem. *EHTAP, CIMASI'2000*, 23-25 Octobre 2000, (6 pages).
30. Abouchabaka J., Aboulaïch R., Guennoun O., Nachaoui A., Souissi A.
Semiconductor problem simulation using shape optimization techniques. *MTNS2000 Mathematical Theory of Network and Systems*, June 19-23, 2000-Perpignan, France (9 pages).
www.univ-perp.fr/mtns2000/articles/SI24_8.pdf
31. Chakib A., Ghemires T. and Nachaoui A.,
An optimal shape design approach for the numerical solution of the nonhomogeneous dam problem (I), *IMACS 2000, The International Conference on Scientific Computing and Mathematical Modeling*, May 25-27, 2000-Milwaukee, Wisconsin, USA (4 pages).
32. Nachaoui A.
"Un résultat d'existence pour une inéquation quasi-variationnelle" Second International Conference on Applied Mathematics and Engineering Sciences, *CIMASI'98*, Vol., **2**, 168-173 October (1998).
33. Ellabib A. , Nachaoui A.
On the numerical solution of a free boundary identification problem. *Dynamic Systems Identification and Inverse Problems*, Vol. **1**, 135-143, Mosco May (1998).
34. Nachaoui A., Ellabib A.
Solution iterative d'un problème mixte pour le potentiel électro-statique dans les semi-conducteurs. *Lebanese scientific research reports*, Vol. **3**, No., **2**, 307-321, (1998).
35. Nachaoui A.
Single rank quasi Newton method to solve nonlinear semiconductor equations. *CIMASI'96*. ENSEM Ed., Vol. **1**, 65-70, (1996).
36. Jourhmane M., Nachaoui A.
A relaxation algorithm for solving a Cauchy problem. *Inverse Problems in Engineering Theory and Practice*. Engineering Foundation, Vol. **2**, 192-199, (1996).
37. Nachaoui A.
Une méthode d'éléments finis hybrides pour une inéquation quasi-variationnelle modélisant un semi-conducteur. *Premières Journées de Mathématiques Appliquées*, E.M.I. Rabat, Maroc, Vol. **1**, 352-357 July (1992).

Colloques internationaux sans actes ou avec actes a diffusion restreinte

1. A. Nachaoui, Karkari M., Jarny Y., Mousseau P. **(Invitation)**
Heat Transfer analysis for a Power-Law Polymer Flowing through a plan Extrusion Die, **Methods for the efficient resolution of Navier-Stokes and Hyperbolic Systems with source terms**, Magdeburg, 7-9 Mars 2005
2. Abouchabaka J., Nachaoui A., Rafalia N.,
Parallel solvers for the depletion region identification in metal semiconductor field effect transistors, **Quatrième séminaire sur l'algorithmique numérique appliquée aux problèmes industriels**, Calais, 15 et 16 Mai 2003
3. Nachaoui A., Stefanutti A., Saadi A.
Simulation of free boundary problems in a distributed memory environment, **PMAA'02 : Parallel Matrix Algorithms and Applications**, Neuchâtel, Switzerland 9-10 Novembre 2002.
4. Abouchabaka J., Aboulaïch R. Nachaoui A. Souissi A.
"The study of a drift-diffusion model" **ICM'2001 The Thirteenth International Conference On Microelectronics**, 29-31 Octobre 2001.
5. Chakib A., Ghemires T., Nachaoui A.
Résolution du problème de la digue en écoulement non permanent par la méthode d'optimisation de forme, **Les sixièmes Journées d'Analyse Numérique et d'Optimisation JANO6**, Casablanca 8-10 Mars 2000.
6. Chakib A., Ghemires T., Nachaoui A.
CTAC99 Computational Techniques and Applications Conference and Workshops. The Australian National University Canberra, ACT, Australia 20-24 Septembre 1999.
7. Nachaoui A.,
Simulation of the Stationary Behavior of a MESFET Using a Quasi-Variational Inequality Model, **ApplMath99 Applied Mathematics and Computation** Inter-University Center, Dubrovnik, Croatia 13-18 Septembre 1999.
8. Nachaoui A.,
ICCAM'98 International Congress on Computational and Applied Mathematics. Leuven july 27-August 1, 1998.
9. Nachaoui A. **(Invitation)**
Premier colloque sur la modélisation mathématique et numérique dans les sciences de l'ingénieur. Beyrouth, Liban Avril 1997.
10. Nachaoui A. **(Invitation)**
Journées d'Analyse Numérique et Optimisation Université Moulay Ismaïl, Meknes Maroc, Avril 1996.
11. Nachaoui A. **(Invitation)**
Troisièmes Journées d'Analyse Non linéaire Université Cadi Ayyad Marrakech, Maroc Avril 1995.
12. Abouchabaka J., Aboulaïch R., Nachaoui A., Souissi A. **(Invitation)**
MESFET, Quasi-variational inequality and shape optimization. **Fourth AMU, PAN-AFRICAN Congress of Mathematics**. Septembre 1995.

13. Nachaoui A., Nassif N. (**Invitation**)
Numerical approximation to an obstacle problem in MESFET analysis. **IFIP Conférence on Numerical Analysis and Optimization**. Décembre 1993.
14. Nachaoui A.
Résultats d'existence, d'unicité et de régularité pour le modèle dérive-diffusion dans les semi-conducteurs. 22^{ème} **Congrès d'Analyse Numérique**. Loctudy Mai 1990. Invitation

Rapports de recherche/articles soumis

1. Karkari M., Nachaoui A., Jarny Y., Mousseau P.
Experimental and numerical investigation on heat transfer for polyethylene flowing through extrusion die : Finite volume method.
2. Boulkhemair A., Chakib A., Nachaoui A.
Continuity of the trace operator with respect to the domain and application to shape optimization.
3. Chakib A., Nachaoui A.
Simulation of a free boundary problem using boundary element method and restarted re-analysis technique.
4. Chakib A., Ghemires T., Nachaoui A.
Study of numerical approach for a transient flow problem in porous media. Rapport de recherche 01/12-2 CNRS UMR6629.
5. Essaouini M., Nachaoui A., El Hajji S.
Nonlinear boundary value problem with non standard boundary conditions.

ANNEXE I : Rapport d'enseignement

Pendant mes années de thèse et parallèlement à mes activités de recherche à l'IRMAR de Rennes, j'ai assuré une charge d'enseignant d'abord en tant que "Allocataire d'enseignement et de recherche" à l'IRESTE (Institut de Recherche et d'Enseignement Supérieur aux Techniques de l'Electronique de Nantes) puis comme Attaché temporaire d'enseignement et de recherche (ATER) à l'IUT de Nantes. J'ai enseigné un programme qui concernait essentiellement des éléments de base d'analyse, d'analyse numérique, d'algorithmique et de programmation système sous UNIX et MS-DOS en langage C.

À la suite de ces trois années, j'ai été recruté au 1er octobre 1991 comme ATER à la Faculté des Sciences et des Techniques de Nantes. Mon enseignement se décomposait en trois parties : des TD d'analyse et de statistique en DEUG ; des TD et TP d'analyse numérique en Licence d'ingénierie mathématique et des TD et TP d'informatique en Licence de mathématiques.

J'ai été ensuite recruté sur un poste de Maître de Conférences à la Faculté des Sciences et des Techniques de Nantes où j'ai participé à différents cours de mathématiques et d'informatique au premier et au second cycle (DEUG, licence de mathématique, licence de mécanique, licence de physique appliquée, maîtrise d'ingénierie mathématique). J'ai mis en place le cours d'analyse numérique et algorithmique de la maîtrise d'ingénierie mathématique où les étudiants apprennent non seulement les méthodes numériques pour la résolution des grands systèmes linéaires et non linéaires, des équations différentielles ..., mais aussi les techniques de stockage et d'implémentation. J'assure depuis la rentrée 2000-01 l'enseignement de remise en forme, Maîtrise, Master Pro.

Dans le cadre des échanges entre l'Université de Nantes et l'École des Mines de Nantes, je suis responsable de l'unité d'enseignement **Analyse numérique** (j'assure cours, TD et projets). C'est un enseignement qui concerne les élèves de Formation Initiale 3ème année et de Formation Continue Diplômante 2ème année. J'ai assuré aussi un cours d'analyse et approximation des EDP en 1995 pour la 4ème année. Une pédagogie adaptée, tenant compte non seulement de l'hétérogénéité du niveau mais aussi des options suivies, est mise en place pour chaque cours.

Je suis membre de l'équipe pédagogique du DEA de mathématiques de Nantes où j'ai encadré six étudiants et co-encadré quatre autres. Dans cette formation, j'ai assuré régulièrement des cours depuis 1993. En particulier, j'ai enseigné la méthode des éléments finis, l'utilisation de MODULEF en thermique et en élasticité (1993-1998), les techniques de l'optimisation de forme (2000, 2002), la résolution des problèmes inverses (2001) (ce dernier cours a été retenu comme module spécialisé à l'école doctorale STIM de Nantes) et problèmes à frontière libre (2003).

Au cours de tous les enseignements que j'ai effectués, j'ai bien entendu participé activement à toutes les tâches connexes comme les réunions pédagogiques, l'élaboration de feuilles d'exercices, de devoirs et d'examens, l'encadrement de projets et le suivi des stages en entreprises,

J'ai organisé plusieurs stages de formation au logiciel de traitement de texte Scientifique L^AT_EX sur Macintosh et sous Unix pour les chercheurs et le personnel de l'UFR Sciences (avec le soutien de la formation continue, Université de Nantes et l'IREM de Nantes), pour les doctorants et étudiants de DEA (avec le soutien de la formation doctorale).

J'ai organisé plusieurs mini cours dans le cadre des actions intégrées auxquelles j'ai participé.

ANNEXE II : Rapport et projet de recherche

Rapport de recherche

Dans mes premiers travaux de recherche, je me suis intéressé à l'étude des systèmes non linéaires couplés issus de la modélisation des semi-conducteurs. J'ai étudié l'existence, l'unicité et l'approximation des solutions de différents modèles. L'étude de la zone de déplétion dans les transistors à effet de champs était mon premier contact avec les problèmes à frontières libres. L'application des techniques de l'optimisation de forme à différents modèles était le fruit de ce premier travail. Ceci m'a conduit naturellement à m'intéresser à différents aspects des problèmes inverses. Un résumé de tous ces axes de recherche se trouve dans le document de synthèse de mon habilitation à diriger des recherches.

Le modèle dérive-diffusion est le plus répandu pour la détermination des caractéristiques des semi-conducteurs. Il se présente sous la forme d'un système de trois équations aux dérivées partielles non linéaires fortement couplées.

Pour ce modèle j'ai appliqué les résultats de P. Grivarsd concernant la régularité dans les problèmes avec coins, pour généraliser les résultats de Mock, existence et unicité, pour tenir compte des conditions aux limites plus réalistes [25], [24]. Récemment, nous avons généralisé ce résultat au cas du modèle dérive-diffusion avec terme d'avalanche et mobilité non constante. Nous avons montré qu'une solution de ce système peut s'obtenir comme un point fixe d'un opérateur S défini sur un convexe construit à l'aide de quelques résultats d'estimation a priori sur les variables de Slotboom (u, η, ρ) . L'existence du point fixe est obtenue par le théorème de Schauder dont les hypothèses sont vérifiées en utilisant quelques résultats d'analyse convexe (voir [16]). Dans le cas où certains changements de conditions aux limites se font à angles plats, nous démontrons (voir [9]) que ce système admet une solution unique. Ce résultat généralise ceux obtenus dans [24].

Il est à noter que les variables de Slotboom (u, η, ρ) ont l'avantage de garantir la positivité des densités de charge même si on tient compte de la présence d'erreurs numériques. Leur avantage principal est que chaque équation est formellement monotone et auto-adjointe par rapport à la variable associée (les autres variables étant considérées comme données). Cependant, l'approche numérique avec les variables de Slotboom est considérée comme non pratique à cause des problèmes de dépassement de capacité (underflow-overflow) dus à la présence de l'exponentiel (e^{-u_h} et e^{u_h}). Nous avons montré que ces difficultés peuvent être contournées en utilisant une technique "d'échelonnement" [22]. Une autre difficulté concerne le choix du schéma pour résoudre l'équation de Poisson non linéaire. Nous avons analysé et comparé différentes méthodes de type quasi-Newton dans [22, 34-35]. D'autres cas d'unicité pour les semi-conducteurs faiblement dopés ainsi que des algorithmes de construction des solutions ont été développés dans [9,24].

Sous quelques hypothèses physiques le modèle dérive-diffusion conduit comme cas limite à un problème d'inéquation quasi-variationnelle (IQV). J'ai montré qu'une méthode basée sur la théorie du degré de Leray-Schauder peut être une alternative intéressante, aux techniques introduites par Joly et Mosco [37,32].

Un travail consacré à l'approximation par éléments finis des modèles dérive diffusion est développé dans [23], l'existence d'une solution discrète et des estimations d'erreurs sont établies. Nous avons montré que l'ordre de l'erreur est $\mathcal{O}\sqrt{h}$.

Notre travail sur les problèmes de frontières libres a démarré par l'étude du problème de l'identification de la zone de déplétion d'un semi-conducteur de type MESFET en utilisant les techniques des inéquations variationnelles. Nous avons approché ce problème par des techniques d'optimisation de forme permettant de déterminer la frontière libre séparant la zone de déplétion et la région de neutralité de charges, ainsi que les autres paramètres physiques notamment le potentiel et la densité de charges électriques [19]. Une étude théorique et numérique incluant l'étude de la convergence de ces modèles est faite dans [3, 15, 18].

Le problème de l'identification de la zone de déplétion se pose d'une façon générale dans la modélisation des jonctions pn . Après avoir reformulé ce problème sous forme d'une inéquation variationnelle, nous avons proposé son écriture selon les techniques du contrôle et nous utilisons la méthode des éléments finis pour approcher ce problème. L'originalité de ce travail consiste en l'utilisation des nœuds sur la frontière libre comme inconnus, ce qui donne lieu à un **système algébrique non-linéaire**. Pour résoudre ce système, nous avons proposé deux algorithmes [14].

Un des problèmes d'identification des données sur le bord auquel nous nous sommes intéressés est le problème de Cauchy pour des équations elliptiques non linéaires. Il s'agit de reconstruire des données sur une partie Γ_0 de la frontière Γ de l'ouvert Ω afin d'obtenir la trace observée sur une autre partie Γ_2 de Γ .

Nous avons proposé une méthode itérative permettant une construction de la solution via la résolution d'une suite de problèmes aux limites bien posés. Une transformation permettant la réduction du problème non linéaire en un problème linéaire, auquel on peut appliquer l'algorithme itératif introduit dans [21], et une suite d'équations non linéaires scalaires est développé dans [6]. Nous avons montré un résultat de convergence de cet algorithme dans [11]. Une formulation en équations intégrales de ces problèmes ainsi que leurs approximations par des éléments de frontière est faite dans [21, 6]. Une étude de l'implémentation de cet algorithme tenant compte des propriétés des systèmes obtenus après discrétisation est faite dans [5].

Un autre travail entrant dans le cadre de l'étude des problèmes d'identification concerne l'étude théorique et l'approximation numérique du problème d'écoulement stationnaire à travers une digue rectangulaire en milieu poreux non homogène [20,12]. L'objet est de déterminer la zone mouillée ainsi que la vitesse de filtration du liquide à l'intérieur de la digue. Nous avons utilisé une paramétrisation du domaine, un choix de régularité minimale sur la fonction paramétrisante permet de montrer l'équivalence avec un autre problème. Nous avons proposé une nouvelle formulation de ce dernier, basée sur la méthode d'optimisation de forme, permettant l'étude de l'existence de la solution avec moins d'hypothèses de régularité sur le coefficient de perméabilité que dans les travaux antérieurs, ensuite nous avons étudié l'approximation du problème par la méthode des éléments finis [10].

Le problème d'écoulement non stationnaire à travers une digue en milieu poreux homogène est étudié dans [17]. Une discrétisation temporelle de l'équation du mouvement de la frontière libre permet d'étudier un problème stationnaire à chaque instant. Ce dernier est reformulé en un problème d'optimisation de forme. Nous avons étudié l'existence d'une forme optimale et nous avons approché ce problème en utilisant des éléments finis.

Une formulation générale d'un problème inverse de bord ou un problème à frontière libre en problème d'optimisation de forme peut être exprimé comme suit :

$$\begin{cases} \text{Minimize } J(\Omega, u) \\ \text{subject to } \Omega \in \Theta_{ad} \text{ and } u \in \mathcal{U}(\Omega), \end{cases} \quad (1)$$

où $\mathcal{U}(\Omega)$ dénote l'ensemble de solutions d'une EDP donnée sur le domaine Ω (équation d'état sur Ω) et θ_{ad} est un ensemble de domaines admissibles. Afin de montrer l'existence d'une solution pour ce type de problèmes, une méthode largement répandue est de prouver que l'espace $\mathcal{F} = \{(\Omega, u) , \Omega \in \Theta_{ad}, u \in \mathcal{U}(\Omega)\}$ est compact pour une topologie appropriée sur \mathcal{F} qui est induit des topologies sur θ_{ad} et $\mathcal{U}(\Omega)$, et que la fonctionnelle coût J est semi-continue inférieurement sur \mathcal{F} .

Lorsqu'on s'intéresse à la détermination d'une partie inconnue Γ de la frontière $\partial\Omega$ d'un domaine $\Omega \subset \mathbb{R}^2$ à partir de données de Cauchy sur la présente partie inconnue, On peut considérer une fonctionnelle coût J définie par $J(\Omega, u) = \int_{\Gamma} (u - g)^2 d\sigma$ où g est donnée et u est la solution d'une EDP sur Ω . Quelques résultats sur la continuité de ce type de fonctionnels dans le cas où la frontière inconnue Γ est le graphe d'une fonction ont été déjà obtenus. Cependant, dans beaucoup de problèmes physiques cette hypothèse sur la frontière inconnue est trop restrictive (les problèmes à frontières libres modélisant les écoulements dans les milieux poreux non homogènes et les problèmes de jonction de semi-conducteurs).

Nous avons employé une paramétrisation plus générale de la frontière inconnue afin de préserver les informations générales physiques sur cette frontière.

Le résultat principal de cette étude est la continuité de l'opérateur de trace de $H^r(\Omega)$ ($1 \geq r > \frac{1}{2}$) dans $L^2(\Gamma)$ avec une constante indépendante de Γ . Ceci nous a permis d'établir la continuité de la fonctionnelle coût J sur l'espace \mathcal{F} .

Ces résultats sont rédigés dans la prépublication :

A. Boulkhemair ; A. Chakib ; A. Nachaoui

Continuity of the trace operator with respect to the domain and application to shape optimization.

Actuellement nous sommes entrain d'étudier la continuité de fonctionnelles plus générales pour couvrir d'autres situations, en particulier le cas où les données sont non linéaires .

Projets de recherche

1. **Application de la méthode de décomposition de domaine dans les problèmes d'identification.** En collaboration avec A. Stefanutti, ENST Bretagne ; J. Abouchabaka et N. Rafalia, Université Ibn Tofail (Maroc). *Projet CP6-051650, soutenu par le CNRS et l'IDRIS.*

Depuis janvier 2002 je me suis intéressé au calcul parallèle, en particulier j'ai commencé un travail sur l'application de la méthode de décomposition de domaine dans les problèmes d'identification. Voici un résumé de cet axe de recherche :

Nous nous intéressons à l'étude des problèmes d'identification de la forme d'une partie de la frontière d'un domaine borné à partir des conditions aux limites surdéterminées. De tels problèmes d'identification peuvent être énoncés dans divers secteurs scientifiques tels que des problèmes de filtration dans les milieux poreux, la détermination de défaut, des problèmes de conduction de la chaleur, la détection de corrosion, et dans l'analyse des semi-conducteurs.

Ces problèmes inverses sont posés comme un problème d'optimisation qui est résolu en utilisant les techniques d'optimisation de forme ou la méthode du gradient conjugué [8]. Ces techniques utilisent l'équation de l'état adjoint pour obtenir la direction de descente. Pendant le processus d'optimisation la solution optimale est réalisée d'une façon itérative, où la résolution de plusieurs problèmes directs intermédiaires est exigée. La méthode d'éléments de frontière (BEM) est un outil très convenable pour résoudre ces problèmes intermédiaires, puisque la frontière est l'inconnu principal du problème, et la formulation de ces problèmes sous forme d'équations intégrales de frontière réduit l'effort de modélisation à un minimum. Cependant, un inconvénient de cette méthode est que le système obtenu est dense et non symétrique, dont l'inversion nécessite beaucoup de temps. Cette difficulté est contournée par l'utilisation de la stratégie de décomposition du domaine en un certain nombre de plus petits sous-domaines afin de réduire la taille de la matrice du système et d'accélérer la convergence de la méthode d'optimisation utilisée.

Principaux résultats

L'idée décrite ci-dessus a donné lieu à un algorithme testé dans le cas où l'identification se fait en utilisant un algorithme basé sur la méthode du gradient conjugué [8] (A. Nachaoui, A. Stefanutti, C. Saadi, Simulation of free boundary problems in distributed memory environment, **2nd International Workshop on Parallel Matrix Algorithm and Applications** 9-10 November, Neuchatel Switzerland, 2002). Nous avons développé aussi un algorithme pour l'identification de la zone de déplétion dans les MESFET en utilisant la méthode de l'optimisation de forme (Abouchabaka J., Nachaoui A., Rafalia N., Parallel solvers for the depletion region identification in metal semiconductor field effect transistors **Quatrième séminaire sur l'algorithmique numérique appliquée aux problèmes industriels**, Calais, 15 et 16 mai 2003.), accepté pour publication dans *Numerical Algorithm* (2005).

Actuellement je suis entraîné de traiter un problème inverse rencontré dans le domaine de la mécanique des roches où à partir de mesures de déplacement et de forces sur une même partie de la frontière du domaine, nous identifions des conditions aux limites inaccessibles à la mesure sur la partie complémentaire de cette partie de la frontière. Les premiers résultats seront présentés dans "The International Conference MAMERN2005 : On Approximation Methods and Numerical Modeling in Environment and Natural Resources 9-11 Mai Oujda. Ces résultats seront généralisés aux problèmes inverses dans les sols saturés ou insaturés en utilisant le concept de l'effort effectif qui permet une analyse découplée de la phase solide des autres phases.

2. Simulation numérique des écoulements fluides pseudo-plastiques

Ce projet fait partie du contrat État Région de Pays de la Loire *T2MP : Transferts Thermiques dans la mise en forme des polymères* Responsable Y. Jarny, Laboratoire de Thermocinétique École Polytechnique de l'Université de Nantes

La mise en œuvre des fluides dans de nombreuses activités industrielles nécessite souvent leur transport dans différentes conduites (conduites cylindriques, filière plate...). La majorité de ces fluides ont un comportement non newtonien et obéissent souvent à la loi puissance d'Ostwald. Leurs propriétés lors de l'écoulement intéressent de nombreux secteurs industriels, tels que les procédés de mise en forme des matériaux polymères et composites. Ainsi, les conséquences de la rhéofluidification doivent être identifiées pour une meilleure prévision de la structure des écoulements. Le travail présenté s'intéresse au problème d'écoulement des fluides pseudo-plastiques à travers une filière d'extrusion plate.

L'étude se focalise sur la modélisation des transferts thermiques couplés intervenant dans la filière d'extrusion. La simulation numérique de l'écoulement et de transfert de chaleur est effectuée à l'aide d'un code numérique en volumes finis.

La première partie porte sur l'étude dynamique et thermique d'un écoulement laminaire entre deux plaques parallèles d'un fluide newtonien visqueux et un autre pseudoplastique. Pour cela nous avons commencé à tester la validité du code de calcul en comparant les résultats numériques (profil de vitesse, température moyenne et l'auto échauffement) aux solutions proposées dans la littérature ainsi qu'aux résultats obtenus par autres codes commerciaux : **Fluent, Aquilon**.

Dans la deuxième partie nous analysons l'influence des conditions aux limites et les paramètres de la filière sur le champ de la vitesse, de la température de l'écoulement, ainsi que le flux de chaleur échangé à l'interface polymère-métal filière. La prise en compte du couplage entre champs thermique et dynamique est essentielle. Elle s'effectue principalement par la résolution d'équations décrivant le comportement pseudoplastique des polymères fondus.

Quelques résultats seront présentés dans "The International Symposium on Finite Volumes for Complex Applications IV, July 4-8, 2005. Un autre article a été rédigé et soumis à *IJFV : the International Journal on Finite Volumes*.

3. **Méthodes multigrilles en temps pour la résolution des équations de la cinétique neutronique en transport SPN et avec pas de temps adaptatif.** CONTRAT de recherche avec le CEA : SAV 33 005 / VMS sous ma responsabilité. Correspondant scientifique au CEA : Anne-Marie Baudron.

Introduction

Les calculs de cœur de réacteurs nucléaires en situation accidentelle nécessitent la résolution des équations de la cinétique neutronique en approximation du transport. La résolution de ces équations demande une puissance de calcul très importante du fait du grand nombre d'inconnues du problème (énergie, espace, direction, temps), mais également nécessitent l'utilisation de pas de temps très petits (système de grande raideur). Le schéma actuel s'appuie sur une méthode à un pas en temps, l'approximation spatiale repose sur des éléments finis mixtes et sur des grilles cartésiennes. Pour limiter les temps de calcul la méthode la plus élaborée actuellement (utilisant une approximation angulaire de type diffusion) fait appel à deux niveaux d'approximation :

- (a) Un schéma condensé (méthode quasi-statique utilisant une approximation ponctuelle et monocinétique du cœur ou bien une méthode de rééquilibrage multigroupe utilisant une approximation ponctuelle du cœur mais sur plusieurs groupes d'énergie).
- (b) Un schéma fin utilisant la solution précédente pour initialiser les calculs.

Les 2 étapes précédentes peuvent être enchaînées itérativement jusqu'à convergence.

Thème de l'Etude

L'extension aux calculs de transport sur des grilles éventuellement déstructurées nécessitera des calculs en limite des capacités des super-ordinateurs. Il faudra donc produire des schémas optimisés permettant de limiter les quantités de calcul nécessaires. Parmi ces méthodes nous proposons l'étude de méthodes multigrilles sous forme additives ou multiplicatives (rebalancing), la condensation pouvant être réalisée soit sur l'énergie, soit sur la variable angulaire ou sur la variable spatiale. La condensation d'une grille donnée sur une grille plus grossière peut se réaliser en faisant l'hypothèse que la variation temporelle du flux fin est négligeable devant la variation du flux grossier. Le flux final est ensuite obtenu par combinaison des 2 flux sur la grille fine. La méthode peut être éventuellement cascadée sur plusieurs grilles. Une étude sera également menée pour adapter le schéma proposé aux méthodes de détermination automatique du pas de temps en fonction de la précision demandée (schéma de temps adaptatif).

Une étude concernant le portage de la méthode sur calculateur parallèle (cluster ou machine massivement parallèle) sera aussi à étudier.

Intérêt du travail

Le sujet de l'Etude s'insère dans le cadre d'un programme de simulation visant à développer des outils logiciels permettant de diminuer les incertitudes, d'augmenter la précision et la fiabilité des résultats et diminuer les temps de calcul. Le sujet vise à améliorer une méthode couramment utilisée pour les calculs de gestion et de suivi des réacteurs. Selon les performances obtenues, ce travail pourra être mis à disposition de l'équipe de recherche CEA spécialisée dans l'écriture de code scientifiques, en analyse numérique et en physique des réacteurs.

4. **Élaboration des méthodes adaptatives pour la résolution efficace des équations de Navier-Stokes et des systèmes hyperboliques avec des termes de source.** En collaboration avec G. Warnecke, Institut für Analysis und Numerik, Université de Magdeburg Allemagne, R. Aboulaich, A. Souissi, EMI Maroc.

Le but du projet est l'examen mathématique et numérique des systèmes complexes non linéaires dérivés des problèmes liés à la gestion des ressources naturelles, en particulier la gestion de l'eau. Nos efforts seront dirigés vers l'élaboration de méthodes numériques efficaces résumées comme suit :

- L'utilisation des méthodes auto-adaptives dans les méthodes des éléments finis ou des volumes finis, en établissant des estimations d'erreurs à posteriori pour les systèmes non-linéaires dérivés des lois de conservation.
- L'utilisation de ces estimations pour l'adaptation automatique des mailles d'une manière optimale, en plaçant "d'une meilleure manière" les degrés de liberté et en développant de nouvelles stratégies de raffinement en deux ou trois dimensions.
- Létablissement de solveurs optimaux et efficaces, en développant des méthodes préconditionnées permettant une résolution efficace à faible coût des grands systèmes obtenus après discrétisation.

Les schemas numériques devraient être appropriés pour l'usage dans les problèmes d'ingénierie, de géophysique ainsi que les problèmes de biomécaniques. Nous traiterons les types de problèmes suivants : les équations d'Euler et de Navier-Stokes avec des termes de source, les équations de l'eau peu profonde "shallow-water" avec des termes de source, qui sont souvent employés dans la modélisation météorologique ou géophysique, les lois de conservation avec la diffusion non linéaire, qui décrivent, par exemple, le mouvement d'huiles, de polymères ou de sang (hémodynamique).

En principe, fournir des résultats utilisables est le but d'un calcul numérique pour des écoulements complexes réalistes, il est donc très souhaitable de pouvoir estimer sa validité. Par conséquent nous chercherons à vérifier l'efficacité et la fiabilité de la solution calculée, à partir de cette solution elle même et éventuellement par un calcul auxiliaire simple. Les estimations d'erreurs a posteriori constituent un outil important pour réaliser cette tâche dans chaque simulation numérique et pour chacune des méthodes adaptatives. Nous tiendrons compte du fait qu'au delà de la connaissance de l'exactitude de nos calculs, nous cherchons également à réduire au minimum le coût afin d'obtenir cette précision.

Une autre composante importante pour des problèmes tridimensionnels est le développement d'une technique itérative ainsi que des préconditionnements appropriés. Le principe fondamental pour réaliser le succès dans n'importe lequel de ces aspects sont le choix de la formulation et l'approximation elles mêmes.

Tous ces aspects seront considérés dans ce projet.

5. **Problèmes inverses et optimisation de forme.** En collaboration avec Y. Gasimov et A. Niftiyev Université de Baku Azerbaïdjan et H. Zeghal Université Cady Ayyad, Maroc. Projet soutenu par l'École Centrale et l'Université de Nantes.

Nous nous intéressons dans ce projet à l'étude du problème de la détermination du terme source dans une équation parabolique à partir des données de Dirichlet-Neumann. Plus précisément, nous considérons un problème aux limites régis par une équation parabolique dans $\Omega \times (0, T)$, avec une condition initiale et une donnée aux limites de type Dirichlet, dont le terme source est l'indicatrice d'une partie D bornée de Ω . Notre objectif est d'identifier D à partir de mesures de type Neumann sur le bord de Ω en utilisant les techniques de l'optimisation de formes. En particulier, nous cherchons à traiter les questions de l'unicité et de la stabilité de la détermination du terme source.