

II - BILAN DETAILLE DU PROJET

1 - Rappel des objectifs initiaux du projet

Le thème de l'ACI était l'étude des évolutions de surfaces pour lesquelles la loi d'évolution comporte des termes non locaux. Cette question intervient dans de nombreux domaines : transition de phase, combustion, dislocation, finance mathématique, traitement d'images,... Si l'existence et l'unicité en temps court de solutions classiques pour ces évolutions étaient essentiellement bien comprises par des techniques de géométrie différentielle, la question de l'existence en temps long de solutions généralisées et les propriétés qualitatives de ces solutions avaient fait jusque-là l'objet de peu de résultats.

Les objectifs, en terme de production scientifique, que nous nous étions fixés étaient les suivants :

1. Solutions généralisées pour des mouvements préservant ou non l'inclusion. Existence et unicité.
2. Propriétés qualitatives des solutions.
3. Aspects numériques.
4. Autres types de mouvements (mouvements dépendant du passé, mouvements par courbure cristalline).

Notre objectif était également de former des jeunes aux techniques que nous développons et, plus généralement, de diffuser nos résultats.

2 - Rapport final

Le projet a respecté ses objectifs, sauf en ce qui concerne l'étude des mouvements plus complexes comme les mouvements par courbure cristalline et les mouvements dépendant du passé. Les aspects aléatoires ont également été laissés de côté. Ces sujets vont faire l'objet de futures recherches du groupe. En effet, un projet d'ANR blanc sur le thème "Mouvement d'interfaces, calcul et applications", porté par Antonin Chambolle (CMAP, Ecole Polytechnique), vient d'être accepté. La plupart des participants à l'ACI sont membres de ce projet.

Les recherches qui ont été menées par les membres du projet l'ont été le plus souvent en collaboration avec des scientifiques extérieurs au projet. Citons en particulier les collaborations avec le Groupe de Travail "Solutions de viscosité" animé principalement par Guy Barles (Laboratoire de Mathématiques et Physique Théorique, Université de Tours) et Olivier Alvarez (Laboratoire de Mathématiques Raphaël Salem, Université de Rouen), avec l'ACI Jeunes Chercheurs 1025 "Dynamique des dislocations" portée

par Régis Monneau (CERMICS, ENPC) et enfin avec A. S. Demidov de l'Université d'Etat de Moscou. Ces collaborations vont continuer dans le cadre de la future ANR.

La composition du projet a évolué, en particulier avec le départ de Samuel Biton et l'arrivée de Cyril Imbert (Institut de Mathématiques et de Modélisation de Montpellier, Polytech'Montpellier). Par ailleurs, certaines thèses sont menées actuellement dans le cadre du projet : Nathaël Alibaud (co-dir. C. Imbert), Sébastien Collin (dir. E. Rouy Mironescu), Aurélien Monteillet (dir. P. Cardaliaguet), et Ali Srouf (co-dir. O. Ley).

2.1 Résultats obtenus.

1. **Solutions généralisées pour les mouvements non locaux.** Nous avons dans un premier temps étudié les évolutions respectant l'inclusion. Pour ce type d'évolutions, nous avons recherché des conditions générales garantissant l'existence et l'unicité de solutions généralisées (de viscosité). Ce travail a débuté avec [CR], où nous avons considéré le cas des surfaces évoluant avec une vitesse normale positive. Les modèles de type Hele-Shaw pour des fluides non-newtoniens entrent dans cette catégorie. Le cas de vitesse changeant de signe est traité dans [CL1], avec comme application l'existence et l'unicité de certains flots de gradient en optimisation de forme. Dans ces deux papiers, le principal résultat est la conservation de l'inclusion pour les solutions généralisées, résultat difficile et technique qui joue le rôle du principe de comparaison pour les équations de type parabolique. Ce résultat est la clé pour l'existence, l'unicité et la stabilité des solutions généralisées.

L'étude des propagations d'interfaces qui ne respectent pas l'inclusion est un sujet extrêmement complexe et encore largement ouvert. Un des premiers résultats positifs d'existence et d'unicité de solutions généralisées en temps long est [ACM] sur la dynamique des dislocations. Dans ce modèle, l'interface évolue avec une loi obtenue comme convolution d'un noyau changeant de signe avec la fonction indicatrice de l'ouvert limité par l'interface : l'évolution ne peut donc préserver l'inclusion. [ACM] étudie le cas particulier où la dislocation est de plus soumise à un champ de forces qui l'oblige à grossir (la vitesse est positive). Le théorème d'existence repose alors sur des techniques combinant la théorie du contrôle optimal et des estimations sur le périmètre de l'interface. Ces estimations sont affinées dans [CC], où il est prouvé que le périmètre de l'ensemble atteignable d'un système contrôlé reste fini et de variations bornées en temps.

Le travail exposé dans [BL] présente des résultats similaires à ceux de [ACM], pour des vitesses de signe constant, tout en proposant des techniques radicalement différentes basées sur des estimations L^1 pour les solutions de viscosité des équations d'Hamilton-Jacobi géométriques du premier ordre. Pour des vitesses de signe quelconque, [BCLM] propose une notion de solutions de viscosité très

faible pour laquelle l'existence en temps long est prouvée. Ces solutions coïncident, dans les bons cas, avec celles proposées par exemple dans [BL], mais le problème reste largement ouvert du fait qu'il peut y avoir épaissement du front. Un pas a été fait, dans le cas local du mouvement par courbure moyenne, dans le contrôle de l'épaisseur du front dans [BCL], qui généralise les travaux de Soner (1993) et Barles, Soner et Souganidis (1993).

Le cas de dislocations confinées dans un domaine donné est abordé dans [CM] ; il apparaît dans ce papier que la question est sensiblement plus compliquée que dans l'espace tout entier, la géométrie sous-jacente et l'estimation de périmètre restant peu comprises et faisant encore l'objet de recherche. Dans [CM] nous parvenons seulement à traiter le cas—physique—des interfaces planes.

Mentionnons également le travail [S] dont l'objet est la reconstruction tomographique. Celle-ci s'obtient dynamiquement en faisant évoluer les lignes de niveau d'une équation non locale. Cette évolution préserve l'inclusion mais toutes les directions du gradient ne sont pas prises en compte et on n'a pas de borne a priori sur la vitesse.

Enfin, [A] s'intéresse aux équations d'Hamilton-Jacobi non locales non monotones, de type parabolique dégénéré. Les résultats d'existence et d'unicité reposent sur des estimations a priori obtenues grâce à une version affinée des estimations classiques de dépendance continue.

- 2. Propriétés qualitatives des solutions.** Les propriétés qualitatives des évolutions d'interface font l'objet de travaux en cours : il s'agit par exemple d'étudier l'évolution en temps long des fronts, le comportement de l'énergie lorsque ces évolutions découlent d'un potentiel, la possibilité d'utiliser des formules de dérivation de type Hadamard pour les solutions généralisées. Ces questions sont déjà abordées dans [CL1], pour le comportement en temps long dans certains cas particulier, et dans [ACM] pour la formule d'Hadamard. Le problème de la décroissance de l'énergie pour le modèle lié à l'optimisation de formes de [CL1] fait l'objet de l'article [CL2], combinant des techniques typiques de solutions de viscosité à des techniques de type "mouvements minimisants" à la De Giorgi. Enfin, la généralisation de la formule d'Hadamard aux fronts évoluant avec une loi de type eikonal est considérée dans [M].

Par ailleurs, nous nous sommes intéressés aux problèmes d'homogénéisation pour les mouvements de fronts non locaux.

Le problème de l'homogénéisation pour les dislocations provient d'une interrogation physique : comment plusieurs dislocations se déplaçant dans un même plan de glissement interagissent-elles ? Si le nombre de dislocations tend vers l'infini et que l'on fait une remise à l'échelle, on peut espérer

constater une vitesse de groupe. Il s'agit ici de résoudre un problème d'homogénéisation pour une équation d'Hamilton-Jacobi non-locale. Une première modélisation de type "champ de phase" de ce paquet de dislocations est étudiée dans [IMR]. Une des difficultés techniques est que l'Hamiltonien dépend périodiquement de u , la valeur de la solution en un point; plus précisément, il dépend périodiquement de u/ε où ε est le paramètre de changement d'échelle. Pour surmonter cette difficulté particulière, [IM] pose un cadre général qui permet de résoudre ce problème d'homogénéisation non standard pour des équations locales.

Dans le cas des fronts de type Hele-Shaw, nous nous sommes intéressés à des sources oscillant périodiquement en temps. Même pour des problèmes locaux, ce phénomène n'a été que très peu étudié. Des résultats partiels dans cette direction sont obtenus dans [C1] et [C2]. Pour une équation dont la diffusion ne dégénère pas dans la direction normale au bord, le terme de bord effectif obtenu à la limite est la moyenne du terme de bord sur une période. Lorsqu'il n'y a pas de diffusion mais que les termes de vitesse ne dégénèrent pas dans le sens normal, le terme de bord effectif est le minimum du terme de bord sur une période.

3. **Aspects numériques.** Dans le cas de Hele-Shaw avec source ponctuelle, l'écoulement du liquide se fait par un point intérieur à ce domaine. Ceci est modélisé par la présence d'une distribution de Dirac générant une singularité de type logarithmique au voisinage du point-source. Dans [DL1,DL2,DL3], le problème à frontière libre initial est étudié en introduisant un paramétrage convenable du domaine liquide, le transformant en un problème posé dans un domaine fixe du plan complexe (méthode de Helmholtz-Kirchhoff). Il s'écrit alors sous la forme d'une équation intégral-différentielle où l'inconnue principale est l'angle polaire du vecteur normal sortant en tout point de la frontière du domaine liquide. Les travaux [DL1,DL2] donnent un résultat d'existence et d'unicité global en temps sous des hypothèses faibles de régularité, ainsi que d'un résultat qualitatif sur le comportement en temps long de la frontière du domaine liquide, ceci dans le cas d'une source (dans le cas d'un puits, on obtient un résultat d'existence et d'unicité local en inversant l'échelle de temps).

Pour l'étude numérique, l'ensemble des contours du domaine fluide est restreint à une famille de polygones dont le nombre de côtés est fixé a priori. Ceci permet d'écrire explicitement l'équation intégral-différentielle sous la forme d'une équation différentielle non linéaire d'ordre 1 en temps. [DL3] contient la construction d'un modèle numérique (modèle "quasi-contours", proche par certains aspects du modèle de Wulff pour des écoulements cristallins) et des "expérimentations" numériques.

Dans le cas des dislocations, la formulation de la solution comme une courbe de niveau d'une solution de viscosité d'une EDP du premier ordre permet, malgré le caractère non local du mouvement, de s'appuyer sur les résultats numériques connus pour les équations locales, en particulier sur les travaux de Crandall et Lions (1984). Les recherches menées par le projet sur l'approximation

numérique des dislocations a fait l'objet de deux articles écrits en étroite collaboration avec l'ACI 1025 "Dynamique des dislocations" (et dont les algorithmes ont été mis en œuvre par cette ACI). Dans [ACMR1], qui est un papier à caractère théorique, les estimations de Crandall et Lions obtenues pour des schémas aux différences finies approchant les équations du premier ordre sont généralisées à un cas non local, à savoir celui de l'équation eikonale avec vitesse dépendant de la solution à travers une convolution. La difficulté majeure réside dans le fait que le schéma perd sa monotonie en raison du caractère non local de la vitesse. Cette difficulté est contournée par la réinterprétation du schéma en un problème de point fixe. Dans [ACMR2], le résultat est appliqué à la dynamique des dislocations et des expérimentations numériques sont menées. Il propose le cadre continu qui assure localement en temps la non dégénérescence du front ainsi qu'une discrétisation de l'équation qui conduit à un schéma satisfaisant les hypothèses de [ACMR1]

2.2 Valorisation

2.2.1 Organisation d'événements scientifiques.

- **Propagation de fronts et équations aux dérivées partielles, Rouen 17-18 juin 2004.**

Les rencontres mathématiques de Rouen de 2004 ont été pour nous l'occasion d'organiser, grâce à Olivier Alvarez, notre première manifestation. Il s'est agit d'une conférence sur deux jours qui faisait suite à trois jours sur le contrôle stochastique et ses applications. Les orateurs étaient :

- Jean-David Benamou (INRIA, Paris);
- Fabrice Béthuel (Paris 6);
- Elisabetta Carlini (ENPC, Paris);
- Francesca Da Lio (Turin, Italie);
- François Hamel (Marseille);
- Danielle Hilhorst (Paris 11);
- Philippe Hoch (CEA, Paris);
- Olivier Ley (Tours);
- Elisabeth Logak (Cergy);
- Régis Monneau (ENPC, Paris);
- Jean-Michel Roquejoffre (Toulouse);
- Elisabeth Rouy (ECL, Lyon);
- Sylvia Serfati (Courant Institute, New York).

Il a également été organisé une session spéciale pour les doctorants dans laquelle ont exposé : Nathaël Alibaud (Montpellier); Adrien Blanchet (ENPC, Paris); Annalisa Cesaroni (Padoue, Italie); Sébastien Collin (ECL, Lyon); Jérôme Coville (Paris 6); Guillaume Frejacques (Marseille).

L'ensemble des manifestations (RMR et workshop ACI) a regroupé une soixantaine de participants.

- **School and Workshop on Moving Boundaries, Lyon 12-16 decembre 2005.**

Pour sa clôture, le projet a organisé une manifestation internationale du lundi 12 décembre au vendredi 16 décembre 2005 à l'Université de Lyon, comprenant une école de deux jours avec les invités suivants :

- Yoshikazu Giga (Université de Tokyo, Japon) : *Discontinuous viscosity solutions and vertical singular diffusion*,
- Stanley J. Osher (Université de Los Angeles, California, Etats-Unis) : *Bregman iteration, inverse scale space, cartoon/texture decomposition, recovery of signal from “noise” and other new techniques in PDE based image restoration*,
- Panagiotis E. Souganidis (University of Texas at Austin, Etats-Unis) : *Homogenization in random environments*,

ainsi que trois jours de conférence, avec, comme orateurs principaux :

- Giovanni Bellettini (Université de Rome 2, Italie) : *On gradient flows on some nonconvex functionals in one dimension*,
- Paolo Cermelli (Université de Turin, Italie) : *Non crystallographic motion of a dislocation as a fine mixture of rectilinear paths*,
- Antonin Chambolle (Ecole Polytechnique) : *Convergence of algorithms for the anisotropic or crystalline curvature flow*,
- Adriana Garroni (Université de Rome 1, Italie) : *A variational model for dislocations*,
- Yoshikazu Giga (Université de Tokyo, Japon) : *Faceted crystals grown from solution – a Stefan type problem with a singular interfacial energy*,
- Matteo Novaga (Université de Pise, Italie) : *Mean curvature flow with a discontinuous driving force*,
- Stanley J. Osher (Université de Los Angeles, California, Etats-Unis) : *Level Set Methods and Applications*,
- Michelle Schatzman (Université de Lyon 1) : *Moving boundaries without maximum principle*,
- Panagiotis E. Souganidis (University of Texas at Austin, Etats-Unis) : *Homogenization for moving fronts*,
- Juan Luis Vázquez (Université Autonome de Madrid, Espagne) : *Free boundaries and fast diffusion. Three applications*.

Cette manifestation a regroupé plus de cinquante participants, dont de nombreux doctorants et jeunes chercheurs que nous avons financés avec l'ACI et avec une subvention du GDR CHANT.

- **Autres manifestations co-organisées par l'ACI.**

Il faut encore mentionner la session spéciale “Shapes and free boundaries” co-organisée par Pierre Cardaliaguet pendant la 6ème Conférence AIMS “Systèmes Dynamiques, Equations Différentielles et Applications” à Poitiers, du 25 au 28 juin 2006.

Les étroites relations entre le projet et de Groupe de Travail “Solutions de viscosité” de Tours nous ont conduit à co-organiser avec ce dernier un certains nombre de rencontres à Tours (une vingtaine de personnes). Par ailleurs, d'autres rencontres avec l'ACI “dislocations” ont été organisées à Paris.

2.2.2 Publications

- [A] Nathaël Alibaud : *Existence, Existence, uniqueness and regularity for nonlinear degenerate parabolic equations with nonlocal terms*, à paraître dans *Nonlinear Differential Equation and Applications*.
- [ACM] Olivier Alvarez, Pierre Cardaliaguet et Régis Monneau : *Existence and uniqueness for dislocation dynamics with nonnegative velocity*. *Interfaces Free Bound.*7 (2005), no. 4, 415–434.
- [ACMR1] Olivier Alvarez, Elisabetta Carlini, Régis Monneau, Elisabeth Rouy : *Convergence of a first order scheme for a non local eikonal equation*, *IMACS Journal "Applied Numerical Mathematics"* 56 (2006) 1136-1146.
- [ACMR2] Olivier Alvarez, Elisabetta Carlini, Régis Monneau, Elisabeth Rouy : *A convergent scheme for a non local Hamilton-Jacobi equation modelling dislocation dynamics*, à paraître dans *Numerische Mathematik*.
- [BL] Guy Barles, Olivier Ley : *Nonlocal first-order Hamilton-Jacobi equations modelling dislocations dynamics*, *Comm. Partial Differential Equations*, 31 (2006) 8, 1191-1208.
- [CM] Pierre Cardaliaguet, Claudio Marchi : *Regularity of eikonal equation with Neumann boundary conditions in the plane: application to fronts with nonlocal terms*, à paraître dans *SIAM J. Control Optim.*
- [CL1] Pierre Cardaliaguet, Olivier Ley : *On some flows in shape optimization*, à paraître dans *Arch. Rat. Mec. Anal.*
- [CC] Piermarco Cannarsa, Pierre Cardaliaguet : *Perimeter estimates for reachable sets of control systems*, à paraître dans *J. Conv. Anal.*
- [CR] Pierre Cardaliaguet, Elisabeth Rouy : *Viscosity solutions of Hele-Shaw moving boundary problem for power-law fluid*, *SIAM J. Math. Anal.* 38 (2006), no. 1, 143–165.
- [DL1] Alexander S. Demidov, Jean-Pierre Lohéac : *The Stokes-Leibenson problem for Hele-Shaw flows*. *PATTERNS AND WAVES: THEORY AND APPLICATIONS* (Eds: A. Abramian, S. Vakulenko, V. Volpert) (2003) 103–123.
- [DL2] Alexander S. Demidov, Jean-Pierre Lohéac : *The Stokes-Leibenson problem for Hele-Shaw flows*, *ECCOMAS (CD-ROM)* (2004).

2.2.3 Prépublications

[BCL] Samuel Biton, Pierre Cardaliaguet, Olivier Ley : *Non fattening condition for the generalized evolution by mean curvature and applications.*

[BCLM] Guy Barles, Pierre Cardaliaguet, Olivier Ley, Régis Monneau : *General results for dislocation type equations.*

[CL2] Pierre Cardaliaguet, Olivier Ley : *On the energy of a flow arising in shape optimization .*

[DL3] Alexander S. Demidov, Jean-Pierre Lohéac : *Some attractive submanifold in a space of contours for Stokes-Leibenson problem*, prépublication CNRS UMR 5585 MAPLY 368 (2003).

[IM] Cyril Imbert, Régis Monneau : *Homogenization of first order equations with u/ϵ -periodic Hamiltonians. Part I: local equations.*

[IMR] Cyril Imbert, Régis Monneau et Elisabeth Rouy : *Homogenization of first order equations with u/ϵ -periodic Hamiltonians. Part II: application to dislocation dynamics.*

[M] Aurélien Monteillet : *Integral formulation of the geometric eikonal equation.*

2.2.4 Articles en préparation

[C1] Sébastien Collin : *Time-homogenization for first order Hamilton-Jacobi equations with periodic boundary conditions.*

[C2] Sébastien Collin : *Time-homogenization for second order Hamilton-Jacobi equations with periodic boundary conditions.*

[S] Ali Srour : *Non local front propagation arising in tomographic reconstruction.*

2.2.5 Exposés dans des conférences.

Pierre Cardaliaguet :

On the energy of a flow arising in shape optimization, New Trends in Viscosity Solutions and Nonlinear PDE (Lisbonne, Juillet 2006).

On the energy of a flow arising in shape optimization, Calculus of variations (Oberwolfach, juillet 2006).

Regularity of the Eikonal equation and applications, Geometric Control and Nonsmooth Analysis (Rome, Juin 2006).

Regularity of the eikonal equation with Neumann boundary conditions: application to fronts with nonlocal terms, Geometric Aspects of PDE and Applications (Metz, Avril 2006).

On a flow arising in shape optimization, Optimisation de Formes et applications (Nancy, Octobre 2005).

On dislocation dynamics, Second Summer School Analysis and Applied Mathematic (Rome, Septembre 2005).

Geometric flows with nonlocal terms, Viscosity, metric and control theoretic methods in nonlinear PDE's (Gaeta, Septembre 2004).

Cyril Imbert :

Homogenization of first order equations with u/ε -periodic Hamiltonians, New trends in viscosity solutions (Lisbonne, juillet 2006).

Olivier Ley :

Nonlocal nonmonotone first-order Hamilton-Jacobi equations, New trends in viscosity solutions (Lisbonne, juillet 2006).

Geometric viscosity solutions and minimizing movements for Bernoulli's problem, Special session "Shapes and free boundaries", 6ème conférence internationale AIMS "Systèmes dynamiques, équations différentielles et applications", (Poitiers, juin 2006).

Viscosity solutions and minimizing movements in shape optimization, Special session "Qualitative methods for Hamilton-Jacobi equations and applications", Mathematics and its applications, (Torino, juillet 2006).

Nonlocal geometric flows arising in shape optimization, VII French-Latin American Congress on Applied Mathematics, (Santiago, Chile, janvier 2005).

Geometric flows and Bernoulli problem, 29th Sapporo Symposium on Partial Differential Equations, (Hokkaido University, Japon, août 2004).

On some flows in shape optimization, ACI workshop : front propagation and PDEs, (Université de Rouen, juin 2004).

Jean-Pierre Lohéac :

E.D.P. et Applications (Moscou, avril 2003).

Free boundary problems in fluid mechanics (Nottingham, septembre 2003).

ECCOMAS 2004 (Jyväskylä, juillet 2004).

SciCADE 2005, (Nagoya, mai 2005).

Elisabeth Rouy Mironescu :

Journées EDP Rhône-Alpes 2004 (Grenoble, novembre 2004).

Journées EDP de Montpellier (Montpellier, novembre 2004).

3 - Rapport financier

Comme prévu dans le projet initial, tous les moyens obtenus ont été dépensés en fonctionnement et plus particulièrement pour l'organisation de rencontres régulières entre les membres du projet, pour la participation au Groupe de Travail "Solutions de viscosité" organisé à Tours par Guy Barles, Olivier Ley (membre de notre ACI) et Olivier Alvarez (membre de l'ACI Jeunes Chercheurs num. 1025 "Dynamique des dislocations", coordonnée par Régis Monneau), pour les collaborations avec cette dernière ACI, pour la participation des membres de notre ACI à des événements importants concernant la thématique de notre ACI, et enfin pour l'organisation des deux conférences dont il est fait mention dans la partie précédente. Les sommes alouées ont servi aussi bien pour les déplacements et le logement des membres du projet, de leurs étudiants et de leurs invités.

Voici la liste des rencontres formelles et colloques auxquels les membres de l'ACI ont activement participé soit comme organisateurs, soit comme orateurs invités. Les rencontres plus informelles n'ayant

pas fait l'objet d'annonce ne sont pas listées ici. La liste des conférences auxquels les membres du projet et leurs étudiants ont participé comme orateurs se trouve dans la partie précédente.

Lundi 24 juillet - Vendredi 28 juillet 2006 : Participation des membres de l'ACI à la conférence New trends in Viscosity Solutions à Lisbonne.

Dimanche 25 juin - Mercredi 28 juin 2006 : Session spéciale Shapes and free boundaries co-organisée par Pierre Cardaliaguet pendant la 6ème Conférence AIMS "Systèmes Dynamiques, Equations Différentielles et Applications" à Poitiers.

Mardi 7 mars - Mercredi 8 mars 2006 : Rencontre des ACI "mouvements d'interfaces non-locaux" et "Dynamique des dislocations" à l'École des Ponts et Chaussées (Paris).

Lundi 12 décembre - Vendredi 16 décembre 2005 : School-Workshop "Moving boundaries 2005" à l'Université de Lyon 1 organisé par les ACI "mouvements d'interfaces non-locaux" et "Dynamique des dislocations".

Jeudi 13 octobre - Vendredi 14 octobre 2005 : Rencontre de l'ACI à la faculté des sciences de Tours.

Jeudi 10 mars - Vendredi 11 mars 2005 : Rencontre de l'ACI à la faculté des sciences de Tours.

Jeudi 17 juin - Vendredi 18 juin 2004 : Colloque commun des ACI "mouvements d'interfaces non-locaux" et "Dynamique des dislocations" à l'Université de Rouen.

Lundi 29 mars - Mercredi 31 mars 2004 : Rencontre de l'ACI à la faculté des sciences de Tours.

Lundi 12 janvier - Mardi 13 janvier 2004 : Rencontre de l'ACI à la faculté des sciences de Tours.

Lundi 8 décembre - Mardi 9 décembre 2003 Rencontre de l'ACI à la faculté des sciences de Tours.

Lundi 27 octobre - Mardi 28 octobre 2003 : Rencontre de l'ACI à la faculté des sciences de Tours.

Lundi 30 juin - Mercredi 2 juillet 2003 : Rencontre de l'ACI à la faculté des sciences de Tours.

Lundi 6 janvier - Mercredi 8 janvier 2003 : Rencontre de l'ACI à la faculté des sciences de Brest.