

Rapport
d'activité
1988

INFORMATIQUE

ECOLE POLYTECHNIQUE

En 1794, à l'instigation de Gaspard MONGE et de Lazare CARNOT, la Convention crée, en pleine période révolutionnaire, l'Ecole Polytechnique destinée « à former des ingénieurs en tous genres, à rétablir l'enseignement des sciences exactes et à donner une haute formation scientifique à des jeunes gens, soit pour être employés par le Gouvernement aux travaux de la République, soit pour reporter dans leur foyer l'instruction qu'ils auront reçue et y prodiguer les connaissances utiles ».

Dans un environnement aujourd'hui bien différent notre mission demeure ; le monde a changé et de si considérable façon que notre tâche est plus vaste et plus complexe.

L'Ecole Polytechnique c'est environ sept cent cinquante élèves présents à Palaiseau, plus de deux cents enseignants, près de neuf cents chercheurs, ingénieurs ou techniciens dans les laboratoires, environ cinq cents militaires et civils se consacrant à la formation des élèves et à la marche générale de l'établissement.

De cette longue tradition nous avons hérité deux principes qui guident notre action :

- l'excellence à rechercher sans cesse,
- la pluridisciplinarité pour rester ouvert aux formes multiples du savoir.

Maurice BERNARD
Directeur de l'Enseignement
et de la Recherche

L I X

Directeur : **Patrick COUSOT**
Professeur d'Informatique à l'Ecole Polytechnique

Téléphone : 69 41 82 00 poste 2414

SOMMAIRE

PERSONNEL DE RECHERCHE	2
EXPOSE GENERAL	3
EXPOSE ANALYTIQUE	4
I - SEMANTIQUE, PREUVE ET ANALYSE DE PROGRAMMES	4
i) Présentation et thèmes de recherches	4
ii) Travaux de recherches	5
iii) Collaborations scientifiques françaises et internationales	7
II - CALCUL FORMEL	7
i) Thèmes de recherches	7
ii) Travaux de recherches	7
iii) Activités collectives	9
III - LANGAGES APPLICATIFS	9
i) Thèmes de recherches	9
ii) Travaux de recherches	10
IV - ALGORITHMES	11
i) Présentation et thèmes de recherches	11
ii) Résultats	12
iii) Collaborations françaises	13
iv) Activités internationales	13
V - RESEAUX NEURONAUX ET VLSI	14
i) Présentation et situation du sujet de recherches	14
ii) Travaux de recherches	14
iii) Collaborations et activités collectives	15
PUBLICATIONS	16

EP - LIX - RA -- 1988.

PERSONNEL DE RECHERCHE

CHERCHEURS		
Patrick	COUSOT	Professeur Ecole Polytechnique, Docteur ès-Sciences Directeur du Laboratoire
Barbara	BEAUDOING	Boursière CIFRE
Marc	CHARDIN	Boursier MRES
Philippe	CHASSIGNET	X78, Chef de Travaux à l'Ecole Polytechnique
Nicolas	CHOLLET	X82, Boursier CIFRE
Charles	CONSEL	Boursier MRES
Vincent	DELACOUR	Boursier MRES
Alain	DEUTSCH	Boursier MRES
Marc	GIUSTI	Maître de Conférences Ecole Polytechnique, Docteur ès-sciences, Chargé de recherche CNRS
Philippe	GRANGER	X82, Boursier Ecole Polytechnique
Pascal	HENNEQUIN	X82, Boursier Ecole Polytechnique
François	MALTEY	Assistant-normalien Ecole Centrale
Nicolas	MERCOUROFF	X83, Boursier Ecole Polytechnique
Guillermo	MORENO	Boursier gouvernement espagnol
Bernard	MOURRAIN	Assistant-normalien CNAM
François	OLLIVIER	X83, Boursier Ecole Polytechnique
Christian	QUEINNEC	X72, Ingénieur de l'Armement, Docteur d'université, Chef de Travaux Ecole Polytechnique
José	PIQUER	Boursier MRES
Bruno	SALVY	X84, Boursier Ecole Polytechnique
Nitsan	SENIAK	Boursier MRES
Jean-Marc	STEYAERT	X68, Docteur ès-sciences, Maître de Conférences à l'Ecole Polytechnique
Jan	STRANSKY	X82, Docteur d'université
Jean-Pierre	TALPIN	Thèse en préparation
Michel	WEINFELD	Docteur ès-sciences, Directeur de recherches CNRS, Chef de Travaux Ecole Polytechnique
Hua	WU	Boursière MRES
STAGIAIRES		
François	BOURDONCLE	X84, Elève-ingénieur de l'Ecole des Mines
Jean-Pierre	DERSCHKA	Etudiant DEA, Université Paris VI
Jean-Dominique	GASCUEL	Scientifique du contingent
Yustina	KUSUMAPUTRI	Stagiaire ENS-Télécommunications
Jean-Luc	MARCE	X85, stagiaire d'option
Luc	VANTALON	Etudiant DEA, Université Paris XI
ADMINISTRATIF		
Evelyne	RAYSSAC	Secrétaire

EXPOSE GENERAL

Depuis cinq ans l'Ecole Polytechnique a considérablement développé l'enseignement de l'Informatique et continue de le faire, par exemple en créant en Janvier 1989 un enseignement de majeure "algèbre et informatique" destiné à une quarantaine d'élèves de troisième année. Ce développement se prolonge en amont par l'introduction d'un enseignement d'informatique dans les classes préparatoires aux grandes écoles scientifiques (qui donnera lieu dès 1989 à une épreuve obligatoire à l'oral du concours d'entrée à l'Ecole Polytechnique) et en aval par de récentes habilitations d'Ecoles d'Application (ENSIMAG, ENSEEIHT) et par une participation active des enseignants d'informatique de l'Ecole Polytechnique au magistère de mathématiques fondamentales et appliquées et d'informatique (M.M.F.A.I.) de l'Ecole Normale Supérieure de la rue d'Ulm. Ceci a demandé des efforts importants que ce soit pour la création de postes d'enseignants d'exercice complet ou partiel ou pour l'équipement en matériel informatique destiné à l'enseignement des élèves.

Dans les années à venir, un effort comparable doit être fait pour la recherche en informatique fondamentale, les applications de l'informatique continuant par ailleurs à être largement développées dans les laboratoires de l'Ecole. C'est pourquoi, lors de sa réunion du 28 Juin 1988, le Conseil d'Administration de l'Ecole Polytechnique a approuvé la création d'un laboratoire d'Informatique (*LIX*) et la nomination comme Directeur de M. Patrick Cousot, Professeur d'Informatique à l'Ecole. Ce nouveau laboratoire, d'une trentaine de personnes, regroupe des chercheurs qui travaillaient en informatique dans différents laboratoires de l'Ecole auxquels s'est jointe l'équipe de l'I.P.A. Christian Queinnec mis à disposition de l'Ecole Polytechnique par la Direction Générale pour l'Armement.

Le laboratoire est organisé en cinq équipes dont les thèmes de recherche et responsables sont les suivants :

- Sémantique, preuve et analyse sémantique de programmes, Patrick Cousot ;
- Calcul formel, Marc Giusti ;
- Langages applicatifs, Christian Queinnec ;
- Algorithmes, Jean-Marc Steyaert ;
- Réseaux neuronaux et VLSI, Michel Weinfeld.

Les travaux ont été réalisés partiellement dans le cadre des laboratoires CMAP, LPNHE et CMAT de l'Ecole Polytechnique et du LITP (Universités Paris VI et VII) pour l'année 1988.

Le laboratoire étant en phase de démarrage, tous les problèmes sont ouverts (locaux, moyens, organisation, orientation et diffusion des recherches, visibilité dans la communauté scientifique, collaborations industrielles). On peut cependant espérer que des chercheurs confirmés au niveau international encadrant de jeunes chercheurs doués dans un cadre prestigieux forment rapidement un groupe capable de contribuer à l'effort scientifique et industriel national en se situant au meilleur niveau de la concurrence internationale.

EXPOSE ANALYTIQUE

I - SEMANTIQUE, PREUVE ET ANALYSE DE PROGRAMMES (P. COUSOT)

i) Présentation et thèmes de recherche

Après une vingtaine d'années de développement, le "génie logiciel" reste encore fondamentalement un artisanat. Dans la plupart des systèmes informatiques, chaque ligne de code est toujours écrite à la main, testée à vue et maintenue de manière artisanale. Nos objectifs à long terme participent au développement d'une technologie pour la construction du logiciel basée sur la sémantique des langages et systèmes utilisés pour le développement de ce logiciel. En particulier nous approfondissons l'idée que des sémantiques abstraites ou non standards constituant une approximation d'une sémantique exacte ou complète sont à la base des méthodes formelles et des outils d'analyse sémantique de programmes qui sont eux-mêmes des constituants indispensables de tout système "intelligent" de manipulation symbolique de programmes (compilateurs, vectoriseurs, metteurs au point,...).

La *sémantique des langages de programmation* (et plus généralement des systèmes informatiques) sert de fondement logique à tous nos travaux. Nous nous intéressons aux sémantiques de traces (finies ou infinies, partielles ou complètes) de langages séquentiels, non-déterministes ou parallèles et impératifs, fonctionnels ou logiques généralement engendrées par des sémantiques opérationnelles et cherchons à dériver les autres (sémantiques dénotationnelles, axiomatiques,...) par des procédés d'approximation discrète qui sont constructifs en ce sens qu'aucune information essentielle d'une classe donnée n'est perdue. Le travail a porté sur les sémantiques de traces, la caractérisation des sémantiques closes, équitables,... et l'étude des transformations de sémantiques conservant les propriétés d'invariance et de fatalité.

L'étude des *méthodes de preuve de programmes* est une étape intermédiaire dans notre démarche qui peut être comprise comme une approximation constructive de la sémantique exacte où ne sont retenues que les propriétés jugées intéressantes (comme par exemple des propriétés d'invariance ou de fatalité) pour résoudre un problème donné. Si les preuves de programmes se sont avérées peu utilisables en pratique pour de grands programmes séquentiels, leur étude reste le fondement des méthodes d'analyse sémantique (en particulier pour définir de manière mathématiquement constructive (le plus souvent à l'aide de points fixes) la plus forte propriété possible des programmes dans une classe donnée de propriétés. De plus, dans le cas d'algorithmes parallèles, même courts, les preuves formelles restent le seul moyen fiable de dénouer des situations souvent extrêmement complexes.

L'*analyse sémantique* consiste à déterminer statiquement (à la compilation) des propriétés dynamiques (à l'exécution) des programmes. Ces informations concernent, par exemple, l'initialisation correcte des variables avant toute utilisation, l'intervalle de variation des valeurs des variables de type numérique, l'absence d'interférences entre des opérations d'accès et de modification d'une structure de données. De telles informations sont indispensables pour la mise au point, l'optimisation, la vectorisation, la parallélisation,... de ces programmes.

Le problème étant en général indécidable, il faut appliquer une idée d'approximation discrète. Ceci consiste, par exemple, à choisir une classe de propriétés à analyser puis à utiliser pour l'analyse une interprétation abstraite d'une sémantique (exacte ou elle-même déjà approchée) des programmes dans laquelle les informations ne relevant pas directement de la classe de propriétés à analyser sont intentionnellement ignorées. On obtient ainsi des algorithmes de calcul d'informations sûres mais incomplètes sur les programmes. Les travaux actuels portent sur les fondements de l'analyse sémantique, l'extension des techniques d'analyse à de nouvelles structures de contrôle (pour les langages fonctionnels avec portée dynamique (comme Lisp) et parallèles (comme CSP)), l'analyse de nouvelles classes de propriétés des données (propriétés de congruence des variables entières, propriétés de structure des variables chaînées dynamiquement), la combinaison d'analyses sémantiques, l'application à la mise au point, la compilation, la vectorisation et à la parallélisation des programmes. Diverses implantations d'analyseurs sémantiques expérimentaux sont en cours de développement.

ii) Travaux de recherches

François BOURDONCLE étudie *l'analyse sémantique interprocédurale de langages impératifs* et développe le logiciel "syntox". Cet analyseur sémantique du langage Pascal détermine, pour chaque variable de type entier un intervalle de variation dans lequel cette variable se trouvera à coup sûr lors d'une exécution quelconque de ce programme. L'analyse est interprocédurale, c'est à dire que les appels de fonctions et de procédures (éventuellement récursives avec des paramètres passés par référence) sont traités dans leur contexte d'appel et non de façon générique comme on le ferait dans une compilation séparée. De plus, des phases successives d'analyse en avant puis en arrière sont effectuées, l'analyse en arrière permettant de "remonter" en début de programme, des conditions nécessaires pour que le programme termine et pour que soient vérifiées des contraintes sur les valeurs des variables spécifiées en certains points du programme par la sémantique de Pascal ou le programmeur. Les résultats obtenus sont tout à fait satisfaisants et font de "syntox" un des analyseurs sémantiques les plus performants au monde.

Les travaux actuels concernent l'analyse sémantique des procédures et fonctions passées en paramètre ainsi que l'extension de "syntox" au cas des analyses relationnelles (comme les invariants linéaires).

Nicolas CHOLLET travaille sur *l'analyse sémantique des programmes Pascal en vue d'une parallélisation automatique*. Le but est de déterminer automatiquement des informations décrivant de manière approchée les dépendances existant entre les différentes étapes d'un calcul. Elles peuvent être obtenues par une analyse des relations (linéaires ou congruentielles) liant les indices de boucles apparaissant dans des références à des éléments de tableaux. Ces informations sont complémentaires de celles habituellement utilisées pour la vectorisation et la parallélisation des programmes de calcul scientifique.

Après avoir étudié sur le plan théorique les avantages et inconvénients de différentes analyses (complexité vs. qualité des résultats), le travail de cette année a consisté en l'ébauche d'une implémentation fiable qui validera ces résultats.

Patrick COUSOT travaille sur les *fondements sémantiques des méthodes d'analyse*. Les travaux actuels de l'équipe concernent l'analyse de propriétés d'invariance. Ils sont fondés sur les travaux théoriques de Patrick et Radhia COUSOT utilisant l'idée de calcul approché d'ensembles

d'états définis par une sémantique opérationnelle. Nous cherchons maintenant à prendre en compte les propriétés de fatalité (terminaison d'un programme séquentiel impératif, rendez-vous inévitable ou garantie d'entrée en section critique dans un programme parallèle, évaluation nécessaire d'un paramètre dans un langage fonctionnel paresseux). On dispose pas encore de formalismes directement utilisables pour servir de base formelle à la construction d'analyseurs sémantiques de propriétés de fatalité. La voie que nous explorons est celle d'une sémantique d'ensembles de traces définie par induction structurelle sur la syntaxe des programmes.

Philippe GRANGER travaille dans deux domaines de l'analyse sémantique : la *combinaison d'analyses sémantiques* et l'*analyse de congruence*.

Un cadre algébrique formel a été développé pour combiner plusieurs analyses sémantiques, le but étant d'obtenir, si possible automatiquement, de nouvelles analyses à partir d'analyses élémentaires. Ceci a conduit à définir plusieurs concepts qui simplifient la programmation des analyses et de leurs diverses combinaisons. Ce cadre a permis d'introduire de nouveaux types d'analyses qui se sont avérés utiles en pratique, en particulier pour traiter les tests.

Enfin, ces combinaisons ont inspiré le développement de nouvelles analyses conçues pour déterminer des propriétés de congruence arithmétique des variables entières des programmes. Celles-ci sont du type: "X est congru à c modulo m", ou encore " $f(X_1, \dots, X_n)$ est congru à c modulo m", où f est une application linéaire, X, X1, ..., Xn des variables entières, c et m des entiers non connus à priori. Ces analyses sont intéressantes pour la vectorisation automatique.

Nicolas MERCOUROFF travaille sur l'*analyse sémantique des programmes parallèles*. Les méthodes classiques utilisées jusqu'à présent dans le cas de processus communicants (par rendez-vous ou par partage d'une mémoire commune) conduisent à l'explosion combinatoire du nombre d'équations à résoudre pour caractériser les états possibles des divers processus. En effet, ces équations associées à chaque point de contrôle de chacun des processus doivent tenir compte à la fois de l'effet des instructions du processus étudié (preuve séquentielle) dont la complexité est proportionnelle à la taille du processus, et de l'effet de toutes les instructions des autres processus exécutés en parallèle (preuve d'absence d'interférence) dont la complexité est cette fois-ci proportionnelle au produit des tailles de ces autres processus. La nécessité de réduire ce nombre d'équations et de les simplifier tout en autorisant une analyse suffisamment fine des programmes parallèles en un temps raisonnable est d'autant plus forte que la mise au point et l'optimisation de tels programmes n'est pas facile.

Après avoir mis en évidence diverses méthodes pour réduire le nombre de ces équations (par l'élimination d'interactions impossibles, voire même d'états impossibles), le travail de cette année s'est concentré sur le choix judicieux des approximations (sans perdre d'informations fondamentales), pour rendre une telle analyse aisément programmable. Il reste à produire une implémentation d'une telle analyse dans le cas de programmes du type CSP.

Jan STRANSKY travaille sur l'*analyse sémantique de structures de données dynamiques*. L'objectif ultime est d'être capable de découvrir de manière automatique les propriétés de liaison entre des cellules créées dynamiquement et référencées par des pointeurs. Le problème est traité dans sa généralité, c'est à dire que l'analyse envisagée tient compte de toute possibilité de liaison complexe et de modification physique d'une cellule. Le sujet a donné (et donne toujours) lieu à de nombreux développements théoriques, ainsi qu'à une étude par expérimentation. La thèse de Jan STRANSKY présente un certain nombre de solutions aux

problèmes posés par l'usage des graphes comme domaine d'analyse, à ceux posés par l'interprétation abstraite de langages fonctionnels à portée dynamique, et a conduit à la réalisation effective d'une maquette d'analyseur sémantique opérant sur un sous-ensemble du langage LeLisp de l'INRIA. Trois axes sont actuellement suivis : -1- la réécriture de l'analyseur existant pour le rendre plus efficace, -2- la recherche de perfectionnements théoriques peu coûteux en terme de calcul qui réduisent encore la perte d'information, -3- la modification de l'ensemble de la théorie pour permettre des analyses interprocédurales séparées, ce qui serait vital si l'analyseur devait opérer sur un logiciel de taille importante.

iii) Collaborations scientifiques françaises et internationales :

L'équipe participe au GRECO C³ "Communication, Coopération et Concurrence" du CNRS.

Patrick COUSOT assure avec Radhia COUSOT, l'enseignement du module "Sémantique, preuve et analyse sémantique" de programmes du magistère M.M.F.A.I. de l'ENS Ulm.

Patrick COUSOT est membre des groupes de travail WG 2.3 (Programming methodology) et WG 2.4 (System implementation languages) de l'I.F.I.P. et participe aux réunions semestrielles de ces groupes (dans la mesure de la disponibilité des crédits de mission). Il a été membre du comité de programme de la conférence européenne STACS'88 et a organisé la réunion de travail du groupe WG 2.4 du 21 au 25 mars 1988 à Deauville.

Plusieurs des recherches de l'équipe donnent lieu à une collaboration régulière avec des laboratoires ou centres de recherche étrangers : Imperial College of Science and Technology de Londres (S. Abramsky & C. Hankin), Université de Glasgow (J. Hughes) et DIKU de Copenhague (N. Jones). L'acceptation du projet commun SEMANTIQUE par le programme européen Esprit-BRA va permettre de renforcer cette collaboration.

II) CALCUL FORMEL (Marc GIUSTI)

i) Thèmes de recherches

L'objet est d'étudier les anneaux de polynômes sur un corps d'un point de vue constructif en utilisant l'approche des bases standard. L'équipe travaille dans l'esprit de rétablir la primauté algébrique et surtout géométrique sur la combinatoire dans l'étude effective des anneaux de polynômes.

ii) Travaux de recherches

Marc CHARDIN a repris des travaux de Y. Nesterenko sur la majoration de la fonction de Hilbert (article à paraître au Bulletin de la SMF). Il a pu les améliorer sensiblement, en les étendant notamment au cas des corps de caractéristique positive. Ces résultats fournissent par ailleurs des résultats d'interpolation algébrique en eux-mêmes intéressants.

Il n'en a pas moins poursuivi ses recherches en théorie des nombres, obtenant un résultat arithmétique sur la répartition modulo 1 de la suite des multiples d'un nombre réel (soumis pour publication aux C.R.A.S.)

Michel DEMAZURE poursuit sa réflexion sur la réécriture, en particulier géométrique, en vue d'une automatisation efficace des démonstrations en géométrie (plus précisément n'utilisant que des manipulations d'invariants du groupe de la géométrie).

Il s'est également intéressé à des problèmes mathématiques liés à la vision. Il s'agit de reconstruire une scène tridimensionnelle à partir de plusieurs vues (rapport INRIA). Dans ce domaine, il coordonne la participation de plusieurs membres de l'équipe à un projet ESPRIT.

Marc GIUSTI continue d'étudier la complexité des variétés algébriques projectives plongées. Dans un article à paraître dans le Journal of Symbolic Computation, il conclut une série d'articles consacrés à la complexité, dans le pire des cas, du calcul de la dimension d'une variété algébrique à partir d'un idéal définissant.

Dans le cas de courbes, il a obtenu une borne pour la régularité de Castelnuovo.

Il s'est également intéressé (avec D. Lazard et A. Valibouze) aux diverses équivalences algorithmiques correspondant aux rapports classiques et étroits entre élimination, polynômes symétriques et transformation d'équations (à paraître dans les actes de "International Symposium on Symbolic and Algebraic Computation", Rome 1988, chez Springer).

Jean-Pierre HENRY et Michel MERLE ont mis au point une version révisée d'un article appliquant la technique de l'évaluation paresseuse au calcul d'une résolution plongée d'une courbe plane irréductible (pour publication dans les actes de "European Conference on Computer Algebra", Leipzig 1987, chez Springer). Ils projettent d'étendre ce travail au cas des courbes réductibles. Ils continuent par ailleurs un travail théorique sur les stratifications de semi-algébriques, qui interviennent naturellement en robotique géométrique.

François MALTEY, après un séjour au Centre scientifique d'IBM-France, est revenu dans notre équipe pour travailler sur des problèmes d'optique géométrique. Ses recherches portent sur une expression condensée des transformations de coordonnées hamiltoniennes d'un rayon lumineux à travers un dioptre, en vue d'un développement pour une utilisation industrielle (avec Angénieux). Ce travail inclut une implantation en Scratchpad II.

Guillermo MORENO a poursuivi le travail de Jean-Pierre HENRY et Michel MERLE sur le calcul d'une résolution plongée d'un germe de courbe plane irréductible dont l'équation est donnée par un polynôme.

En utilisant à nouveau l'idée d'une évaluation paresseuse, il a réalisé une nouvelle implantation particulièrement efficace, écrite dans le dialecte Le_Lisp (présentée au colloque international "Algebraic Geometry and Computing", Luminy 1988).

Il étudie actuellement comment introduire des hypothèses de généralité dans le déroulement d'un algorithme de construction de base standard.

Bernard MOURRAIN a consacré son DEA aux manipulations formelles de matrices. Il s'agissait, à partir des identités qu'elles vérifient, de construire un système de réécriture simplifiant les expressions polynômiales de matrices. Ceci a été fait en démontrant que l'identité de Cayley-Hamilton engendre toutes les autres. Un autre résultat nouveau concernant cette algèbre de matrices génériques est sa propriété d'être un corps gauche.

Depuis Septembre 88, il prépare une thèse sur la réécriture en géométrie.

François OLLIVIER a concentré son travail sur un projet de solveur de systèmes d'équations

polynomiales, avec une insistance toute particulière sur des applications à l'automatique, autour de problèmes portant sur l'identifiabilité structurelle globale. Dans ce domaine, il a repris par une méthode différente et nettement plus rapide tous les exemples de structures linéaires stationnaires figurant dans des thèses classiques d'automaticiens, y compris dans un cas où ils n'aboutissaient pas (implantation en Scratchpad II).

Par une étude de complexité, il explique partiellement l'efficacité de l'algorithme employé.

Wu HUA avait consacré son mémoire de DEA aux algorithmes de Wu Wen-Tsün et de Kapur sur la démonstration automatique en géométrie. Elle travaille actuellement dans le même domaine sur un module de démonstration automatique, qui dans un premier temps contracterait les pas intermédiaires des algorithmes précités. Elle cherche ensuite à passer à un algorithme susceptible à chaque pas d'une interprétation géométrique, en concentrant plus particulièrement sur la géométrie linéaire projective. Une implantation en Scratchpad II est en cours.

iii) Activités collectives

L'équipe s'est réunie chaque semaine dans le séminaire Aleph et Géode. Depuis septembre 1988, nous sommes passés à un rythme bimensuel autour d'un sujet directeur : les invariants des groupes classiques.

Formation par la recherche :

Six thèses sont en préparation sous la direction de membres de l'équipe.

Par ailleurs, l'enseignement d'un demi-module du magistère de l'ENS Ulm a été assuré en 1988.

Collaborations :

L'équipe fait partie du GRECO de Calcul Formel et possède donc des liens étroits avec les autres équipes nationales constitutives. Elle entretient par ailleurs des relations régulières avec des membres d'universités étrangères. Mentionnons en Europe Bath, Gênes, Pise, Séville, et sur le continent américain Columbia, Cornell et Buenos Aires.

Soutiens et contrats :

L'équipe bénéficie d'un soutien du Programme de Recherches Coordonnées "Mathématiques et Informatique", de contrats avec IBM (impliquant la mise à disposition du système Scratchpad II), la DRET et participe à un projet ESPRIT.

III) LANGAGES APPLICATIFS (Christian QUEINNEC)

i) Thèmes de recherches

Les thèmes abordés par l'équipe sont centrés sur les langages applicatifs et notamment sur Lisp. Les travaux couvrent plusieurs domaines (sémantique, compilation, génération d'évaluateur) et procède de plusieurs techniques (sémantique dénotationnelle, évaluation partielle, programmation par objet, amorce métacirculaire).

ii) Travaux de recherches

Barbara BEAUDOING travaille sur les problèmes que posent l'utilisation de machines semi-massivement parallèles (≤ 1024 processeurs) dans le domaine du contrôle de processus très intelligent et temps-réel. Après avoir étudié les problèmes des glaneurs de cellules (GC) parallèles qui a fait l'objet d'un article soumis à PARLE'89, elle commence à analyser la mise en oeuvre de systèmes Lisp parallèles couplés à un système d'exploitation réparti.

Charles CONSEL achève de rédiger sa thèse entièrement consacrée à l'évaluation partielle. Cette technique semble très prometteuse pour la génération automatique de compilateurs et a notamment été appliquée à la génération d'un compilateur d'un sous-ensemble de Pascal. Charles CONSEL l'a également appliqué à la compilation d'algorithmes de filtrage en automates déterministes à états finis. Son système nommé Schism a été écrit en COMMON LISP, est auto-applicatif (peut s'appliquer à lui-même) et introduit un certain nombre d'améliorations décisives. Des filtres liés aux corps des fonctions permettent de régler finement les conditions de dépliage ou la propagation des données statiques. Ses travaux ont fait l'objet de trois soumissions d'articles.

Vincent DELACOUR s'est tout d'abord attaché à analyser les rapports entre objets et structures en Lisp et a pour cela défini un langage objet au-dessus de COMMON LISP, nommé *Picolo*. Il a ensuite étudié une couche d'objets au dessus d'un langage algorithmique classique : LTR3 (en liaison avec Syseca) pour lequel il a proposé un trait nouveau permettant d'allier l'encapsulation à l'héritage. Il participe aussi à la définition de l'idiôme d'ICSLA en ce qui concerne les valeurs multiples, la modularité et la génération d'applications autonomes.

Alain DEUTSCH après un stage de DEA consacré à la dérivation automatique d'interprètes à partir de leur sémantique dénotationnelle, se tourne maintenant vers la dérivation de compilateurs avec une attention particulière sur les structures de données, notamment l'inférence de leur durée de vie. L'outil qu'il a réalisé en COMMON LISP et nommé YASP prend une sémantique dénotationnelle standard, la vérifie du point de vue du typage des domaines, supprime les redexs statiques, réifie les procédures et transforme le tout en un interprète Scheme accompagné de la sémantique traitée en LaTeX.

Christian QUEINNEC a organisé, conjointement avec Jérôme CHAILLOUX, en février 1988 les premières journées internationales sur Lisp, sa normalisation et son évolution. Ces journées ont réuni quelques deux cents personnes soucieuses de connaître l'avenir de Lisp compte tenu des efforts de normalisation. Cette dernière fait l'objet d'un groupe ISO, présidé par Christian QUEINNEC qui a présenté de nombreux travaux, enregistrés à l'Afnor concernant la sémantique de Lisp et diverses propositions linguistiques. Parmi celles-ci, un système de types a fait l'objet d'une présentation à la Conférence bisannuelle sur Lisp et les langages fonctionnels. Christian QUEINNEC a aussi fini l'étude d'un interprète Lisp à faible nombre de primitives (seulement huit) soumis à publication. Ses travaux actuels concernent l'élaboration d'un dialecte apparenté à Scheme et commun au groupe ICSLA (Interprétation, Compilation et Sémantique de Langages Applicatifs) et de ce fait dénommé "l'idiôme d'ICSLA".

Nitsan SENIAK vient d'achever un compilateur pour un sous-ensemble de Lisp à compilation efficace dénommé Sqil. Supposant une machine d'exécution à large jeu de registres, le compilateur n'est au plus que deux fois plus lent que les compilateurs normaux mais fabrique, sur les bancs d'essais classiques dits de Gabriel, des applications autonomes de très faible taille (5 à 30 kOctets) et d'exécution deux à trois fois plus rapide. Par réduction des programmes Lisp à un petit nombre de primitives bien choisies, les programmes deviennent moins sensible au style syntaxique qui préside à leur écriture, et leur performances de même. Nitsan SENIAK travaille actuellement sur l'inférence de types au sein de modules afin d'améliorer encore la vitesse des applications et la sûreté de la programmation.

Jean-Pierre TALPIN a mis en oeuvre pendant son stage de DEA un ensemble de systèmes Lisp coopérants sur la machine Capitan de Matra. Cette machine a une architecture distribuée et un système d'exploitation inspiré de CSP. Son travail a consisté en la définition d'une application comme un ensemble de tâches génériques indépendantes distribuées statiquement ou dynamiquement sur le réseau de processeurs que constitue Capitan. Ces tâches échangent des messages (des expressions Lisp closes) et peuvent communiquer avec d'autres processeurs spécialisés.

IV) ALGORITHMES (Jean-Marc STEYAERT)

i) Présentation et thèmes de recherches

Le projet est consacré principalement à l'étude des propriétés combinatoires, statistiques et asymptotiques des objets de base de l'Informatique : structures de données et algorithmes. En particulier, on étudiera des problèmes de dénombrement, de comportement moyen de paramètres liés à des structures combinatoires, d'évaluation de performances, d'optimisation d'algorithmes. Une idée fondamentale est de mettre en évidence des méthodes mathématiques générales pour de telles évaluations, puis, le cas échéant, de rendre ce processus-même algorithmique.

Les méthodes mathématiques relèvent de l'Analyse Combinatoire classique, algébrique ou bijective et de l'Analyse Complexe ou Réelle. On s'attache dans chaque situation à mettre en évidence le lien entre la structure de l'objet ou du programme et ses propriétés combinatoires et asymptotiques et on s'efforce de rendre ce lien aussi naturel et automatique que possible.

Dans ce contexte, on étudie des structures comme : permutations, arbres planaires, dictionnaires, files de priorité, bases de données, tries, mots, langages algébriques, animaux, etc..., qui sont liées aux problèmes de tri, calcul symbolique, recherche, génération aléatoire, codage, ambiguïté, percolation, etc... La forme des algorithmes elle-même devient objet d'étude, dans la mesure où elle conditionne la méthode utilisée pour obtenir des estimations de leurs performances, et donc le passage à l'algorithmisation de tout le processus.

Vu son effectif restreint l'équipe ne couvre bien entendu pas tout ce terrain, mais constitue l'une des trois composantes du groupe de travail "Algorithmes" que Philippe FLAJOLET anime à l'INRIA. Nos travaux se réfèrent aux trois thèmes suivants :

La venue de Philippe CHASSIGNET dans l'équipe va permettre de développer un projet plus appliqué. Depuis plusieurs années celui-ci a élaboré un schéma original de fonctionnement d'une base de données d'images. L'idée principale est de définir les images sous forme de suites de constructions à partir d'un petit nombre d'images de base; on s'efforce également d'éviter la redondance lors de la production de nouvelles images et donc de réutiliser au maximum les

anciennes.

ii) Résultats

Méthodologie de l'analyse d'algorithmes et outils d'aide à l'analyse

La première classe de programmes dégagée par cette étude couvre le champ des programmes récursifs descendants dans des structures arborescentes : on pourra considérer que la dérivation formelle des expressions arithmétiques usuelles en est un parangon. Ces méthodes ont été étendues avec succès par Pascal HENNEQUIN à certains algorithmes de tri, dont le tri rapide ("quicksort") et par Jean-Marc STEYAERT, Rafaël CASAS (UPC Barcelone) et Maria-Ines FERNANDEZ (U. Complutense Madrid) à des algorithmes récursifs remontant dans la structure, que l'on peut voir comme des prototypes de simplification d'expressions algébriques.

D'autre part l'étude des structures combinatoires classiques fait apparaître des phénomènes du même type. Paul ZIMMERMAN (INRIA, boursier X) et Bruno SALVY développent actuellement un système opérationnel, qui comprendra la traduction, puis le calcul asymptotique des coûts. La contribution de Bruno SALVY concerne plus spécifiquement l'asymptotique des coefficients des fonctions génératrices données sous forme analytique. Il a développé en Maple un logiciel capable de traiter automatiquement la plupart des séries classiques de dénombrement en utilisant des principes analytiques aussi variés que la théorie des singularités ou la méthode de col.

Algorithmique du calcul symbolique et des systèmes de réécriture

L'étude des propriétés combinatoires des systèmes de réécriture d'arbres est donc une étape importante dans notre projet. Jean-Marc STEYAERT a plus spécialement étudié des problèmes comme :

- le gain en place mémoire dû au partage systématique des sous-expressions communes (mécanisme au demeurant principal pour l'unification); on montre, par exemple, par des méthodes non-élémentaires, que la représentation standard des objets Lisp conduit à un facteur moyen d'économie de mémoire plus que linéaire (en fait logarithmique) ;
- la simplification ascendante déjà citée; ce travail fournit un cadre pour l'analyse d'algorithmes de simplification de formules comprenant des opérateurs idempotents ou nilpotents, ou possédants des règles de réduction du même type; on montre que l'on sait parfaitement calculer le gain moyen en espace mémoire (qui est linéaire) et que sous de très larges hypothèses le coût moyen d'exécution est linéaire alors qu'il ne l'est pas dans les cas extrêmes.

Algorithmique du tri et de la recherche

Une des voies nouvelles, dans ce domaine déjà longuement développé par D.E. Knuth, consiste en l'étude des distributions et la recherche de lois limites, selon des modèles uniformes ou biaisés. Par des méthodes de martingales, on a prouvé l'existence de lois limites pour l'analyse de l'algorithme de tri "quicksort". Par des méthodes combinatoires et analytiques Pascal HENNEQUIN a montré comment on pouvait calculer tous les moments de la distribution pour plusieurs variantes d'implantation et de calcul de la clé de partition, mettant en évidence des formes closes surprenantes ; l'utilisation intensive des méthodes globales fondées sur

l'emploi des fonctions génératrices et de l'analyse de singularités et l'utilisation massive du calcul formel ont permis de venir à bout des nombreuses difficultés dans ce problème et de généraliser les résultats plus modestes obtenus dans un cadre plus classique par R. Sedgewick. Son travail montre qu'il reste à découvrir une propriété mathématique forte reliée à une équation fonctionnelle non classique.

Les mêmes principes permettent d'étudier aussi le cas des clés répétées (une même valeur peut apparaître plusieurs fois); les travaux sont en cours actuellement en collaboration avec J. OLIVOS (U. de Santiago de Chile). Ces résultats permettent une étude des densités critiques de répétition qui font basculer d'un comportement linéaire à logarithmique du temps de calcul.

Environnements de programmation

Philippe CHASSIGNET a tout d'abord largement travaillé sur le logiciel de communication TGiX défini dans le cadre de l'enseignement pour fournir une interface commode et efficace entre Vax et Macintosh. Outre l'amélioration de la fiabilité de la version 1.8 qui fonctionne dans un environnement Pascal, il a surtout redéfini l'ensemble du système en C permettant ainsi une utilisation quasi universelle dans la mesure où le langage utilisé accepte des inclusions de sous-programmes C. La version 2.1, qui fonctionne en particulier pour C et LeLisp, a été réalisée sous sa direction et sera diffusée début 1989.

De plus il a repris la réalisation de son projet de base de données d'images et a développé un Editeur permettant de construire ou de modifier "à la souris" des expressions descriptives d'images. Le tout fonctionne sous Unix et dans un environnement assurant une bonne portabilité.

iii) Collaborations françaises

L'équipe "Algorithmes" a des liens privilégiés avec le projet "Algo" de l'INRIA dans la mesure où trois de ses membres y sont rattachés et participent à son séminaire. A ce titre elle participe à un projet ESPRIT II BRA. Elle participe aux activités du Greco-PRC de Programmation et du PRC "Maths-Info".

Jean-Marc STEYAERT est responsable du pôle "Algorithmique" au sein du Greco-PRC de Programmation.

iv) Activités internationales

Jean-Marc STEYAERT a dirigé en 1986-88 la thèse de Maria-Ines FERNANDEZ CAMACHO assistante à l'Universidad Complutense de Madrid, qui fut soutenue en Janvier 1988 sous le titre : "Análisis medio de algoritmos de reducción sobre arboles".

Jean-Marc STEYAERT est co-responsable de deux actions de coopération internationale, financées par le Ministère des Affaires Etrangères, avec l'Espagne (Facultat d'Informatica de l'UPCatalunya) et l'Autriche (TUWien). Il a également participé à l'organisation du colloque "Mathematics of Computation", soutenu par l'ICOMIDC, en Avril 1988 à HCMVille (VietNam). Il a été invité à l'Université de Santiago du Chili et à l'Institut de Mathématiques de Buenos Aires en Décembre 1988.

Jean-Marc STEYAERT est membre des comités de programme des conférences européennes CAAP'89 et STACS'89.

V) RESEAUX NEURONAUX ET VLSI (Michel WEINFELD)

i) Présentation et situation du sujet de recherches

Depuis près de deux ans, nous avons ouvert à l'Ecole un nouveau champ de recherches : les réseaux de neurones, sujet qui suscite un grand intérêt national et international.

L'étude de circuits composés d'éléments de bas niveau fortement connectés entre eux, et qui s'inspire de ce qu'on connaît sur l'organisation du cerveau des êtres vivants, permet d'espérer des solutions nouvelles dans les domaines du traitement du signal, de la reconnaissance de formes, et peut-être de l'intelligence artificielle. La très grande différence avec les approches algorithmiques actuelles est que ces structures fonctionnent à partir d'un apprentissage, et non d'une programmation. La plupart des recherches entreprises utilisent des simulations numériques, nécessitant des moyens de plus en plus lourds. A terme, les moyens de calcul, même les plus puissants, seront insuffisants pour pouvoir obtenir des résultats significatifs dans des temps raisonnables. C'est pourquoi, comme dans d'autres domaines, la construction de machines ou de circuits spécialisées devrait permettre de s'affranchir de ces limitations. En outre, ces dispositifs pourront sans doute ouvrir la voie à des applications significatives.

Quelle que soit leur structure, les réseaux neuromimétiques possèdent une propriété fondamentale, qui est *leur robustesse vis-à-vis de dégradations de leurs connexions*. Il semble donc intéressant de mettre à profit ces propriétés pour réaliser des circuits intégrés de grande taille, et même d'envisager des études d'intégration à l'échelle de la tranche.

Parmi les diverses structures, les réseaux totalement connectés (de type Hopfield), par la régularité de leur architecture et la relative simplicité de leur fonctionnement, ont été les premiers candidats à l'intégration, et plus spécialement sous leur forme analogique. On trouve maintenant des projets d'intégration mixte analogique-numérique, et même de circuits entièrement numériques. De la même façon, on commence à s'attaquer aux réseaux en couches, qui posent des problèmes plus difficiles en raison de leur architecture et de leurs algorithmes d'apprentissage.

ii) Travaux de recherches

Pour notre part, nous réalisons un circuit entièrement numérique, utilisant des neurones binaires, ce qui permet, au moins en principe, d'obtenir n'importe quelle fonction, avec la précision voulue, en n'ayant que des états internes bien définis, et en étant naturellement interfacé avec l'extérieur. La simplicité du mécanisme de prise de décision du neurone, donc de l'arithmétique qui y conduit, permet d'employer une circuiterie simple. De plus, si on choisit un règle d'apprentissage locale, cette circuiterie, moyennant une complication légère, peut servir à la phase d'apprentissage, rendant le circuit indépendant d'un calculateur hôte, et permettant à terme la constitution de réseaux hiérarchisés.

La règle d'apprentissage est celle de Widrow-Hoff. Etant donné que la connectivité est complète (soit N^2 connexions pour N neurones), il n'est pas possible d'implanter l'architecture telle quelle. Nous avons choisi une solution série-parallèle, dans laquelle le vecteur d'état du réseau est rangé dans un registre circulaire à décalage, dont chaque cellule est accessible par un neurone à la fois, ce qui permet à chaque pas de temps une mise à jour partielle, en parallèle, du potentiel de chaque neurone. Le neurone lui-même est constitué par une unité arithmétique et logique très simple, puisqu'elle ne comprend qu'un additionneur, un complémenteur et un décaleur, en plus de la mémoire dans laquelle sont rangés les coefficients synaptiques représentant les connexions de ce neurone avec tous les autres. Le dessin est tel que les neurones se connectent automatiquement l'un à l'autre, simplifiant ainsi les chemins de données et réduisant l'encombrement.

Ces travaux de conception de circuits intégrés sont destinés à déboucher, comme nous l'avons mentionné, vers l'étude d'architectures hiérarchisées de réseaux, qui devraient montrer des propriétés nouvelles par rapport aux réseaux élémentaires, conformément à ce que l'on commence à connaître de l'architecture des systèmes vivants. L'usage de circuits intégrés spécialisés en tant que composants de base pour de tels réseaux, s'il n'élimine pas une certaine dose inévitable de simulations, devrait néanmoins faciliter le travail. Le fait d'implanter l'apprentissage à l'intérieur même de chaque circuit favorise la structuration en architectures auto-adaptatives.

L'année 1988 a vu démarrer l'étude détaillée de l'architecture, utilisant des moyens modernes de conception assistée par ordinateur: simulation numérique, simulation fonctionnelle, explicitation du schéma au niveau du silicium (génération de masques). Courant Novembre, le premier élément du circuit a été envoyé en fabrication. Il s'agit d'un exemplaire de la mémoire locale d'un neurone. Un neurone complet doit être soumis au prochain "run" de fabrication au printemps 1989, l'objectif étant d'obtenir un premier circuit complet de 64 neurones dans le courant de l'été.

iii) Collaborations et activités collectives

Notre projet est soutenu par le MRES (action "Physique vers la Biologie"), la DRET, le Groupement "Circuits Intégrés Silicium" du CNRS, et le programme de recherches coordonnées "Architectures de Machines Nouvelles" du MRT.

Cette activité donne lieu à l'animation d'une option de deuxième année à l'X, dans le cadre du Département de Mathématiques Appliquées, à des enseignements optionnels de deuxième année et de troisième année à l'Ecole Supérieure d'Electricité, et une participation à l'enseignement du DEA d'Architectures de Machines Informatiques à l'Université de Paris XI (Orsay).

PUBLICATIONS

REVUES :

R. CASAS, M-I. FERNANDEZ CAMACHO & J-M. STEYAERT,
 "Algebraic Simplification in Computer Algebra : an Analysis of Bottom-up Algorithms",
 à paraître dans TCS (1988)

R. CASAS, J. DIAZ, J-M. STEYAERT,
 "Average case analysis of Robinson's unification algorithm with two different variables",
 à paraître dans IPL (1989).

M. CHARDIN,
 Une majoration de la fonction de Hilbert et ses conséquences pour l'interpolation algébrique,
 prépublication du Centre de Mathématiques de l'Ecole Polytechnique (1987), à paraître au Bull.
 SMF

P. CHASSIGNET,
 "An image Management Kernel for the Design of Relational and Pictorial Data Bases",
 in Computer-Generated Images, Proc. of GI'85, Springer-Verlag (1985).

C. CONSEL et O. DANVY,
 Partial Evaluation of Pattern Matching in Strings,
 A paraître en septembre 1989 dans Information Processing Letters, Vol. 30 n° 1.

P. COUSOT & R. COUSOT,
 "Sometimes = Always + Recursion = Always, on the equivalence of the intermittent and
 invariant assertions methods for proving inevitability properties of programs",
 Acta Informatica 24, 1-31 (1987).

P. HENNEQUIN,
 "Combinatorial Analysis of Quicksort Algorithm",
 A paraître dans RAIRO Theoretical Computer Science and Applications (1988).

M. GIUSTI
 Combinatorial dimension theory of algebraic varieties,
 A paraître dans le Volume spécial du "Journal of Symbolic Computation" : Computational
 Aspects of Commutative Algebra.

C. QUEINNEC,
Lisp, Langage de calcul symbolique,
Techniques de l'Ingénieur, H 2 520, Paris, 1988.

C. QUEINNEC,
Dynamic Extent Objects,
Lisp Pointers, volume 2, 1, July-August-September 1988, pp 11-21.

THESES :

J. STRANSKY, .
"Analyse sémantique de structures de données dynamiques avec application au cas particulier
des langages L!SPiens",
Thèse de doctorat en science de l'Université Paris XI (27 juin 1988).

RAPPORTS DE RECHERCHE :

M. CHARDIN,
Lien entre deux résultats sur la répartition modulo 1 de la suite des multiples d'un nombre réel,
prépublication du Centre de Mathématiques de l'Ecole Polytechnique (1988) soumis pour
publication aux C.R.A.S.

C. CONSEL,
"Realistic compiler Generation using Partial Evaluation",
Rapport interne du groupe ICSLA, novembre 1989.

M. DEMAZURE,
"Sur deux problèmes de reconstruction",
Rapport INRIA 882 (1988).

V. DELACOUR, N. SENIAK,
"Picolo : Manuel de Référence",
Rapport interne au groupe ICSLA, octobre 1988.

A. DEUTSCH
"Génération automatique d'interpréteurs et compilation à partir de spécifications
dénotationnelles",
Rapport de DEA-LAP 1988
Rapport LITP-RXF, 89-17, janvier 1989.

P. FLAJOLET, P. SIPALA & J-M. STEYAERT,
"The Analysis of Tree Compaction in Symbolic Manipulations"
en préparation.

B. MOURRAIN,

"Traces et produits de matrices, où comment les identités de $M_n(k)$ forment un idéal premier et monogène",
rapport de DEA, prépublication du Centre de Mathématiques de l'Ecole Polytechnique (1988)

F. OLLIVIER,

"Une borne sur le degré des calculs intermédiaires pour déterminer l'inverse d'une application birationnelle par l'algorithme de base standard",
prépublication du Centre de Mathématiques de l'Ecole Polytechnique (1988).

B. SALVY,

"Fonctions génératrices et Asymptotique automatique",
Mémoire de DEA, RR INRIA (1989).

J. STRANSKY,

"A lattice for abstract interpretation of dynamic (lisp-like) structures",
Soumis pour publication (1988).

J. STRANSKY,

"Techniques for abstract interpretation of functional languages",
Soumis pour publication (1988).

J.P. TALPIN,

"CapLisp : spécifications et implémentation d'un environnement de programmation COMMON LISP parallèle",
Rapport de stage de DEA-LAP, septembre 1988.

PARTICIPATION A DES COLLOQUES :

C. CONSEL,

"New Insights into partial Evaluation : the Schism Experiment",
Mars 1988, ESOP'88, Springer-Verlag, LNCS N° 300.

P. COUSOT,

"An introduction to abstract interpretation of programs",
IFIP WG 2.4 workshop, Deauville, mars 1988.

P. FLAJOLET, B. SALVY & P. ZIMMERMAN,

"Lambda-Upsilon-Omega : an Assistant Algorithms Analyzer",
dans Actes de AECC-6, Rome, 1988.

M. GIUSTI,

"Complexity of standard bases in projective dimension zero",
Accepté pour publication dans les proceedings d'EUROCAL 87 (European Conference on Computer Algebra), Leipzig (1987).

M. GIUSTI,

"Sur la régularité des courbes",

Notes d'un exposé aux Journées du GRECO de Calcul Formel (Luminy 88),

à paraître dans CALSYF VII.

M. GIUSTI, D. LAZARD, A. VALIBOUZE,

"Symetric polynomials and Elimination"

Notes Informelles de Calcul Formel IX, à paraître dans les Comptes-Rendus d'ISSAC 88

(International Symposium on Symbolic and Algebraic Computation, Rome, juillet 1988).

P. GRANGER,

"Combinations of semantic analyses",

INFORMATIKA 88 (colloque franco-soviétique), Nice, février 1988.

P. GRANGER,

"Static analysis of arithmetical congruences",

IFIP WG 2.4 workshop, Deauville, mars 1988.

J.P. HENRY, M. MERLE,

"Complexity of Computation of embedded resolution of algebraic curves",

accepté pour publication dans les Proceedings de EUROCAL 87 (European Conference on

Computer Algebra), Leipzig (1987).

F. MALTEY,

"Simplification d'Hamiltonnien par la méthode de Dragt",

Notes d'un exposé présenté aux Journées du GRECO de Calcul Formel (Luminy, juillet 1988),

à paraître dans CALSYF VII.

G. MORENO,

"Résolution paresseuse de courbes planes",

prépublication du Centre de Mathématiques de l'Ecole Polytechnique, notes d'un exposé présenté

au colloque international "Algebraic Geometry and Computation" (Luminy 1988) et aux Journées

du GRECO de Calcul Formel 1988 (Luminy),

à paraître dans CALSYF VII.

F. OLLIVIER,

"Le problème de l'identifiabilité structurelle globale en Automatique",

prépublication du Centre de Mathématiques de l'Ecole Polytechnique (1988),

à paraître dans CALSYF VII.

C. QUEINNEC, J. CHAILLOUX Editors,

"1st IWOLLES proceedings",

AFCET, February 22-24, 1988, Paris-Rance, IOS, Amsterdam, Springfield

C. QUEINNEC, P. COINTE,
 "An open-ended Data Representation Model For EU-LISP",
 1988, ACM Conference on Lisp and Functional Programming, pp-298-308, Snowbird, Utah.

C. QUEINNEC, B. BEAUDOING, J.P. QUEILLE,
 "Mark AND Sweep rather than Mark THEN Sweep",
 soumis à PARLE'89.

J. STRANSKY,
 "Abstract interpretation of LISP-like languages",
 IFIP WG 2.4 workshop, Deauville, mars 1988.

M. WEINFELD, G. DREYFUS, A. JOHANNET, L. PERSONNAZ,
 "A fully digital CMOS integrated feedback network including the learning process Neural
 Networks for Computing",
 Snowbird, Utah, 6-9/4/1988

M. WEINFELD,
 "L'intégration VLSI des réseaux de neurones",
 Journée spécialisée du Centre Régional d'Innovation et de Transfert Technologique "Conception
 de Circuits Spéciaux" (CRITT-CCS), Paris, 18 mai 1988.

M. WEINFELD, J. DREYFUS, A. JOHANNET, L. PERSONNAZ,
 "A fully digital CMOS integrated feedback network including the learning processes",
 Conference Euro88, 6-10 juin 1988, Paris.

M. WEINFELD, G. DREYFUS, A. JOHANNET, L. PERSONNAZ,
 "A fully digital CMOS integrated Hopfield network including the learning algorithm",
 International Workshop on VLSI for Artificial Intelligence, Oxford 20-22 juillet 1988.

SEMINAIRES :

P. COUSOT,
 "Une introduction à l'analyse sériantique de programmes par interprétation abstraite",
 ENS Ulm, 13.10.88.

LABORATOIRES DE RECHERCHE

DIRECTION DES LABORATOIRES

BIOLOGIE

Biochimie (BIOC)

CHIMIE

Chimie Fine (DCFI)

Phosphore & Métaux Transition (DCPH)

Calculs Scientifiques (DCCS)

Synthèse Organique (DCSO)

Mécanismes Réactionnels (DCMR)

MECANIQUE

Mécanique des Solides (LMS)

Météorologie Dynamique (LMD)

PHYSIQUE

Solides Irradiés (SESI)

Optique Appliquée (LOA)

Optique Quantique (OPTQ)

Interfaces et Couches Minces (PICM)

Matière Condensée (PMC)

Biophysique (BIOP)

Milieux Ionisés (PMI)

Physique Théorique (CPHT)

Physique Nucléaire Hautes Energies (PNHE)

Utilisation des Lasers Intenses (LULI)

MATHEMATIQUES

Mathématiques (MAT)

Mathématiques Appliquées (MAP)

SCIENCES HUMAINES

Econométrie (CECO)

Epistémologie (CREA)

Recherche en Gestion (CRG)

INFORMATIQUE

Informatique (LIX)

Depuis cinq ans, l'Ecole Polytechnique a considérablement développé l'enseignement de l'Informatique et continue de le faire, par exemple en créant en janvier 1989 un enseignement de majeure "algèbre et informatique" destiné à une quarantaine d'élèves de troisième année. Ce développement se prolonge en amont par l'introduction d'un enseignement d'informatique dans les classes préparatoires aux grandes écoles scientifiques (qui donnera lieu dès 1989 à une épreuve obligatoire à l'oral du concours d'entrée à l'Ecole Polytechnique) et en aval par de récentes habilitations d'Ecoles d'Application (ENSIMAG, ENSEEIHT) et par une participation active des enseignants d'informatique de l'Ecole Polytechnique au Magistère de Mathématiques Fondamentales et Appliquées et d'Informatique (MMFAI) de l'Ecole Normale Supérieure de la rue d'Ulm. Ceci a demandé des efforts importants que ce soit pour la création de postes d'enseignants d'exercice complet ou partiel ou pour l'équipement en matériel informatique destiné à l'enseignement des élèves.

Dans les années à venir, un effort comparable doit être fait pour la recherche en informatique fondamentale, les applications de l'informatique continuant par ailleurs à être largement développées dans les laboratoires de l'Ecole. C'est pourquoi, lors de sa réunion du 28 juin 1988, le Conseil d'Administration de l'Ecole Polytechnique a approuvé la création d'un laboratoire d'Informatique (LIX) et la nomination comme Directeur de M. Patrick Cousot, Professeur d'Informatique à l'Ecole. Ce nouveau laboratoire, d'une trentaine de personnes, regroupe des chercheurs qui travaillaient en informatique dans différents laboratoires de l'Ecole auxquels s'est jointe l'équipe de l'I.P.A. Christian Queinnec mis à disposition de l'Ecole Polytechnique par la Direction Générale pour l'Armement.

Les thèmes et résultats de recherche des différentes équipes ("Sémantique, preuve et analyse de programmes", Patrick Cousot ; "Calcul formel", Marc Giusti ; "Langages applicatifs", Christian Queinnec ; "Algorithmes", Jean-Marc Steyaert ; "Réseaux neuronaux et VLSI", Michel Weinfeld) sont présentés dans le rapport d'activité ci-joint.

Le laboratoire dispose encore d'assez peu de moyens. On peut cependant espérer que des chercheurs confirmés au niveau international encadrant de jeunes chercheurs doués dans un cadre prestigieux forment rapidement un groupe capable de contribuer à l'effort scientifique et industriel national en se situant au meilleur niveau de la concurrence internationale.

*

LIX - 91128 Palaiseau Cedex

Tél. (33)(1) 69 41 82 00 poste 2412 - Telex 601.596 F - Télécopieur 69.41.33.92