Une brève biographie scientifique de Maurice Nivat

Pierre-Louis Curien

Novembre 2001

Warning. The main body of this short biography is written in French. An extended summary in English is given next.

An even shorter biography

Maurice Nivat was born on December 21, 1937. His parents were both high-school teachers – his father in French, Latin, and Greek, his mother in Mathematics. Maurice grew up in the city of Clermont-Ferrand. His elder brother, who has recently retired from the University of Geneva, became a scholar in Slavic studies. His younger sister, Aline Bonami, is a mathematician whose speciality is harmonic analysis. Maurice is married to Paule Nivat, who has just retired from a position of professor of statistics at University Paris 13. He has three children, Dominique, Jean-Luc, and Catherine, and ten grand-children (so far). Since 1983, he has been a Corresponding Member of the Académie des Sciences. In 1997 he was made doctor honoris causa of the University of Bologna.

Maurice and his family moved to Paris in 1954, where Maurice prepared for the Ecole Normale Superieure's entrance examination, where he was admitted in 1956. In 1959, he began to work at the Institut Blaise Pascal, which was the newly set up computing centre of the CNRS (National Centre of Scientific Research). There he met Louis Nolin, and started to learn about programming languages (Lisp, Algol) and compilers. Maurice would then meet Marcel-Paul Schützenberger and begin research work under his supervision. From 1965 to 1969, Maurice held positions in the universities of Grenoble and then of Rennes. Maurice gained his "Thèse d'Etat" in 1967 [3]. In 1969, he was appointed as professor at the University of Paris, a position that he has held until now.

During the early seventies, in parallel with his scientific work, Maurice began to devote much time and energy to building research teams, both at IRIA and at the university. IRIA (Institut de Recherche en Informatique et Automatique) had been created by the French government in 1967. In 1970, Nivat and

Schützenberger gave an influential talk at IRIA where they proposed the name "Informatique Théorique" to designate all the research on automata and formal languages, on programming languages, and on algorithms. Shortly after, Maurice created a research project at IRIA, which would be joined by Philippe Flajolet, Jean-Marc Steyaert, Bruno Courcelle, Gérard Huet, Jean-Jacques Lévy, and Gérard Berry. During this period, research at IRIA was very lively, and benefited from a fruitful interaction with young researchers like Gilles Kahn, Jean Vuillemin, and Gérard Huet who had learned advanced programming practice in the USA. Maurice's project lasted for about ten years. In the eighties, new closely cooperating INRIA (the "N" – for National – was added in 1980) projects, such as Formel (Huet), VLSI (Vuillemin), and Para (Lévy), have arisen out of this research community.

At the University of Paris (and then at the Universities Paris 7 and Paris 6), with Schützenberger and Nolin, Maurice built a research team, and a few years later he was at the centre of the creation of LITP (Laboratoire d'Informatique Théorique et Programmation) in 1975, of which he would be co-director until 1985, first with Jacques Arsac, then with Bernard Robinet.. Maurice also launched the "Ecoles de Printemps d'Informatique Théorique", which have been held each year since 1973. These convivial spring schools played an important role in the creation of a national community in theoretical computer science.

During this decade, Maurice was no less active internationally. He created essential vehicles for the European computer science research community. He founded the EATCS (European Association for Theoretical Computer Science), with the help of Jaco de Bakker, Corrado Böhm, and Mike Paterson. He organized the first ICALP (International Colloquium on Automata, Languages and Programming) at IRIA in 1972 (see the text of Arto Salomaa and Grzegorz Rozenberg in this volume). Finally, he created the journal TCS which started to appear in 1976 (we refer to the editorials of Giorgio Ausiello, Don Sannella, and Mike Misolve, and of Maurice Nivat in the TCS volume 250, for some recollections of the beginnings of the journal and of its expansion over the years). The influence of Maurice on international scientific publishing extends much beyond this journal (and its more practice-oriented cousin Science of Computer Programming, and the more recent Electronic Notes in Theoretical Computer Science). For instance, together with Engeler, Huet, Jouannaud, Milner, and Wirsing, Maurice has been a member of the editorial board of the series *Progress in Theoretical Computer Science* (Pitman, and then Birkhaüser), directed by the late Ron Book, a great friend of Maurice.

During the early eighties, Maurice was intensively involved in the promotion and the organization of research in computer science at the national level. He launched the PRC programmes (Programmes de Recherche Concertés) that gave a decisive impulse to the research community in this country..

Scientific works.

I) Formal language theory. In his thesis, Maurice gave an algebraic characterization of rational transducers, on which many later works of the "French school" of formal languages are based. The notions of rational cone and of hierarchy are already present [4]. Then, Maurice initiated a study of languages defined by congruences [5], which later led to the works of Géraud Sénizergues (see his contribution to the volume). Maurice and his students Luc Boasson, Joffroy Beauquier, and Jean-Michel Autebert worked extensively on understanding the structure (and the generators [7]) of context-free languages. A remarkable complexity measure, which has been much used since, was proposed in [6]. A synthetic account of many of these results can be found in Jean Berstel's book [9]. In the late seventies, in connection with his work on semantics, Maurice began to study infinite words [8]. He introduced the notion of the centre of a language and uncovered some of the underlying topological properties. During these years, the research carried out in France in this area became quite well-known internationally, and this is certainly largely due to ideas whose origin can be found in Maurice's works.

II) Semantics. Maurice's interest in semantics goes back to a meeting of the IFIP WG 2.2 in Colchester in 1969, on the semantics of programming languages – a subject that was just starting at the time. Maurice learned from David Park and Mike Paterson about program schemes. This led to a large body of work for Maurice and a number of students (Laurent Kott, Gérard Boudol, Irène Guessarian, Bruno Courcelle, Guy Cousineau, Jean-Marie Rifflet).

First, Maurice extended a well-known theorem of Schützenberger by characterizing the set of terms generated by a context-free tree grammar as the smallest solution of this grammar considered as a system of equations on sets of terms. Then he showed that when the grammar represents a (recursive) program scheme, this algebraic solution in turn characterizes its semantics: the interpretation of the solution coincides with the operational semantics of the given program scheme [11].

The subject of "algebraic semantics" [12] developed progressively (see the book of Irène Guessarian [13]), based on the construction of an infinite algebraic object – similar to the Böhm tree of a λ-term – that factorizes the semantics of a program scheme. This algebraic object characterizes the semantic equivalence class of the associated program scheme, and in some cases (such as for the "rational" program schemes), it allows us to design algorithms for deciding this equivalence. The investigations of infinite trees – for themselves – culminated in Bruno Courcelle's thesis (see [14]).

Subsequently Maurice set out to generalize his results to the non-deterministic case. Serious difficulties arose here, as denotational semantics did not offer a satisfying notion of power-domain. Nivat and Arnold introduced the use of metric spaces [15]: in this framework, they defined a fixpoint semantics of non-deterministic program schemes. This metric space approach to semantics (a synthetic exposition of which can be found in [20]) has since been followed by various authors, and in particular by the group of Jaco de Bakker in Holland. However it is fair to say that this was not a complete success, as the coincidence with operational semantics (as proposed by Gérard Boudol [16] following works by Gérard Berry and Jean-Jacques Lévy [17]) does not hold any more, except in some special cases. This "chapter" of Maurice's scientific activity ends with the publication of [18], based on a joint French-US meeting held in Fontainebleau in 1982.

Next, Maurice addressed the semantics of parallelism. The initial insight was in his study of infinite words viewed as infinite behaviours of processes, which was to generate numerous works under the supervision of Maurice: those of Françoise Gire, Danièle Beauquier, Hugues Fauconnier, Paul Gastin, and Andreas Podelski. For more details about this period of his scientific activity, we refer to the contribution of André Arnold in this volume. Certainly, Maurice was a pioneer of model-checking when he worked on the synchronization of automata [19].

III) Tilings and discrete tomography. In the mid-eighties, after his national responsibilities were over, Maurice changed his research direction once more. He turned his attention to the study of discrete geometrical objects, while keeping an active interest in concurrency and tree languages. Some young researchers advised by Maurice in this area are Alain Daurat, Yann Gérard, and Laurent Vuillon. One of his former students, Ahmed Saoudi, who unfortunately died since, has pushed much Maurice in this direction.

With Danièle Beauquier, Maurice first worked on the decidability of the problem of whether a given finite set of polyominoes forms a plane code. The problem turned out to be difficult, but they finally obtained a negative answer in 1993-1994 (yet to be published). In [23], the two authors tackled the problem of tiling the plane by translated instances of a single tile. They showed that such tilings are possible if and only if this tile is a *pseudo-hexagon*, and moreover that the tiling is then half-periodic (i.e., invariant under some translations). Beauquier and Nivat have thus found an interesting solvable family of tiling problems.

In [31], Maurice and his co-authors showed that for general regions of the square lattice the tiling problem is NP-complete for horizontal dominoes and vertical trominoes, and for any other pair of bars where either has length greater than 2. Recently, by using a similar approach, Moore and Robson [32] proved some additional results of this kind.

Maurice is also among the pioneers of *discrete tomography*, which deals with the reconstruction of discrete geometrical objects from multiple X-ray projections [24]. Maurice tackled the problem of reconstructing binary matrices that are only accessible through a finite number of projections counted with multiplicities along some lines. For the much studied case of two projections (horizontal and vertical), existence and uniqueness results are known [25]. But as the number of solutions can be rather large in general, the researchers interested in this problem have looked at particular cases. In [26, 27] (see also [36] for a synthetic presentation), Maurice, in joint work with Elena Barcucci, Alberto Del Lungo, and Renzo Pinzani, provided some polynomial-time algorithms to reconstruct binary matrices having some convexity and/or connectivity properties. These works have been extended by several authors [28, 29, 30].

The problem of reconstructing binary matrices from *three* or more X-rays is NP-complete [33]. Maurice and his co-authors have found an interesting class of polyominoes (having convexity and connectivity properties, again) for which the problem is solvable in polynomial time [34]. An extension of this result to the reconstruction of convex lattice sets has been given in [35].

Discrete Tomography is a relative young and actively studied field, and Maurice is one of its most active promoters. During recent years, Maurice and Peter Gritzmann have organized two international meetings devoted to this field.

Thus, the spectrum of Maurice's scientific works has covered (so far!) all the three areas that he had cited as the cornerstones of Theoretical Computer Science: the theory of formal languages and automata, programming languages, and algorithms. More widely, the contributions of Maurice to the whole computer science community, nationally and internationally, are immense.

Quelques dates

En décembre 1997 se tenait à l'Ecole Normale Supérieure un Jubilé en l'honneur de Maurice Nivat. Cette réunion amicale, dont l'initiative revient à Jean-Eric Pin, fut organisée par André Arnold et Jean-Marc Steyaert, avec l'aide de Paule Nivat. Quatre ans plus tard, Maurice a quitté ses fonctions de rédacteur en chef de la revue Theoretical Computer Science, et s'apprête à prendre sa retraite de professeur à la fin de l'année universitaire en cours. Ce volume lui est dédié, et les lignes qui suivent tentent de retracer quelques faits marquants de sa carrière.

Maurice Nivat est né le 21 décembre 1937. Ses parents sont tous deux professeurs de lycée: le père, normalien, enseigne le français-latin-grec, la mère les mathématiques. Maurice grandit à Clermont-Ferrand. La réussite scolaire est un objet d'attention tout particulier dans la famille, qui sera comblée de ce point de vue: les trois enfants seront normaliens. Le frère aîné Georges est slavisant. Il vient de prendre sa retraite de professeur d'université à Genève. Sa sœur cadette, Aline Bonami, est mathématicienne, spécialiste d'analyse harmonique. Au grenier, le jeune Maurice dévore les livres qui avaient appartenu à son grand-père architecte: ce goût pour l'architecture, et singulièrement les styles architecturaux de chaque infime région de France, ne le quittera jamais.

Maurice est marié à Paule Nivat, professeur de statistiques à l'université

Paris 13, qui vient de prendre sa retraite. Il a trois enfants: Dominique (1960, économiste), Jean-Luc (1963, informaticien), et Catherine (1967, métallurgiste). Il a aujourd'hui dix petits-enfants. Il est chevalier dans l'ordre la Légion d'Honneur et officier dans celui du Mérite. Il est membre correspondant de l'Académie des Sciences depuis 1983, et docteur honoris causa de l'Université de Bologne depuis 1997.

Années d'apprentissage

Maurice obtient brillamment son baccalauréat en 1954, avec plus de 18 de moyenne: un exploit régional! Son professeur de mathématiques en Math Elem, Monsieur Dumas, l'a initié à la géométrie des coniques. La famille se déplace alors vers Paris; Maurice rentre en Classes Préparatoires au lycée Jeanson de Sailly. Il est admis au concours d'entrée à l'Ecole Normale Supérieure en 1956. Il se laisse d'abord séduire par la physique: il fréquente un an le laboratoire de Pierre Aigrain, mais n'arrivant pas à faire émettre d'ondes à un klystron capricieux, il préfère en rester là. En ce temps là, il n'y avait pas de maîtrise. Il fallait passer pour la licence trois certificats, auxquels s'ajoutaient des cours d'option. En première année, Maurice passe Calcul Différentiel et Physique Générale, en fournissant un travail très modéré. Car il rattrapait le temps: il allait voir jusqu'à trois films par jour! En option, en deuxième année, il passe (et rate) Topologie Générale de Gustave Choquet. Comme il était d'usage, les normaliens n'allaient pas aux cours, déléguant l'un des leurs pour tenir les autres au courant. En lieu de quoi ils travaillaient ensemble assez sérieusement la Topologie Générale de Bourbaki, très à l'opposé du style de Choquet, lequel préférait l'intuition géométrique, les contre-exemples.... Maurice remet copie blanche à l'examen. Ses condisciples ne font pas d'étincelles non plus. Cet échec collectif sert de leçon, et a certainement contribué à la diversification des vocations! Pierre Léna se tournera vers l'astrophysique, Jean Bretagnolle vers les probabilités.

Il restait à passer Mécanique Générale. Ici l'échec est plus pénalisant. Maurice est suspendu un an sans traitement. Pour gagner un peu d'argent, il donnera des colles à Jeanson. Re-échec à Mécanique Générale. Il travaille peu... La direction de l'Ecole Normale s'en émeut. Il est reçu et sermonné par le sous-directeur pour les sciences, Albert Kirrmann. Henri Cartan, directeur des mathématiques d'alors pour les normaliens, lui fait trois propositions:

1. Faire de la théorie des carapaces avec lui (théorie qu'il développait pour les normaliens, et qui n'a pas survécu).

2. Faire de la mécanique céleste (nonobstant ses démêlés avec la "terrestre").

3. Travailler au nouveau Centre de Calcul du CNRS, l'Institut Blaise Pascal, dirigé par René de Possel.

Maurice choisit la solution 3. De Possel est un personnage extraverti, jovial mais distant en même temps. Maurice est calculateur adjoint (il est toujours suspendu de l'Ecole). L'Institut Blaise Pascal est dans les caves de l'IHP. Plusieurs dames y travaillent, exécutant des calculs sur les machines à manivelles. Au Centre de Calcul, Maurice rencontre Louis Nolin, avec lequel il nouera une amitié indéfectible jusqu'à la mort de ce dernier, survenue en janvier 1997.

A parte. D'origine modeste, Louis Nolin a commencé sa formation par des études de philosophie avant de rencontrer l'informatique. Il fallait dans les année 60 (et à vrai dire jusqu'à l'avènement des PRC, voir plus bas) beaucoup de courage pour entreprendre de concevoir et mettre en œuvre des langages de programmation à l'université: ni moyens, ni reconnaissance de la discipline. Nolin a donc d'abord conçu des langages de programmation sur le papier. Son langage ATF ("à tout faire"!) a inspiré Excel, un langage développé plus tard au laboratoire LCR de la Thomson (voir plus bas). Louis Nolin avait une passion pour les machines-outils et pour les vins en général et ceux de sa région en particulier (Bergerac). Sa figure discrète mais chaleureuse reste présente à l'esprit de tous ceux qui l'ont côtoyé au LITP.

Maurice rencontre aussi André Lentin. Il fait ses premiers exposés sur Lisp, Algol, au séminaire animé par François Génuys (IBM) qui se tient à l'Institut d'Astrophysique. Maurice sera d'ailleurs plus tard coauteur d'un livre sur Algol [1]. Le séminaire est fréquenté par des physiciens (dont Jacques Arsac, qui a commencé par l'astrophysique, et Bernard Vauquois qui deviendra spécialiste du traitement automatique des langues à Grenoble), et aussi des logiciens: Lacombe, Porte. Maurice fréquente également le séminaire de Lacombe, qui s'intéresse à la démonstration automatique. Il est devenu informaticien (même si le mot n'existe pas encore – il sera créé au milieu des années 60). Il passe enfin Mécanique Générale, malgré un 2,5 à l'écrit, rattrapé à l'oral. Ceci permet à Maurice d'être réintégré à l'ENS, où il prépare l'agrégation de mathématiques, qu'il obtient en 1961. La préparation est assurée par Henri Cartan, dont les conseils et critiques sont très formateurs. Il fréquente alors les élèves d'une autre promotion, mais les connaît peu: il est déjà marié. De ces années normaliennes, Maurice gardera un attachement constant pour Choquet et Cartan.

A la rencontre de Schützenberger

A la rentrée universitaire de 1961, De Possel propose à Maurice un poste d'assistant. En le comptant, il y a alors en tout et pour tout sept assistants à la Faculté des Sciences de Paris! Maurice aurait pu aussi rentrer au CNRS, mais il n'a pas encore d'idée de ce que peut être la recherche, tandis qu'il peut aisément imaginer à quoi peut ressembler le métier d'enseignant. Il assure les Travaux Dirigés de De Possel (polynomes de Tchebytchev), ainsi que des Travaux Pratiques (calcul sur les machines du Centre de Calcul de racines réelles d'équation du troisième degré). Il est un assistant heureux: peu de travail, une paix royale, un peu d'administration.

A parte. De Possel poursuivait une carrière universitaire à Alger avant d'être rapatrié et de prendre la responsabilité du Centre de Calcul. Il tient tous les lundis une sorte de salon, où l'on parle de tout: il mange d'énormes sandwichs, propose des problèmes ou des défis que les participants à ces réunions sont invités à résoudre sur le champ.

Maurice fait son service militaire d'octobre 1962 à mars 1964. Un mois à Brest, deux mois à Toulon, et le reste dans un laboratoire du Service Technique des Constructions et Armes Navales, à Paris. Souvenir d'une machine Bull qui ne fonctionne pas... Maurice fait aussi l'expérience de la manie du secret. Il ne connaîtra jamais l'idée qu'un ingénieur de ce centre venu le voir rue du Maroc (où s'était transporté l'Institut Blaise Pascal) renoncera à lui communiquer par peur d'oreilles qui traîneraient. Par le jeu des relations normaliennes, Maurice rentre aussi comme Conseiller à la CSF (qui deviendra Thomson-CSF), au Laboratoire de Corbeville. Il y fréquente Jean-Pierre Vasseur, puis plus tard Gilles Ruggiu. Plusieurs jeunes chercheurs aiguillés par Maurice y feront tout ou partie de leur thèse de troisième cycle ou d'Etat: Patrice Enjalbert, Guy Cousineau, Frédéric Boussinot.

Maurice souhaite rencontrer Marcel-Paul Schützenberger. C'est Lentin, dont la thèse, fort élégamment calligraphiée, portera sur les équations dans les monoïdes, qui le connaît le mieux. Maurice attendra un an avant de le voir. Il est alors en poste à Poitiers, mais passe beaucoup de temps aux USA. Nolin et Nivat lui présentent un compilateur pour ALGOL basé sur une notion d'automate à taquets. Schützenberger écoute, puis parle, et ne cessera plus de fasciner Maurice... Il lui propose de travailler sur la théorie des codes. Il a une conjecture sur la génération des codes finis par surcodages, conjecture que Yves Césari prouvera fausse plus tard. Maurice va commencer la recherche.. Pour aborder ces rivages ardus, en dehors des sentiers battus, il faut beaucoup d'énergie, de rage même, et Maurice n'en manque pas, endurci par de dures épreuves familiales (suicide de sa première femme en 1965).

A parte: Schützenberger est un "self-made man". Il a vingt ans au début de la seconde guerre mondiale. Il est communiste, tendance Tillon, se fait pour la bonne cause faussaire. Membre du cabinet de Tillon jusqu'à la mise à l'écart de ce dernier par le Parti Communiste, il bénéficie de la loi autorisant des études accélérées pour les résistants. Il fait sa médecine, et part travailler pour l'OMS (Asie du Sud-Est, Pakistan...). Là-bas il fait aussi des mathématiques. Il invente les groupes qui portent son nom. Il fait de la théorie des treillis, trouve indépendamment le théorème des variétés de Birkhoff. Ses travaux sont publiés aux CRAS. Puis Schützenberger rentre en France, passe une thèse en théorie des probabilités, et est nommé professeur à Poitiers. En 1957-1958, il part aux USA: il voulait faire de l'épidémiologie au Harvard Medical School. Là, il rencontre Zellig Harris (linguiste formel), et son élève Noam Chomsky. Mais il s'intéresse aussi à la théorie des codes (Shannon, Huffman). Bref, il est curieux de tout! Il y a déjà quelques années que la théorie des automates est un sujet très actif, depuis le théorème de Kleene de 1953 (reliant automates et expressions régulières) [2]. Après Rabin, Scott et d'autres, Schützenberger rattrape le temps perdu, publie beaucoup avec Chomsky (transducteurs). Il est nommé à Paris au milieu des années 60. Il prend des élèves: Dominique Foata, Maurice Nivat, Jean Berstel, Jean-François Perrot, Michel Fliess, Robert Cori, Gérard Viennot, Dominique Perrin, Christian Choffrut. Et aussi Maurice Gross, qui s'orientera vers la linguistique. En mai 68, Schützenberger retrouve des élans de communiste tendance libertaire. Mais il est en même temps farouchement élitiste. De cette contradiction résultera une résolution: il ne prendra plus d'élèves. Mais l'école de pensée se poursuit: Perrot sera le directeur de thèse de Jacque Sakarovitch et de Jean-Eric Pin; Berstel de Christophe Reutenauer, ... Schützenberger reste naturellement scientifiquement très actif et continue d'exercer fortement son influence scientifique.. A la "génération" suivante, Daniel Krob par exemple a ainsi eu la chance de communiquer régulièrement avec lui. Marcel-Paul Schützenberger est mort en 1996.

En 1964, Maurice va à une Ecole de Printemps à Ravello (sur la théorie des codes). Il partage son logement avec Corrado Böhm. Site superbe. A Paris, il apprend de la théorie des langages, et tel un grand frère donne des petits cours à ses cadets Jean Berstel, Jean-François Perrot, Michel Fliess. Il y avait alors un chapitre important: celui des séries formelles en variables non commutatives et de leurs applications à la combinatoire. Schützenberger tenait un séminaire hebdomadaire dans les caves de l'IHP, difficile à suivre, même pour les quelques initiés.

De 1965 à 1967, Maurice est Chargé de Conférences à Grenoble; puis, de 1967 à 1969, à Rennes. Il a deux élèves à Grenoble: Philippe Butzbach (qui vient malheureusement de mourir) et Michèle Benois, et un à Rennes, Yves Cochet (aujourd'hui ministre de l'Environnement, devenu écologiste dans son mode de vie avant même la constitution de mouvements écologistes). Avec ses élèves grenoblois, Maurice s'intéresse à la réécriture de mots. Les problèmes sont difficiles, et fort peu étudiés alors. Certaines questions n'ont trouvé de réponses que beaucoup plus tard. Par exemple, c'est seulement au milieu des année 80 que Squier [10] montrera en utilisant l'homologie que certaines théories équationnelles n'admettent aucune présentation orientée qui soit confluente et nœthérienne. Peu de gens s'intéressaient à la réécriture: l'engouement autour de Knuth-Bendix, c'est une dizaine d'années plus tard. Maurice identifiait ainsi déjà la notion de système confluent (quasi-parfait dans sa terminologie).

En 1967, Maurice soutient sa thèse d'Etat [3]. Schützenberger était un peu inquiet. Le jury ne manquait pas de mathématiciens prestigieux parmi lesquels Lelong, conseiller de De Gaulle, et président d'un Comité de Sages qui avait recommandé la création de l'IRIA, et Ehresmann, le père français de la théorie des catégories. Qu'allaient-ils penser de ces travaux aux marges de *la* mathématique? La soutenance est un peu perturbée par une polémique qui surgit à propos de la deuxième thèse. Maurice devait commenter une note énonçant un résultat récent en théorie de la mesure. Cartan, qui était dans la salle, dit que le résultat est faux... Faute de temps, il n'y aura pas de questions. Mais le jury fait des compliments, Schützenberger est rassuré.

En 1969, Maurice se prépare à devenir professeur à Strasbourg, quand un poste supplémentaire en informatique se dégage à la Faculté des Sciences de Paris. Il y suit de près Louis Nolin. Ce dernier avait été évincé brutalement en 1967 de l'Institut Blaise Pascal: il était le bouc émissaire d'un rapport d'évaluation sévère. Louis Nolin se réfugie à l'IRIA pour y préparer sa thèse, qu'il rédigera à Montréal, et qu'il passera discrètement à l'IHP, en pleine débâcle du mouvement étudiant de mai 68. Il est recruté professeur la même année.

Maurice découvre la sémantique des langages de programmation à une réunion du WG 2.2 de l'IFIP à Colchester, en septembre 1969: Dana Scott, Robin Milner, Christopher Strachey, Peter Landin, David Park y participent. C'est avec ce dernier, et avec Mike Paterson, tous deux à Warwick, que Maurice aura le plus d'atomes crochus: Paterson lui parle des schémas de programmes, sur lesquels Maurice travaillera dans les années 70 avec ses élèves (Laurent Kott, Gérard Boudol, Irène Guessarian, Bruno Courcelle, Guy Cousineau, Jean-Marie Rifflet). Landin est fort brillant et impressionne Scott.

L'"école humaine" de Maurice

C'est au début des années 70 que, parallèlement à ses travaux, Maurice commence à consacrer en pionnier beaucoup de temps et d'énergie à construire des équipes de recherche, à l'IRIA et à Paris 7, institutions toutes deux fraîchement créées.

A parte: Quand les Chinois firent exploser leur bombe H avant les Français, les militaires ont invoqué le manque d'ordinateurs. De Gaulle commande alors un CDC6600, et les Américains font l'embargo. D'où le Plan Calcul, ensemble de dispositions visant à doter la France d'une industrie informatique autonome. L'IRIA, créé fin 1967 et installé à Rocquencourt dans des casernements libérés par l'OTAN, devait être l'un des fers de lance de ce plan. Les premières années de l'IRIA (1968-1971) sont un peu balbutiantes. Le pilotage scientifique est assuré par un directoire, qui comprend notamment, autour de l'Ingénieur Général Boucher: Michel Laudet, Jacque-Louis Lions, Pierre Faurre, Marcel-Paul Schützenberger, André Lichnerowiz. Lions prend les rênes en 1972.

IRIA

En 1970, Schützenberger introduit Maurice à l'IRIA. Tous deux donnent une conférence à l'IRIA, proposant la dénomination d'Informatique Théorique pour désigner les recherches sur les automates et langages formels, sur les langages de programmation et sur les algorithmes. Dès le début, l'IRIA est organisé en projets. Celui de Schützenberger, "Automates et Langages Formels" ne dure que quelques années. Maurice crée en 1971 un projet "Sémantique Formalisée des Langages de Programmation". Plusieurs facteurs se conjuguent ici. Maurice vient d'attraper le virus de la sémantique à Colchester. Les travaux en théorie des langages commençaient à buter sur des problèmes difficiles pour lesquels il semblait raisonnable de laisser passer du temps et d'attendre que d'autres idées viennent d'ailleurs. Le contexte de l'IRIA l'engageait à proposer des thèmes dont les perspectives d'application seraient plus faciles à défendre. Il commençait ainsi à militer pour sensibiliser les théoriciens aux applications, et réciproquement, combat qu'il devra mener maintes et maintes fois, et ce au sein même de son entourage scientifique immédiat.

Le projet de Maurice accueillera Philippe Flajolet et Jean-Marc Steyaert, Bruno Courcelle, Gérard Huet (qui avait fait un PhD aux Etats-Unis), Gérard Berry, et aussi pour une courte période Jean-Jacques Lévy (qui avait commencé par les "Operating Systems", dans le projet de Krakowiak, Kayser et Bétourné).

La thématique reçoit vite le renfort d'autres jeunes chercheurs revenus des USA: Jean-Marie Cadiou, Gilles Kahn, Jean Vuillemin. Ces derniers fondent en 1973 le projet "Analyse des Algorithmes, Validité des Programmes". Cette confrontation entre une école française très théoricienne et aux allures parfois un peu sectaires, sans doute imprimées par la personnalité forte mais altière de Schützenberger, et des chercheurs ramenant des Etats-Unis une avance certaine dans le mariage entre une bonne théorie et une véritable activité de programmation ne pouvait se faire sans certains heurts. Fort heureusement, des passerelles se sont rapidement établies, et de fructueuses collaborations se sont nouées: Kahn et Huet, Vuillemin et Flajolet... De nouveaux projets naissent: "Conception et Réalisation d'Outils d'Aide à la Programmation" (CROAP) (Kahn et Huet) et "Analyse et Optimisation des Algorithmes" (Vuillemin, rejoint par Flajolet). Les Ecoles de Printemps (cf. infra) ont notamment servi à croiser abondamment le "groupe de Paris 7" et le "groupe du bâtiment 8" (lequel abritait – et abrite encore avec le bâtiment 11 – ces projets – et ceux qui en sont issus).

Le projet de Maurice, rebaptisé "Théorie de la Programmation", durera jusqu'à 1979 (mais il restera conseiller de Lions, puis de son successeur, Alain Bensoussan, jusqu'en 1996). En 1980, l'IRIA prend un "N" (pour National), et, par essaimage, de nouveaux projets collaborant étroitement verront le jour, notamment: Formel (Huet), VLSI (Vuillemin), Para (Lévy).

La création du LITP

Quand Maurice est nommé à Paris, c'est encore la Faculté des Sciences. Il est intégré dans l'Institut de Programmation, structure universitaire créée quelques années plus tôt pour complémenter le dispositif du Centre de Calcul. Initialement, l'Institut de Programmation devait servir à former les cadres techniques dont le CNRS aurait besoin pour entretenir les parcs de machines naissants. Puis Arsac nommé professeur est appelé à la direction de l'Institut de Programmation au milieu des années 60. En collaboration avec les deux autres centres informatiques universitaires qui se développaient alors à Grenoble (Kuntzman) et Toulouse (Laudet), Arsac obtient la création d'un cursus national de licence et maîtrise en informatique. Les maîtrises venaient d'ailleurs d'être instaurées (réforme Fouchet). Mais la fondation de Paris 6 et de Paris 7 se prépare. Le cursus informatique complet se poursuivra à Paris 6, tandis qu'à Paris 7 l'enseignement de l'informatique commencera sous forme de cours à option pour les étudiants de mathématiques. Il faudra attendre le milieu des années 80 pour que Paris 7 se dote à son tour d'une licence et maîtrise en informatique. Le groupe formé par Schützenberger-Nivat-Nolin ira à Paris 7. Une structure CNRS (ERA) est créée autour de ce petit noyau. Le premier budget annuel reçu du CNRS était de 2000F, ce qui même pour l'époque était fort peu: de quoi tenir des réunions à Fontainebleau... Ce laboratoire ne s'appelait pas encore LITP, mais on pourrait parler d'un "premier LITP", car pour beaucoup, l'âge d'or de ce laboratoire s'identifie bien avec la décennie 1970. Tous les membres de l'équipe se réunissaient une journée par mois, salle Dussane à l'ENS, et mangeaient ensemble dans un restaurant du quartier. Joffroy Beauquier se souvient de la première de ces réunions: "il y avait une atmosphère extraordinaire et un enthousiasme perceptible".

Dans le même esprit, Maurice lance les **Ecoles de Printemps d'Informatique Théorique**, qui ont joué un rôle primordial dans la constitution d'un véritable réseau: ces réunions de l'ensemble des informaticiens théoriciens une semaine par an dans un lieu agréable ont largement contribué à souder la communauté. Telle étudiante y a trouvé sa vocation de chercheur, tel autre y a fait ses premières armes. La convivialité, la très faible moyenne d'âge des participants et les multiples libations et plantureux repas ont contribué à la création de la famille! Dans ces occasions, la presse régionale est de la partie également. L'organisation matérielle de ces écoles a longtemps été assurée par un professeur de l'ENSTA, Jean-Pierre Crestin.

Au moment de renouveler le jeune laboratoire, quatre ans plus tard, Maurice œuvre à l'élargir, afin de réunir des théoriciens et des programmeurs, répartis sur les deux universités Paris 6 et 7. Son pari, qui sera gagné, était d'atteindre une meilleure visibilité, et aussi de favoriser des rencontres entre théoriciens et praticiens de l'informatique. De fait, le laboratoire est très rapidement connu en

Langages algébriques, Bonascre (J.-P. Crestin et M. Nivat), 1973
Complexité des algorithmes, Ile de Berder (Ph. Flajolet), 1974
Monoïdes syntactiques, Vic-sur-Cère (J.-F. Perrot), 1975
Sémantique des langages de programmation, Molines-en-Queyrac (M. Nivat), 1976
Séries formelles, Vieux-Boucau-les-Bains (J. Berstel), 1977
λ-calculus, La Châtre (B. Robinet), 1978
Théorie des codes, Jougne (D. Perrin), 1979
Parallélisme, Colleville (G. Roucairol), 1980
Langages algébriques, Murol (L. Boasson), 1981
Compilation, Barèges (L. Nolin), 1982
Algorithmique, Ile de Ré (M. Fontet), 1983
Automates et mots infinis, Le Mont Dore (D. Perrin) 1984
Logique combinatoire et λ-calcul, Val d'Ajol, (G. Cousineau et P.-L. Curien), 1985
Réseaux d'automates, Argelès-sur-Mer (C. Choffrut), 1986
Linguistique et informatique, Ile d'Oléron (M. Gross et D. Perrin), 1987
Automates finis et applications, Ramatuelle (J.-E. Pin), 1988
Logique et informatique, Albi (B. Courcelle), 1989
Sémantique des systèmes de processus concurrents, La-Roche-Posay (I. Guessarian), 1990
Mathématiques et informatique théorique, Méjanes-Le-Cap (S. Grigorieff), 1991
Parallélisme, Les Sables d'Or les Pins (M. Cosnard et Y. Robert), 1992
Réécriture de termes, Font-Romeu (H. Comon et J.-P. Jouannaud), 1993
Programmation logique avec contraintes, Chatillon-sur-Seine (A. Podelski), 1994
Géométrie et topologie discrète, Super Lioran (J.-P. Réveillès et D. Richard), 1995
Automates cellulaires, Saissac (J. Mazoyer), 1996
Algorithmique, Longefoy (D. Krob et M. Morvan), 1997
Algèbre Max-Plus et applications en informatique et automatique, Ile de Noirmoutier (S. Gaubert, J.-J.. Loiseau, J. Mairesse, J.-E. Pin), 1998
Codage et cryptographie, Batz-sur-mer (A. Canteaut, C. Carlet, P. Charpin, M. Girault, B. Vallée), 1999
Pavages du plan , Branville (B. Durand, M. Nivat, L. Vuillon), 2000
Arithmétique des ordinateurs, Prapoutel-Les-Sept-Laux (C. Frougny et J.-M. Müller), 2001
Sémantique des langages de programmation, Agay (P.-L. Curien, V. Padovani, J.-M. Rifflet), 2002

Figure 1: Liste des Ecoles de Printemps d'Informatique Théorique

France et dans le monde, et les financements publics deviennent plus substantiels. Ainsi est créé le LITP (Laboratoire d'Informatique Théorique et Programmation, UA 248), en 1975. Maurice en sera le co-directeur jusqu'en 1985, avec Jacques Arsac puis avec Bernard Robinet. La gestion administrative du LITP a été assurée par Paulette Le Louet depuis le milieu des année 70 jusqu'à son départ à la retraite en 1996. Sa sœur cadette, Nicole Robinet, a un record de longévité plus grand. encore, puisqu'aujourd'hui encore en activité à Paris 6, elle est arrivée au début des années 60 pour assurer le secrétariat de l'Institut de Programmation naissant.

A partir des années 80, l'histoire du LITP est malheureusement traversée de conflits, complexe alchimie d'oppositions de styles, d'orientations, et de compétition entre les deux universités sur lequel le laboratoire est implanté. Le LITP a disparu en 1997. Mais le spectre de l'informatique fondamentale, appuyé sur les deux pôles de l'algorithmique et de la programmation, est aujourd'hui en quelque sorte réincarné à Paris 7, où ont été créés en 1997 le LIAFA (Laboratoire d'Informatique Algorithmique Fondamentale et Appliquée) et en 1999 l'Equipe PPS (Preuves, Programmes et Systèmes). Inlassable pélerin, Maurice offrira un actif soutien aux partisans de ce renouveau, rédigeant notamment de sa plume un beau texte à l'appui de la demande de création du LIAFA.

L'informatique théorique européenne

Mais revenons au début des années 70. Maurice ne déborde pas seulement d'activité sur la scène nationale. Il va forger des outils essentiels pour la communauté de recherche européenne en informatique. Il rencontre le prince Caracciolo di Fiorino, qui œuvre à l'OCDE et à la Commission Européenne. Il se voit confier la rédaction d'un rapport OCDE sur l'Informatique, qui aura la plus grande influence ... sur le gouvernement polonais (l'un des premiers pays à adopter le mot informatique, comme dans la revue Fundamentae Informaticae). A Bruxelles, le prince plaidait en vain la création d'un Institut du Software, mais une idée moins ambitieuse eut plus de succès: il suggère à Maurice la création d'une Association Européeenne d'Informatique Théorique, qui serait soutenue par Bruxelles. Il n'y aura pas de soutien de la Commission Européenne, mais l'EATCS (European Association for Theoretical Computer Science) est fondée comme association de droit belge. Le groupe fondateur comprend autour de Maurice: Jaco de Bakker, Corrado Böhm, Mike Paterson. Le premier "International Colloquium on Automata, Languages and Programming" (ICALP) est organisé en 1972 à l'IRIA. Beaucoup de vedettes sont là: Rabin, Paterson, Scott, Meyer, Eilenberg,.... On trouvera plus loin davantage d'informations sur l'EATCS et l'ICALP dans le texte d'Arto Salomaa et Grzegorz Rozenberg. Plus tard, Maurice créera aussi l'Association Française d'Informatique Théorique (AFIT), avec l'aide de Paul Gastin et Brigitte Rozoy.

Naissance de TCS

Fruit de conversations avec Inar Fredrikson, éditeur chez North Holland, le journal paraît depuis 1976. Dans toute son histoire, il n'a subi que deux attaques, auxquelles il a résisté sans difficulté, l'une émanant de collègues d'outre-atlantique qui ont démarché auprès de North Holland pour tenter d'empêcher la création d'un tel titre en Europe, et dix ans plus tard de la part de collègues hostiles à l'informatique théorique. Nous renvoyons aux éditoriaux de Giorgio Ausiello, Don Sannella et Mike Misolve, et de Maurice Nivat, dans le numéro 250 de TCS, pour plus d'éléments sur la revue et sur sa prodigieuse expansion depuis un quart de siècle.

L'influence de Maurice sur le milieu international de l'édition scientifique dépasse de beaucoup ce journal (auquel il faut ajouter Science of Computer Programming, un cousin plus orienté vers la pratique de la programmation, et plus récemment les Electronic Notes in Theoretical Computer Science). Maurice faisait par exemple partie, avec Engeler, Huet, Jouannaud, Milner et Wirsing du Comité Editorial de la série *Progress in Theoretical Computer Science* (Pitman, repris par Birkhaüser) dirigée par le regretté Ron Book, grand ami de Maurice.

Des langages algébriques à la sémantique

Je reprendrai plus loin l'exposé des réalisations de Maurice pour l'informatique française et europénne, mais je souhaite ne pas perdre le fil du temps. Parlons donc un peu des travaux scientifiques de Maurice depuis la fin des année 60 jusqu'au début des années 80.

Théorie des langages

Dans sa thèse, Maurice avait établi une caractérisation algébrique des transductions rationnelles. Celle-ci est à la base de nombreux développements ultérieurs de l'"école française" de théorie des langages. Les notions de cône rationnel et de hiérarchie sont déjà là [4]. Peu de temps après, Maurice entame l'étude des langages définis par congruence [5]; cette étude conduira beaucoup plus tard aux travaux de Géraud Sénizergues (voir la contribution de ce dernier dans ce volume).

Un effort continu est poursuivi par Maurice et ses élèves (Luc Boasson, Joffroy Beauquier, Jean-Michel Autebert) en vue de comprendre la structure (et notamment les générateurs [7]) des langages algébriques, ou "context-free", et mènera en particulier à la découverte d'une mesure de complexité remarquable [6] qui a été beaucoup utilisée. Un exposé synthétique d'un certain nombre de ces résultats peut être trouvé dans le livre de Jean Berstel [9].

Enfin, à la fin des années 70, et en relation avec le développement de ses travaux en sémantique (cf. infra), Maurice entamera l'étude des mots infinis engendrés par une grammaire algébrique [8]. Il introduit la notion de centre d'un langage et met en évidence les propriétés topologiques sous-jacentes. Grâce à ce foisonnement d'idées neuves, la France s'est taillée une réputation internationale sur ces sujets et bon nombre de chercheurs du domaine lui sont redevables d'idées fondatrices dont il est l'auteur.

De la sémantique algébrique à celle du parallélisme

Rappelons que Maurice découvre les schémas de programmes à Colchester. Il étend d'abord un fameux théorème de Schützenberger, caractérisant l'ensemble des termes engendrés par une grammaire algébrique (d'arbres) comme la plus petite solution de cette grammaire, considérée comme un système d'équations sur les ensembles de termes. Puis il montre que, dans le cas où la grammaire représente un schéma de programme (récursif), cette solution algébrique caractérise à son tour la sémantique du schéma de programme, au sens où l'interprétation de cette solution coïncide avec la sémantique opérationnelle du schéma de programme considéré [11].

Peu à peu se dégage ainsi la "sémantique algébrique" [12] (voir aussi l'ouvrage [13] d'Irène Guessarian), qui repose sur la construction d'un objet algébrique infini – similaire à l'arbre de Böhm d'un lambda-terme – qui factorise la sémantique d'un schéma de programme. Cet objet algébrique caractérise ainsi la classe d'équivalence sémantique du schéma de programme auquel il est associé. Ceci permet dans certains cas (schémas de programmes "rationnels" par exemple) de donner des algorithmes pour décider de cette équivalence. L'étude des arbres infinis - pour eux-mêmes - culmine avec la thèse de Bruno Courcelle (voir [14]).

Maurice entreprend ensuite de généraliser ses résultats au cas non-déterministe. Les difficultés s'avèrent sérieuses, notamment parce que la sémantique dénotationnelle est impuissante à définir une notion satisfaisante de "powerdomain". En collaboration avec André Arnold, il introduit alors l'utilisation des espaces topologiques, et plus particulièrement des espaces métriques [15], afin de définir, toujours dans l'esprit du théorème de Schützenberger - c'est-à-dire par point fixe -, l'objet sémantique associé à un schéma de programme non-déterministe. Cette façon de voir la sémantique, via les espaces métriques, dont l'exposé le plus synthétique est [20], sera reprise par de nombreux auteurs par la suite, notamment par le groupe de Jaco de Bakker en Hollande. Mais il est juste de dire que le succès ici n'est pas complet, car la coïncidence avec la sémantique opérationnelle (telle que définie par Gérard Boudol [16] à la suite des travaux de Gérard Berry et Jean-Jacques Lévy [17]) ne subsiste que dans certains cas particuliers. Ce "chapitre" de l'activité scientifique de Maurice se clôt avec la publication de [18], qui collecte les communications faites à un séminaire franco-américain tenu à Fontainebleau en 1982.

Il va ensuite s'intéresser à la sémantique du parallélisme. L'articulation technique est ici fournie par l'étude des mots infinis vus comme des comportements infinis de processus, qui engendrera de nombreux travaux menés sous la direction de Maurice: ceux de Françoise Gire, Danièle Beauquier, Hugues Fauconnier, Paul Gastin, Andreas Podelski. L'activité de consultant de Maurice à la Thomson joue aussi un rôle déterminant: au tournant des années 70/80, Ruggiu organise à Corbeville des réunions régulières avec quelques ingénieurs travaillant sur la programmation des centraux téléphoniques. Ces rencontres ont favorisé la maturation des travaux de Maurice [19], et – à la suite – d'André Arnold, sur la synchronisation d'automates. Pour plus de détails sur cette période de l'activité de Maurice, nous renvoyons à la contribution d'André Arnold dans le présent volume. Disons seulement que dans ce domaine, il a été en bonne part un précurseur, faisant du "model-checking" avant l'heure. Il a aussi à cette époque beaucoup discuté de concurrence avec des chercheurs venus d'horizons pratiques, tels que Gérard Roucairol, que Maurice avait invité à fonder une équipe sur le parallélisme au LITP, ou Jean-Pierre Verjus (Rennes).

Travaux d'Hercule

En 1982, par l'intermédiaire de Lions, Maurice est chargé par Chevènement et Savary, respectivement ministres de la Recherche et de l'Education, de la rédaction d'un rapport sur la filière électronique. Cette tâche prendra près d'un an. Maurice consulte beaucoup. La rapport s'intitule "Savoir et Savoir-faire en Informatique". Lorsqu'il est terminé, Fabius a succédé à Chevènement, à la tête d'un ministère de la Recherche et de l'Industrie. Maurice ira tout de même présenter son rapport à Chevènement, lequel, tout à sa liberté politique retrouvée, lui offrira en tête-à-tête un long et impressionnant discours de géopolitique. Fabius propose à Maurice de présider le Conseil Scientifique du Programme Mobilisateur de la Filière Electronique. Maurice met en place les Programmes de Recherche Coordonnés (PRC), qui seront pendant quelques années richement dotés et donneront un fantastique coup de fouet à la recherche française. Dans les domaines qui nous sont proches, les projets suivants se déploient:

- Programmation (Robert Cori),
- Mathématiques pour l'Informatique (Dominique Perrin, puis Philippe Flajolet),
- C^3 (Coopération, Concurrence, Communication) (Jean-Pierre Verjus),
- BD3 (Bases de données) (Delobel)
- Informatique linguistique (Maurice Gross).

C'est aussi à ce moment qu'intervient la fin du monopole de Bull, qui empêchait les laboratoires de s'acheter des machines Unix. Les PRC ont permis l'achat des premiers VAX, qui étaient des machines coûteuses. Toutes les équipes utilisaient la même machine à travers le réseau TRANSPAC (qui venait d'être mis en service), ce qui a contribué à faire nouer des collaborations et à souder des communautés.

Ce travail important et profitable se déroulait indépendamment d'une péripétie grandiloquente, le Centre Mondial de l'Informatique, lubie d'un journaliste politicien, Jean-Jacques Servan-Schreiber, qui prenait son essor sous de hautes protections politiques (Defferre, Mitterrand). Appelés en gourous, Seymour Papert (ancien théoricien des langages formels devenu apôtre de l'IA au MIT) et Raj Reddy (directeur du Centre de Robotique de CMU) promettaient la suppression des universités, ou ce qui revient au même leur distribution sur les plus infimes coins du territoire ou les villages de la brousse africaine, tout le savoir pouvant être enfermé sur un disque dur, et pouvant être interrogé interactivement. Henri Emmanuelli se porte candidat pour les Landes!

Pavages et tomographie discrète

Déchargé en 1985 de ses responsabilités nationales, Maurice se remet à la recherche. Il garde un intérêt pour les langages d'arbres et pour la concurrence. Mais surtout, il décide une nouvelle fois d'infléchir – plus radicalement sans doute cette fois – son domaine de recherche, et va s'intéresser aux objets géométriques discrets, et notamment aux problèmes de pavage qui le fascinent [21, 22]. Il suit les travaux de plusieurs jeunes chercheurs sur ces sujets: Alain Daurat, Yann Gérard, Laurent Vuillon. Un de ses anciens étudiants, Ahmed Saoudi, malheureusement décédé depuis, l'a beaucoup poussé dans cette direction.

Pavages

Avec Danièle Beauquier, Maurice se pose la question suivante: est-il décidable de savoir si un nombre fini de polyominos forme un code plan? La réponse, négative, qu'ils obtiennent vers 1993-1994, sera longue à trouver, et doit encore être publiée. Dans [23], ces deux auteurs s'attaquent au problème du pavage du plan par translation d'une seule pièce. Ils montrent que de tels pavages sont possibles si et seulement si la pièce est un *pseudo-hexagone*, et que tout tel pavage est semi-périodique (c'est-à-dire invariant par certaines translations). Beauquier et Nivat ont ainsi trouvé une famille intéressante et décidable de problèmes de pavage.

Dans [31], Maurice et ses coauteurs montrent la NP-completude des pavages par des dominos horizontaux et des trominos verticaux, et plus generalement pour toute paire de barres dont l'une a une longueur supérieure à deux 2. D'autres résultats dans la même veine ont été obtenus récemment par Moore et Robson [32].

Tomographie discrète

Maurice est aussi l'un des pionniers de la tomographie discrète, dont l'objet est de reconstruire un objet discret à partir de projections [24]. Il s'est intéressé au problème de la reconstruction de matrices binaires à partir d'un nombre fini de "radiographies discrètes", c'est-à-dire de projections sur certaines lignes comptées avec des multiplicités. Le cas de deux projections (horizontale et verticale) a été le plus étudié. Des résultats d'existence et d'unicité sont connus [25]. Mais comme le nombre de solutions peut être très élevé en général, les chercheurs du domaine se sont intéressés à des cas particuliers. Dans [26, 27], Maurice, en collaboration avec Elena Barcucci, Alberto Del Lungo et Renzo Pinzani, donne des algorithmes polynomiaux pour la reconstruction de matrices binaires ayant des propriété de convexité et/ou connexité. Ces travaux, dont une synthèse est présentée dans [36], ont été prolongés par plusieurs auteurs [28, 29, 30].

Le problème de la reconstruction de matrices binaires à partir de *trois* projections ou plus est NP-complet [33]. Maurice et ses coauteurs ont trouvé une classe de polyominos (convexes et connexes, toujours) pour lesquels la reconstruction peut se faire en temps polynomial [34]. Une extension de ces résultats aux treillis convexes est donnée dans [35].

La tomographie discrète est un sujet relativement récent, riche d'applications et activement étudié, que Maurice contribue à promouvoir. Au cours des dernières années, il a organisé deux colloques avec Peter Gritzmann: *Workshop on Discrete Tomography: Algorithms and Complexity* (Dagstuhl, 1997) et *Workshop on Discrete Tomography and Related Problems* (Nancy, 1999).

Un homme de conviction

Ainsi arrivé au terme de ce bref survol d'une carrière qui n'est pas finie – car je forme le vœu que Maurice ait une retraite des plus actives –, je voudrais laisser la parole aux collègues et amis – les deux se confondent souvent, tant Maurice a su chaleureusement accueillir et admettre dans sa famille les nombreux collègues avec lesquels il a établi des relations de confiance et d'estime – qui m'ont fait parvenir leurs témoignages sur leurs rencontres avec Maurice. Ce qui suit est principalement le fruit d'une synthèse anonyme de leurs propos, dont j'espère ne pas avoir trahi l'esprit.

Débarrassons-nous d'abord des ombres au tableau. Les relations de Maurice avec quelques collègues et amis, tout comme sa vie personnelle, ont été traversées d'épisodes difficiles, inséparables d'une personnalité complexe et attachante, que rien n'évoque sans doute mieux que de longs silences de Maurice au milieu d'une conversation téléphonique, nocture de préférence! Au total, il faut surtout saluer une activité débordante, une vaste imagination, une inlassable curiosité, et ... un solide sens de l'humour.

Maurice a déployé des efforts constants pour diffuser sa vision de l'informatique: discipline scientifique à part entière et devant construire ses fondations. Son passage à Grenoble et à Rennes lui a montré l'importance de cette "mission". Il faut se souvenir qu'au début des années 70, en France, certains universitaires informaticiens des gros centres de province défendaient une informatique "pratique" qui leur servait à justifier une absence de démarche scientifique. La création du LITP n'est pas allée tout-à-fait de soi au CNRS. En 1983, il arrive encore qu'un thésard du LITP puisse être mal reçu dans un laboratoire d'informatique, sur la seule base de son appartenance au "laboratoire de Nivat"! Le mérite de Maurice est d'avoir compris qu'il fallait non seulement "produire" des gens qui auraient cette vision de l'informatique et propageraient la "bonne parole", mais aussi trouver au sein des groupes existants les gens qui comprendraient les enjeux scientifiques et la nécessité de sortir de cette défense et illustration d'une "informatique pratique à la française" afin d'être présent sur la scène scientifique internationale.

Maurice ne s'est pas contenté de défendre et diffuser ses convictions auprès des praticiens. Il a aussi constamment plaidé parmi les théoriciens pour l'ouverture vers les applications ou vers de nouveaux champs à explorer. Si le lecteur n'en était pas encore convaincu, on pourrait encore noter l'intérêt de Maurice pour les rapports entre informatique et culture (habilitation de Philippe Aigrain), qui a sans doute pour racine sa passion pour le patrimoine rural ou l'archéologie industrielle. Les liens profonds que Maurice a noués avec Louis Nolin dès le début de sa carrière ont certainement contribué à créer les conditions pour la maturation d'un aussi remarquable spectre scientifique.

Maurice aura ainsi étendu son "école humaine", pour reprendre le titre d'une section de ce texte (que je dois à Jean Vuillemin), jusqu'à:

- Toulouse. Des chercheurs du LITP y ont longtemps donné des cours de DEA, qui ont engendré des thèses (François Rodriguez, Patrick Sallé, Jean-Louis Durieux,...). Jean Vignolle – qui a travaillé sur la première machine française: le GAP 500 – a encouragé et supervisé cet apport.

- Lille (Dauchet, Arnold, Latteux, Comyn, Jacob). Ici, l'initiative revient à André Arnold et Max Dauchet, qui forment en 1974 un groupe de travail sur les langages d'arbres, et réalisent bientôt que Maurice travaille déjà dans ce domaine. Il devient leur directeur de thèse. Il leur suggère d'organiser un colloque à Lille sur les arbres en algèbre et en programmation, qui a effectivement eu lieu en février 1976. C'était le premier CAAP, qui s'est tenu à Lille pendant une demi-douzaine d'années, puis dans toute l'Europe. Le CAAP a vécu 20 ans, son héritier est FOSSACS.

- Nancy: ici, il s'agit surtout de nombreux contacts et échanges (Jean-Pierre Jouannaud, Claude et Hélène Kirchner, Pierre Lescanne).

- Et, via des chercheurs de l'école parisienne nommés en province: Amiens (Boasson, aujourd'hui professeur à Paris 7), Bordeaux (Cori, puis Courcelle, puis Arnold), Poitiers (Arnold), Rennes (Kott), Rouen (Perrin, aujourd'hui professeur à Marne-la-Vallée). Notons que le contexte économique ou règlementaire peut donner un coup de pouce à d'exemplaires mouvements. Ainsi, cet essaimage vers la province doit un peu au premier choc pétrolier, qui a engendré une grande pénurie de postes, poussant des gens qui ne l'auraient peut-être pas souhaité à s'éloigner de la capitale. Dans un autre ordre d'idée, j'ai pu constater le rôle de l'anti-militarisme dans les vocations vers la fin des années 60 et le début des années 70. Quelques polytechniciens sont arrivés vers l'informatique en bénéficiant de la "botte recherche", une disposition qui à l'X permettait entre autres d'"échapper" au service militaire en allant faire de la recherche!

A cette liste, on peut ajouter l'Ecole Normale Supérieure de Lyon, où Maurice fait de multiples séjours au début des années 90, et noue de nombreux contacts (Mazoyer, Durand, Remila).

Maurice a depuis longtemps une vision à long terme de la recherche en informatique, et une compréhension remarquable de l'importance relative des résultats scientifiques. Il sait détecter les talents et a toujours cherché à permettre à de jeunes chercheurs de développer leurs propres travaux. Il a su faire se rencontrer beaucoup de gens à l'échelle française et leur faire rencontrer beaucoup d'étrangers, et construire ainsi un tissu de relations qui a aidé l'informatique française à rattraper les centres d'excellence comme Edimbourg. Il a constamment cherché à élargir les domaines de recherche de son entourage, en commençant par lui-même.

Il n'a eu de cesse de sensibiliser la communauté scientifique autant que les décideurs aux enjeux économiques ou sociaux de l'informatique. Mais il n'a pas toujours pu assez faire entendre les points de vue dont il était porteur. Ce n'est pas faute d'y avoir travaillé, pendant des années! Appelé de nouveau par le Ministère chargé de la Recherche à présider l'Observatoire de la Recherche en Informatique en France, il dépensera beaucoup d'énergie en 1993 et 1994 à coordonner les travaux d'une vingtaine d'experts chercheurs et industriels, y déployant tout le talent de sa belle plume, tout cela pour un rapport si vite enterré.... Aujourd'hui comme hier, Maurice regrette que les politiques et les grands industriels n'aient pas déployé les efforts suffisants pour créer une puissante industrie informatique nationale ou européenne. On se souviendra par exemple de la SM90, dont quelques dizaines d'exemplaires furent produits au début des années 80. Une belle architecture, initialement conçue au CNET. La machine aurait pu rivaliser avec le SUN, mais il aurait fallu y mettre dix fois plus de personnes... Notons tout de même, sur une note plus optimiste, que l'équipe gouvernementale suivante a reconnu au tournant du millénaire l'importance du secteur des STIC (Sciences et Technologies de l'Information), et s'emploie à compenser ce réveil tardif par une impulsion forte en termes de programmes et de moyens humains, créant notamment des postes de chercheurs en nombre important dans ce secteur, à l'INRIA et au CNRS, doté d'un nouveau département des Sciences et Technologies de l'Information.

Maurice est, enfin, un grand voyageur. Il est impossible de faire la liste de tous les pays qu'il a visités. Mentionnons ici seulement ses liens nombreux et fidèles avec l'Italie, l'Inde, le Japon, et plus récemment le Chili..

Ainsi s'achève cette courte et donc bien partielle promenade dans la carrière de Maurice Nivat. Mes remerciements iront d'abord à lui pour ce que je lui dois en général, et pour les éléments de son histoire qu'il a bien voulu me communiquer au cours de deux longues conversations, qui ont fourni la matière d'une bonne partie de ce texte. Je remercie aussi tous les collègues qui m'ont aidé dans cette modeste entreprise de mémoire. Après une trentaine d'années d'existence, il reste à souhaiter longue vie à l'informatique fondamentale, science du logiciel, ouverte sur les autres disciplines (biologie, linguistique,...) et les applications, et appuyée sur les mathématiques (algèbre, logique, géométrie), assez inventive cependant pour relever de nouveaux défis comme celui de la programmation distribuée et de l'internet, pour lesquels les mathématiques n'ont pas plus préparé d'outils tout faits que lorsque les pionniers de la théorie des automates, de la sémantique dénotationnelle, des calculs de processus ou de l'algorithmique ont commencé d'apporter leurs pierres à l'édifice des fondements de l'informatique.

References

[1] J. Arsac, A. Lentin, L. Nolin et M. Nivat, Algol, théorie et pratique, Gauthier-Villars (1965).

[2] S.C. Kleene, Representation of event nets and finite automata, Automata Studies, C.E. Shannon and J. MacCarthy Eds, 3-42, Princeton University Press (1956).

[3] M. Nivat, Transductions des langages de Chomsky, Annales de l'Institut Fourier 18 , 339-455 (1968).

[4] M. Nivat : Th èse d'Etat miméographiée, Ch. VI (1966).

[5] Y. Cochet, M. Nivat : Une généralisation des ensembles de Dyck, Israel Jour. Of Math 9 (1971).

[6] L. Boasson, B. Courcelle, M. Nivat : A new complexity measure for languages, Conf on Theoretical Computer Science (1977).

[7] J. Beauquier, Générateurs algébriques et paires itérantes. TCS 8 (1979).

[8] M. Nivat : Sur les ensembles de mots infinis engendrés par une grammaire algébrique, RAIRO Informatique Théorique 12 (1979).

[9] J. Berstel, Transductions and context-free languages. Teubner (1979).

[10] C.G. Squier, Word problems and a homological finiteness condition for monoids, Journal of Pure and Applied Algebra 49, 201-217 (1987).

[11] M. Nivat, On the interpretation of recursive polyadic program schemes, Symposia Mathematica, Vol. XV, Istituto di Alta Mathematica, Bologna 255-281 (1975).

[12] B. Courcelle and M. Nivat, The algebraic semantics of recursive program schemes, Proc. 7th MFCS, Lecture Notes in Comput. Sci. 64, 16-30 (1978).

[13] I. Guessarian, Algebraic semantics, Lecture Notes in Comput. Sci. 99 (1981).

[14] B. Courcelle, Fundamental properties of infinite trees, Theoretical Comput. Sci. 25, 95-169 (1983).

[15] A. Arnold and M. Nivat, Formal computations of non-deterministic recursive program schemes, Math. Syst. Theory 13, 219-236 (1980).

[16] G. Boudol, Computational semantics of term rewriting systems, in [18].

[17] G. Berry and J.-J. Lévy, Minimal and optimal computations of recursive programs, JACM 26, 148-75 (1979).

[18] Algebraic Methods in Semantics, M. Nivat and J. Reynolds Eds, Cambridge University Press (1985).

[19] M. Nivat, Sur la synchronisation des processus, Revue Technique Thomson-CSF, 11:899–919, 1979.

[20] M. Nivat, Infinite words, infinite trees, infinite computations, Math. Cent. Tracts 109, 1-52 (1979).

[21] B. Grunbaum and G. C. Shepard, Tilings and patterns, W. H. Freeman and Company New York (1986).

[22] S. W. Golomb, Polyominoes: puzzles, patterns, problems, and packings, Princeton Academic Press, (1996).

[23] D. Beauquier, M. Nivat, Tiling the plane with one tile, Symposium on Computational Geometry, 128-138 (1990).

[24] G. T. Herman and A. Kuba (eds.), Discrete tomography: foundations, algorithms and applications, Birkhauser Boston, Cambridge, MA (1999).

[25] H. Ryser, Combinatorial mathematics, The Carus Mathematical Monographs, Vol. 14, *Math. Assoc. America* (1963).

[26] E. Barcucci, A. Del Lungo, M. Nivat and R. Pinzani, Reconstructing convex polyominoes from their vertical and horizontal projections, Theor. Comp. Sci., 155, 321-347 (1996).

[27] E. Barcucci, A. Del Lungo, M. Nivat and R. Pinzani, Medians of polyominoes: a property for the reconstruction, International Journal of Imaging Systems and Technology 8, 69-77 (1998).

[28] E. Balogh, A.. Del Lungo, C. Dévényi and A. Kuba, Comparison of algorithms for reconstructing hv-convex discrete sets, to appear in Linear Algebra and Its Applications.

[29] S. Brunetti, A. Daurat and A. Del Lungo, An algorithm for reconstructing special lattice sets from their approximate X-rays, Lecture Notes in Computer Science 1953, 9^{th} Conference on Discrete Geometry for Computer Imagery (DGCI00), Uppsala (Sweden), 113-125 (2000).

[30] M. Chrobak, C. Dürr, Reconstructing hv-convex polyominoes from orthogonal projections, Information Processing Letters 69 (6), 283-289 (1999).

[31] D. Beauquier, M. Nivat, E. Remila, and M. Robson, Tiling figures of the plane with two bars, Computational Geometry. Theory and Applications 5,(1), 1-25 (1995)..

[32] C. Moore and M. Robson, Hard tiling problems with simple tiles, to appear in Discrete and Computational Geometry.

[33] R. J. Gardner, P. Gritzmann and D. Prangenberg, On the computational complexity of reconstructing lattice sets from their X-rays, Disc. Math. 202, 45-71 (1999).

[34] E. Barcucci, S. Brunetti, A. Del Lungo and M. Nivat, Reconstruction of lattice sets from their horizontal, vertical and diagonal X-rays, to appear in Disc. Math.

[35] S. Brunetti, A. Daurat, Reconstruction of discrete sets from two or more projections in any direction, Proc. of the Seventh International Workshop on Combinatorial Image Analysis (IWCIA 2000), Caen, 241-258, (2000) .

[36] A. Del Lungo and N. Nivat, Reconstruction of connected sets from two projections, Chapt. 7 (Foundations) of [24].