Colloquium Laboratoire J.A. Dieudonné
Me 16 février 2011

CV rapide

J'ai quitté l'Université il y a… 19 ans ? Donc, je ne suis pas tout jeune et je vais vous raconter des vielles choses. Etudes aux Cours Complémentaires (aujourd'hui : collège) d'Aïn-Témouchent en Algérie, puis Ecole Normale d'Instituteurs d'Oran avec un engagement décennal obligatoire ; à l'époque, on formait un instituteur en 4 ans à partir de la classe de seconde. Préparation au Lycée Chaptal à Paris, puis Ecole Normale Supérieure de St-Cloud (aujourd'hui : Lyon) pour former les enseignants des ENI. Puis à la suite d'un changement majeur dans cette école, passage de l'agrégation, si bien que de nouvelles portes s'ouvrent aux élèves. Chef de travaux (Maître-Assistant) à Nancy, puis CNRS et thèse. Soutenance en Janvier mais poste de Maître de conférences (aujourd'hui Professeur) en octobre... précédent. Je bouge beaucoup vu que je n'étais attaché à aucune ville, je suis contacté par Zerner et Grisvard pour venir faire un séminaire à Nice *et plus si affinité*. En arrivant de Rennes en hiver, voir des arbres avec encore des feuilles, sentir les eucalyptus, les mimosas ça fait un choc. Alors que j'étais programmé pour Paris, ce sera Nice, malgré ce qui se dit dans la capitale : on ne fait rien en province ! Mais, à Los Angeles (UCLA) malgré le climat encore plus agréable que celui du sud de la France, j'avais beaucoup produit, scientifiquement parlant, en une année, alors pourquoi pas à Nice. Passage positif devant la section 17 (Mathématiques pures) du Comité consultatif avec l'appui de Martineau pour prendre la chaire de J.A. Dieudonné (alors que j'étais en section 18 : mathématiques appliquées, informatique). Et c'est comme ça que je suis arrivé à l'Université de Nice en 1970 et que j'y suis resté jusqu'en 1992.

Enfants de la guerre

Après 1930, de nombreux mathématiciens ont fui les persécutions dans l'Europe de l'Est et se sont réfugiés aux États-Unis. À l'époque, les mathématiques dites appliquées n'existaient pas, pire, un article de l'American Mathematical Society leur refusait le qualificatif de mathématiques.
Mais, la deuxième guerre mondiale va faire basculer de nombreux mathématiciens vers les applications. Plusieurs émigrés se retrouveront dans le projet Manhattan, d'autres travailleront sur l'aéronautique… Les Américains prendront alors une grande bonne longueur d'avance sur les Européens.
Parmi eux, citons John von Neumann (1903-1957), un prodige hongrois, qui a travaillé quatre ans avec Hilbert. Ses travaux couvrent de nombreux domaines : logique, mécanique quantique, analyse numérique, théorie mathématique des jeux, méthode de Monte-Carlo, automates cellulaires …
Avec son compère Stan Ulam, ils comprennent l'incidence que pourront avoir les ordinateurs pour les *mathématiques ... pures* écrivaient-ils en 1945 ! En effet, pour « voir » la régularité des solutions de certaines équations différentielles, ils commençaient par calculer une solution approchée.
Il participera de façon décisive au développement de l'informatique en développant un modèle qui ne fait aucune différence entre les lignes de programmes et les données, c'est le *modèle actuel*. À la suite de son exposition aux radiations de la bombe A, il sera victime d'un cancer.
On parle actuellement de **l'éthique**, mais en temps de guerre cette notion était occultée. Pire, une intelligence scientifique comme Von Neumann alla jusqu'à proposer de rayer des cartes, la capitale culturelle du Japon : Kyoto. Il choisit aussi à quelle hauteur, il fallait que la bombe atomique explose pour qu'elle fasse le maximum de dégâts !
J'ai dit que de nouvelles directions mathématiques sont enfants de la guerre. On peut se poser la question suivante : pourquoi ne sont-elles pas nées pendant la première guerre mondiale ? En réalité, la guerre n'a fait qu'accélérer cette éclosion, il y avait cette fois un ingrédient fondamental qui venait de naître : l'ordinateur !

Les retrouvailles de Fourier et de Jacobi

Gustav Jacobi écrivait en 1830, en réaction à un point de vue de Joseph Fourier sur les mathématiques : *« M. Fourier avait l'opinion que le but principal des mathématiques était l'utilité publique et l'explication des phénomènes naturels ; mais un philosophe comme lui aurait dû savoir que le but unique de la science, c'est l'honneur de l'esprit humain, et que sous ce titre, une question de nombres vaut autant qu'une question du système du monde.* »

John Von Neumann va lui répondre bien plus tard : « ... *une bonne partie des mathématiques devenues utiles se sont développées sans aucun désir d'être utiles, dans une situation où personne ne pouvait savoir dans quels domaines elles deviendraient utiles. Il n'y avait aucune indication générale qu'elles deviendraient utiles. C'est vrai de toute la science.* »

Ainsi, il y a des théorèmes mathématiques ou des conjectures, qui ne sont pas faits pour servir ; ils sont créés pour l'honneur de l'esprit humain. Mais, à l'instar de ces espions qui sont installés quelque part, qui ne font rien en attendant d'être sollicités, nous pouvons parler de « *Théorèmes en sommeil ou de* ***théorèmes dormeurs*** ». Un jour ou l'autre, ils finissent par se réveiller, dans des contextes imprévus, puis ils deviennent indispensables. Quel retournement de situation, *Jacobi et Fourier se rejoignent* ! Je vais donner deux exemples d'une telle situation :

Exemple 1 : la cryptographie
Aujourd'hui, la cryptographie est partout : login et password, messages codés, wifi protégé. Exposons le mode opératoire de la Cryptographie, plus particulièrement de la méthode RSA. Elle fait appel à deux clés :

- *Clé publique* : (n,e) par exemple ***n = 55 et e = 13***. Elle est connue de tout le monde.
- *Clé privée* : (n,d), par exemple ***n = 55 et d = 37***. C'est la propriété *exclusive* d'une personne, disons monsieur RSA.

Expliquons maintenant le mode opératoire :

- Quand Jean Dupont ou quelqu'un d'autre veut envoyer un message confidentiel à Monsieur RSA, il commence par le transformer en une suite de chiffres, puis en se limitant à un paquet x de n chiffres, il fait le codage en calculant le nombre y :
  $y = x^{13}\ \ (55)$
- Jean Dupont va envoyer cet « y » à Monsieur RSA, via un courrier public ! le message envoyé peut être connu de tous, c'est ce qui est remarquable dans cette méthode.
- Que va faire Monsieur RSA avec le message y ? Avec sa *clé privée*, il va faire le décodage en calculant z :
  $z = y^{37}\ \ (55)$

Et la suite ? Un miracle a lieu, en effet, z = x

→Notons que RSA peut être utilisé en sens contraire : on veut être sûr que le signataire d'un message est la bonne personne. Le signataire utilise sa clé privée pour le codage, le destinataire la clé publique pour le décodage !
Qui est Monsieur RSA ? En réalité, il s'agit des initiales des inventeurs de cette méthode en 1977 : Ron Rivest, Adi Shamir et Len Adleman.
La fabrication des clés fait appel surtout à la fonction indicatrice d'Euler (1707-1783), avec au passage un petit théorème de Fermat (1601-1685) et un résultat d'Euclide (325-265 avant JC). Rien que ça !
La méthode RSA peut-elle être cassée ? Celui qui construit les clés commence par choisir deux nombres premiers p et q (très grands : 1024 bits, il se garde de les publier !), puis il pose n = p.q, ensuite il choisit e puis il calcule d. Connaissant p, q et e, il est facile de calculer d. Le problème majeur est donc la factorisation de n en p et q. Or, actuellement le meilleur algorithme connu pour factoriser un entier n « assez grand » a une complexité de l'ordre de $O(\ \mathrm{Exp}\ n^{1/3}(\log\ n)^{2/3}\ )$.
L'exponentielle montre que cette méthode a de beaux jours devant elle.
Par contre, l'algorithme quantique de Shor pourrait casser RSA en un temps polynomial, mais, on ne dispose pas d'ordinateur quantique !

Exemple 2 : la radiographie et la tomographie.

La *tomographie* est une opération merveilleuse qui permet de reconstituer une image de l'intersection du corps humain avec un plan à partir de mesures extérieures. C'est magique ! La tomographie procède au raccordement des tranches, la radiographie se limite à une tranche.

Voici le cheminement pour y parvenir : quand un rayon X traverse un tissu humain, il perd de l'énergie, il se produit une *atténuation* (ou variation d'énergie). Cette perte d'énergie dépend de l'épaisseur et surtout de la densité de la zone traversée, et n'est donc pas uniforme. On la connaît pour des os, des muscles, la graisse, la peau… C'est ainsi que l'on est conduit à définir une « *fonction f dite d'atténuation* », définie en tous les points du corps, et caractérisant la matière en chaque point.

Si nous connaissons f en tout point du corps, alors, nous pouvons construire des « *photographies* » en négatif pour toute tranche du corps (les radiographies que nous connaissons tous). Les anomalies anatomiques apparaissent alors aux yeux des médecins spécialisés.

Mais, comment connaître f ? En fait, curieusement, nous y arrivons par un chemin détourné ! Dans une première étape, nous recherchons une transformée F de f, obtenue par des mesures physiques. Ensuite par un procédé de calcul mathématique, nous trouverons f. Schéma et calcul de $F(p,\varphi)$. Il n'y aura plus qu'à fabriquer nos photographies !

La tomographie utilise ainsi trois outils :

- Les rayons X : ils ont été découverts par le physicien Wilhelm Röntgen. Il s'agit d'un rayonnement électromagnétique ; étant inconnu à l'époque, il a été baptisé « *X* », avec une certaine dose d'humour, car chacun sait que, classiquement, « *X* » désigne l'inconnue en mathématiques.
- La transformation du mathématicien Radon : elle transforme une fonction f définie dans un plan en une autre fonction F définie elle aussi dans le plan. On sait effectuer numériquement la transformation inverse, c'est-à-dire qu'à partir de F, on peut retrouver f.
- Les ordinateurs, car la construction numérique de F par des mesures physiques puis le calcul de f à l'aide de méthodes numériques exigent une énorme puissance de calcul.

La tomographie est intéressante épistémologiquement parlant. Un physicien découvre en 1895 une nouvelle radiation, un mathématicien invente en 1917 une transformation de fonction. Et voilà que bien des années plus tard, à partir de 1970, la transformée de Radon sert à explorer le corps humain. Et pourtant, à la publication de la transformation de Radon, tout le monde était en droit de se poser la question « *à quoi sert cette nouvelle transformation* » ?

Classification des mathématiciens : Birds and Frogs

Comment fonctionne le monde des mathématiques ? Dans un article récent, Freeman Dyson[1] affirme que les mathématiciens sont divisés en deux catégories. Pour cela, il fait appel à deux illustres scientifiques qui ont relancé la science au début du XVII^{e} siècle : Bacon et Descartes.

Bacon estimait qu'il fallait d'abord accumuler des connaissances, que le décryptage des lois de la nature viendrait ensuite. Descartes est celui qui a proclamé « *Je pense donc je suis* ».

Le premier est empirique tandis que le second est dogmatique, des lois empiriques sont opposées à des constructions théoriques. Cela ressemble à ce qui s'appelle en informatique le « bottom-up » et le « Top-down ». Dans une arborescence, on peut aller des feuilles vers la racine ou le contraire.

Freeman Dyson partage le monde des chercheurs entre les *Frogs* et les *Birds*, entre baconiens et cartésiens. Il se trouve qu'une bonne partie des chercheurs anglais sont des baconiens[2] tandis que les Français sont plutôt des cartésiens. Mais comme toujours il y a des exceptions : ainsi Newton était cartésien et Marie Curie[3] baconienne.

Pour Freeman Dyson, les *Birds* volent très haut, ils ont une vue globale des choses même si elle peut rester superficielle. Ils sont capables d'englober plusieurs problèmes à la fois.

Les *Frogs* sont davantage terre à terre, ils travaillent sur un seul sujet et l'étudient en profondeur avant de passer à autre chose.

Au XX^{e} siècle, des événements fondamentaux pour les mathématiques semblent aller dans le sens de Freeman Dyson : au congrès international des mathématiciens de Paris en 1900, le *Bird* ou plutôt « *l'Aigle* » David Hilbert a proposé aux grenouilles de s'attaquer à 23 problèmes non résolus.

1. Freeman Dyson : Birds and Frogs, Notices of the AMS, volume 56, Number 2, February 2009.
2. Freeman Dyson ne manque pas d'humour avec l'étiquetage « Frog » qu'il colle à des chercheurs anglais.
3. L'exemple est peut être mal choisi, Marie Curie était d'origine polonaise.

→(Il a ajouté une phrase optimiste : « *Nous devons savoir et nous saurons. Il n'y a pas de place en mathématiques pour l'ignorance » a-t-il ajouté*.) Nous sommes là du côté de Bacon : proposons des problèmes, nous finirons bien par trouver des solutions !

Des années plus tard, voilà qu'un groupe de super-cartésiens entreprend une rénovation totale des mathématiques. Il s'agit du groupe qui signe ses ouvrages sous le nom de Nicolas Bourbaki. La rigueur et la cohésion de ses publications a eu un effet très positif sur l'ensemble des mathématiques internationales.

Une question importante est la suivante : comment viennent les idées ? Yuri Manin[4] compare les deux voies ouvertes par Hilbert et Bourbaki. Pour lui, la voie hilbertienne qui consiste à poser des problèmes aux mathématiciens n'est pas la plus enrichissante ; la résolution des problèmes se fait souvent en utilisant des vieilles idées de façon nouvelle. Il affirme que les avancées les plus importantes viennent de programmes de recherche et non de la résolution de vieux problèmes par des individus, même très doués. Toujours selon Yuri Manin, le collectif N. Bourbaki a induit bien des idées qui ont émergé au cours du XX^e siècle. Il en est de même du programme de Langlands qui tente d'unifier la théorie des nombres et la géométrie, et dont proviennent de nombreuses idées nouvelles. Le sujet est très porteur, il suffit de citer en France Laurent Lafforgue, Bao-chau Ngo et leur patron Gérard Laumon. Yuri Manin préfère nettement les pionniers qui ouvrent de nouveaux programmes de recherche.

Dans cette classification, comment se place un phénomène comme Poincaré ? Dans son étude du problème des 3 corps, il avait « oublié » le cas chaotique. En tentant de réparer son erreur, il a fourni un outillage remarquable. Plus tard, J. A. Dieudonné sera ébloui par la richesse de l'œuvre de Poincaré. Chaque page, dit-il, expose des idées nouvelles, de quoi faire travailler des générations de mathématiciens ! Dieudonné était un homme de convictions, pas toujours fin diplomate, je pourrais raconter plusieurs *anecdotes à son sujet*. Quant à Ivar Ekeland[5] il écrira : *Ainsi, les théories modernes du chaos et de la complexité trouvent dans ces écrits une mine de méthodes et d'idées, une source inépuisable d'inspiration*.

Comment se place un phénomène d'un autre genre, J.L.Lions, dans cette classification ? Rappelons qu'en gros, il a écrit 20 livres, 500 articles et qu'il a formé au moins 50 élèves proches. De plus, il a diffusé dans le monde entier les connaissances les plus récentes en mathématiques appliquées. Ajoutons qu'il a présidé de nombreuses institutions scientifiques françaises et étrangères. C'est un programme à lui tout seul !

L'envol des équations aux dérivées partielles

A la suite de von Neumann, la résolution numérique des équations aux dérivées partielles avança grâce à la méthode des différences finies, méthode assez sommaire, mais elle mit en relief plusieurs notions inédites alors comme la consistance, la stabilité, la convergence et aussi la régularisation. En 1949, von Neumann et Richtmyer publient un article[6] culte sur une technique numérique pour calculer les chocs et les écoulements compressibles. Ils savent déjà introduire des termes dissipatifs pour étaler les chocs, ils se familiarisent avec les couches limites et le lissage des discontinuités. Peter Lax fera lui aussi des pas décisifs.

Cependant, il y avait des limites à ces méthodes. En fait, il manquait un ingrédient théorique pour pouvoir aller plus loin. Les travaux sur les distributions de Laurent Schwartz (travaux de 1944, 1^{ère} médaille française en 1950) vont fournir l'outil essentiel : les distributions. Ensuite, très rapidement, Sergei Lvovich Sobolev va créer ses fameux espaces. Tout est prêt pour que les élèves de Schwartz, J.L Lions et B. Malgrange s'engouffrent dans la brèche ouverte. Ils sont très amis tout en ayant des

4. Yuri Manin : Mathematics as Metaphor, Hardback, 2008. Yuri Manin est mathématicien, membre associé étranger de l'Académie des sciences. De nombreux commentaires sur cet ouvrage figurent dans l'article de Dyson.
5. Ivar Ekeland, *Le Chaos*, Le Pommier, Paris, 2006.
6 J. Von Neumann, R. D. Richtmyer A method for the numerical calculations of hydrodynamical shocks J. Appl. Phys. 21,p. 232 (1950).

sensibilités différentes, l'un tient plutôt de Fourier et l'autre de Jacobi. Chacun suivra un chemin différent après la thèse.

Quoi qu'il en soit, la formulation variationnelle des problèmes aux limites va avoir de beaux jours devant elle.

Pour se rendre compte de la nouveauté, regardons un problème ultra simple, celui de Neumann :

On cherche une « fonction » u dans un ouvert Ω de frontière Γ, vérifiant :

$-\Delta u + u = f$ dans Ω

$\delta u/\delta n = g$ sur Γ

Si on multiplie la première équation et on fait une intégration par parties dans Ω, on arrive à :

$\iint (\text{grad } u.\text{grad } v + u.v)\, dx = \iint f.v\, dx + \int g.v\, ds$ pour tout v…

Cette formulation présente bien des avantages :
- u et v jouent un rôle de même nature, on pourra choisir les espaces dans lesquels se trouvent ces « fonctions ».
- Les dérivées secondes disparaissent au profit des dérivées premières sur et u et v.
- La dérivée normale est implicite.
- On peut compliquer à l'extrême, d'un coté, en insérant des *coefficients* a_{ij} dans les opérateurs de dérivation et d'un autre coté, en introduisant des *géométries* complexes.

C'est une affaire qui commence gentiment avec la formule de Green et qui va se compliquer de plus en plus.

Le schéma initial est donc de la forme :

On cherche $u \in V$ tel que $a(u,v) = L(v)$ pour tout $v \in V$

Approximation variationnelle des problèmes aux limites elliptiques

La richesse de cette formulation va se retrouver dans l'approximation numérique de la solution, *le sujet de ma thèse* (publiée aux Annales de l'Institut Fourier en 1964). Le schéma numérique approché sera de même nature, à ceci près qu'on va introduire un paramètre h destiné à tendre vers zéro.

On cherche $u_h \in V_h$ tel que $a_h(u_h,v_h) = L_h(v_h)$ pour tout $v_h \in V_h$

Naturellement, il faut introduire un lien entre les espaces V et V_h, cela se fera via deux opérateurs (prolongement et restriction) : p_h et r_h .

Il n'y a plus qu'à trouver les bonnes constructions de tous ces éléments. Naturellement, nous allons ici aussi être confronté à la consistance, la stabilité, la convergence, la régularisation…

On va trianguler le domaine Ω, il devient la réunion de petits sous-domaines Ω_i , ensuite on va définir localement des fonctions, qui se raccordent globalement afin d'avoir une certaine régularité. Les équations globales dans Ω se feront par une superposition des équations locales dans Ω_i, c'est ce que j'avais appelé dans ma thèse la formation progressive des équations. On retrouve un principe des variations qui nous permet de travailler en local. La programmation se trouve simplifiée, il suffit de faire le travail sur un triangle, par exemple, et de répéter ça.

→ *Pendant des années, ce formalisme va servir de modèle pour de nombreuses applications ; on augmentera la complexité des problèmes* :
- Problèmes aux limites, linéaires, non linéaires, évolutifs
- Instabilités, inéquations, homogénéisation
- Théorie du contrôle et en particulier celui des formes optimales…

La préhistoire en France
- *Grenoble* : J. Kuntzmann, encouragé par Louis Néel, a créé dès 1951 un laboratoire de calcul, c'était un pionnier. Il s'est intéressé très tôt aux méthodes numériques et à l'informatique. Son rôle à Grenoble a été crucial. Après lui viendront des hommes comme Gastinel en Analyse numérique, Bolliet et Vauquois en informatique.
- *Toulouse* : les méthodes numériques viendront des physiciens Emile Durand et Michel Laudet. Des informaticiens se grefferont aux numériciens.

- *Nancy* : dans les années 50, Jean Legras, mathématicien (mécanique rationnelle) lancera le calcul numérique puis l'informatique à Nancy. Il aura fort à faire avec Nicolas Bourbaki.
- *Paris* : René de Possel (bourbakiste original !) a été le directeur de l'Institut Blaise Pascal du CNRS en 1962. Il a enseigné l'analyse numérique à ses débuts.
- Et puis, J.L. Lions va arriver à Paris en 1963. Le domaine sur lequel il travaille est extrêmement porteur, il va conduire à un bouleversement mondial des mathématiques appliquées.

Curieux destin pour des anciens élèves de l'Ecole Normale Supérieure comme Kuntzmann, Legras, de Possel et Lions !

Colloque d'analyse numérique

En ces temps-là, les relations entre les diverses écuries n'étaient pas particulièrement chaleureuses. Cela m'a conduit à créer le colloque d'analyse numérique. La première réunion a eu lieu à Paimpol en 1967, ce fût un vrai succès, nous avons bénéficié d'une semaine ensoleillée. Le grand Sobolev était présent et nous effrayait par sa connaissance de l'histoire de France. Dans ce colloque, toute personne qui voulait parler pouvait le faire… à ses risques et périls ! Ce colloque fondateur a beaucoup fait pour améliorer les relations entre les mathématiciens appliqués français. Le colloque de 1968 sera organisé par les Grenoblois et… reporté à l'année suivante !

La programmation de la recherche et le hasard

La programmation de la recherche est un art difficile. Donnons un exemple : du temps où la bougie était la principale source d'éclairage, que devait faire un décideur pour améliorer la situation ? Financer des recherches sur de nouvelles bougies plus efficaces ou bien investir dans d'autres voies ? Edouard Brézin (Président de l'Académie des sciences) nous fait remarquer que l'électricité n'a pas été découverte en cherchant à perfectionner les bougies. Et pourtant, une découverte fondamentale comme celle de l'électricité est imprévisible. On est donc conduit à engager des investissements sans savoir quels en seront les résultats. Cruel et coûteux dilemme !

Le hasard ouvre souvent de nouvelles voies de recherches :

- Yves Meyer raconte qu'il a eu accès aux ondelettes autour d'une photocopieuse qu'il partageait avec le département de physique théorique de l'Ecole Polytechnique. Après des rencontres avec les spécialistes du sujet, il clarifie le procédé et définit une structure mathématique pour ces ondelettes. La technique va accélérer considérablement les temps de calcul, les applications sont nombreuses, en particulier dans les compressions de données.
- C'était il y a bien longtemps, nous nous trouvions Noël Gastinel[7] et moi dans un des ces restaurants toulousains où il fait bon déjeuner en plein air sur un beau trottoir d'une large avenue. L'après-midi, nous devions nous rendre à l'Université Paul Sabatier pour participer à l'évaluation d'un de ses laboratoires, associé au CNRS. Le repas tirait à sa fin lorsque Gastinel se mit à griffonner sur la nappe en papier un dessin assez approximatif en devenant passablement excité. C'était une habitude chez lui de parler avec passion de ce qu'il aimait, et en particulier des mathématiques. Il tenait à me soumettre un problème que des collègues physiciens de Grenoble lui avaient posé. Il allait orienter ma recherche et celle de mon équipe pendant des années dans la conception optimale de forme. Aujourd'hui, ce sujet occupe de très nombreux chercheurs de par le monde. Sur Google, une recherche des pages qui contiennent « Conception optimale de forme » conduit à **1.950** publications ; la recherche en anglais « Shape optimal design » mène à **30.200** résultats. De quoi s'agit-il ? Il s'agit d'un problème de contrôle (ou d'identification), avec une forme, une géométrie pour contrôle.
  Cette nouvelle direction de recherche confortait mes préoccupations de l'époque sur les méthodes d'optimisation basées sur la dualité.

Il est bien difficile de programmer l'imprévisible! La tentation est grande pour les politiques de se décharger de la recherche fondamentale sur le dos d'autres pays pour consacrer les investissements

7. Noël Gastinel était professeur de mathématiques à l'université de Grenoble, il nous a quitté victime d'une longue maladie.

sur les applications. C'est méconnaître le fonctionnement du transfert des connaissances et négliger les apports d'une proximité entre développeurs et chercheurs.

Informatique

Très tôt, j'ai compris que l'informatique allait conduire à un développement explosif des sciences, plus particulièrement des mathématiques. Pourquoi ce « particulièrement » ? Tout simplement parce que les mathématiques sont transverses aux autres sciences ; dès qu'un chercheur veut quantifier quelque chose ou décrire un processus, il va déboucher sur une modélisation mathématique. Les mathématiques peuvent aussi prendre en compte des questions qualitatives via l'analyse de données, les statistiques, les fractales...

Plus, un chercheur qui ne disposerait pas de moyens de calculs convenables aurait un handicap. Je n'ai aucun mérite à cela puisque dans ma thèse j'avais déjà traité des exemples sur ordinateur : une vieille IBM 704, fleuron du CNRS à Paris, à la rue du Maroc. Cette machine faisait **5.000 opérations** en virgule flottante par seconde. Elle utilisait une mémoire à tores de ferrite de **32.768 mots de 36 bits**. Elle était très fiable et ne tombait en panne qu'une fois par semaine (Cf. Wikipedia). Chose surprenante, elle disposait d'un Fortran en français ! J'ai pu traiter avec cette machine des problèmes de 2.000 équations à 2.000 inconnues.

→L'accouchement de l'informatique a été douloureux dans notre pays. Dans les universités, nous avons heureusement bénéficié de Kuntzman à Grenoble qui a senti le vent venir. Il a créé les structures qu'il fallait et Grenoble s'est développée. A un degré moindre, Toulouse s'est lancée dans l'aventure autour de physiciens intéressés par le calcul numérique. Puis, Paris a eu son Institut Blaise Pascal (avec De Possel, un ancien Bourbakiste) pour la recherche et son Institut de programmation avec Arsac.

A Paris, les physiciens et mathématiciens freinaient les créations d'enseignements en informatique, puis sous la poussée de la demande, il a fallu ouvrir ces enseignements par des recrutements massifs, en même temps ! Ce n'était pas la bonne manière !

Parallèlement, l'informatique s'est développée dans plusieurs écoles d'ingénieurs : X, Mines, Ponts, Télécom… Puis Laurent Schwartz invitera les polytechniciens à aller se former aux USA. Plusieurs d'entre eux reviendront après une formation de haut niveau en informatique, comme par exemple, Gilles Kahn qui a passé de nombreuses années à l'Inria Sophia.

Donc, les débuts de l'informatique ont été très difficiles. Une anecdote : en 1975, j'ai été invité à faire un cours au Tata Institute (Bombay puis Bangalore), j'ai rencontré le Directeur Ramanathan, je lui demande où est l'informatique, il me répond qu'il y a un certain temps, un grand mathématicien français lui avait conseillé de confier l'informatique aux physiciens !

Pour ma part, à Rennes avant de partir pour Nice, j'ai obtenu 7 postes pour l'Université et 3 pour l'INSA, dont 3 postes de professeurs. Il faut dire que la situation était très favorable, le gouvernement voulait développer la Bretagne avec le CNES à Pleumeur Bodou, le Celar à Rennes. Sur les conseils de J.J. Duby (un major de l'ENS qui est passé directement chez IBM), j'ai dû aller chercher des français émigrés au Canada, tous anciens grenoblois.

A Nice, la situation était peu brillante. Le matériel était insuffisant, il n'y avait pas assez d'enseignants pour satisfaire la demande. A coté de mes cours de maths, j'ai enseigné la théorie des langages, la compilation, la théorie des systèmes. Pour cela, j'ai du suivre des écoles d'été avec les informaticiens.

Et puis, j'ai fini par créer l'ESSI à Sophia Antipolis. Mon intention initiale était de créer un *ingéniorat de mathématiques*, j'en ai parlé au département de mathématiques dès 1976, sans succès. Je tiens à signaler le courage de J.C. Boussard qui a accepté de saborder la licence et maitrise d'informatique pour les enseignements qui allaient conduire à l'ESSI. Comme je l'avais prévu, deux ans après, on pouvait de nouveau ouvrir cette licence puis la maitrise !

Sur le plan national, j'ai fait partie de la commission nationale de l'informatique (MEN et CNRS) puis je l'ai présidée pendant des années. Le combat a été rude avec les porte-drapeaux de l'informatique française ! Je suis assez content d'avoir œuvré avec d'autres pour extorquer au ministère les 50 VAX

pour la recherche et d'avoir redessiné les centres de ressources informatiques (le personnel que certains voulaient récupérer…).
→De plus, comme je disposais d'un gros budget, j'ai pu financer à ma demande et à titre expérimental les 2 premiers journaux électroniques français.

Quant à l'informatique industrielle, de plan calcul en plan tout court, ce sera une suite d'échecs, un désastre financier qui a couté très cher aux Français ! Nous avons gâché la réalisation d'ordinateurs à tous les niveaux. De plus, le ministère a financé aussi des communications extrêmement chères. Il est difficile de trouver les raisons de ces échecs, plusieurs pistes pour l'expliquer : le marché français était trop petit, la situation de porte-drapeau donne une place sans contre-pouvoir, l'entreprise ne craint rien, elle peut se laisser aller. En fait, les situations de monopoles sont malsaines, surtout s'il s'agit d'un monopole d'état ; un exemple de situation : à qui se plaindre si la maintenance est mauvaise ? Cette question est encore plus importante en informatique car la technologie y est très évolutive et l'entreprise peut faire des mauvais choix. Il serait intéressant que les historiens et les économistes comparent nos échecs en informatique et nos succès dans l'aéronautique (Airbus, Ariane…), les trains à grande vitesse, les automobiles…
La seule réussite du plan calcul a été l'Inria (Iria en 1963 puis Inria en 1979)

Autres activités
- Direction du département
- Direction de l'UER
- Direction du Comité Consultatif des Universités, section 18
- Création et direction du laboratoire
- Création et direction du Cimpa
- Création et direction de l'ESSI
- Consultant (gratuit) de la chambre de commerce pour attirer des entreprises étrangères sur la Cote d'Azur…

Et puis, j'ai fortement participé à la création de deux écoles d'informatique en Tunisie vers les années 70 (youpie !).

Amis perdus (en cours de route)
Martineau : un homme pondéré, intelligent avec qui j'ai partagé un bureau.
Goulaouic, l'ami avec qui je passais mes vacances.
Morgenstern, l'ami qui m'avait si bien accueilli à mon arrivée à Nice, un personnage à l'humour ravageur.
Grisvard, pédagogue et chercheur remarquable, la clarté absolue.
Kahn un informaticien lumineux.
Et puis mon cher patron, JL Lions.
Je ne puis oublier Denis Gerll, inconnu peut-être à Nice, mais bien connu parmi les médaillés Fields parisiens. Professeur d'une terminale spéciale au Lycée Louis Legrand, il a formé un grand nombre de futurs mathématiciens dont des médaillés. Pour ses 95 ans, il y avait du beau monde à une réunion à l'IHP en son honneur. Trois mois plus tard, il décédait, Jean-Christophe Yoccoz fit un discours émouvant. J'ai eu la chance de l'avoir eu comme professeur à l'ENI. Je lui dois d'avoir continué mes études.

Réflexions
- Un laboratoire de recherche se doit de définir une politique de recherche : quand je suis arrivé à Nice, je croyais que je venais pour développer une nouvelle branche des mathématiques avec une équipe autour de moi. Erreur, on me voulait moi et moi tout seul ! J'ai bien failli quitter Nice plusieurs fois, d'ailleurs J.L. Lions m'avait annoncé que je ne resterai que deux années à Nice. Je pense qu'un laboratoire doit définir sa politique pour plusieurs années. Cela évite des pertes de temps bien inutiles. J'invite mes collègues à voir de près l'organisation interne de l'Inria, par exemple.

- Je suis convaincu que le *recrutement local* est néfaste pour le patron, pour les élèves et pour le laboratoire. Je prends l'exemple de Mohamed Masmoudi : s'il était resté à Nice il n'aurait pas pu se développer comme il l'a fait à Toulouse.
- L'avenir appartient à la *multidisciplinarité*, dans ces conditions, on pourrait imaginer :
    - Des licences avec moitié du temps pour la culture, moitié du temps pour la profession.
    - La création à Nice d'un mastère en Mathématiques et Biologie : les deux laboratoires sur lesquels pourrait s'appuyer ce mastère sont de qualité internationale.

Table