



Entretien avec Michel Raynal

réalisé par Benjamin Thierry¹

Michel Raynal² est membre senior de l'Institut universitaire de France (IUF) et membre de Academia Europaea. Il est professeur à l'IRISA (université de Rennes), et titulaire de la chaire « Distributed Algorithms » de l'université polytechnique de Hong Kong (PolyU). Il est l'un des grands spécialistes de l'algorithmique distribuée. Outre son parcours universitaire brillant aux reconnaissances multiples, Michel Raynal est également un enseignant-chercheur au plein sens du terme. En tant qu'enseignant, il ne cesse de penser sa discipline et la place de l'université dans la recherche mondialisée du XXI^e siècle. Comme chercheur, il s'interroge également sur les rythmes qu'il convient de donner à une activité aujourd'hui pratiquée à la fois dans les laboratoires publics et les entreprises.

Benjamin Thierry³

Benjamin Thierry : *Commençons, si vous le voulez bien, par votre parcours. D'où venez-vous ?*

Michel Raynal : Je viens d'un petit village du Sud-Ouest de la France. Nous étions en pleine époque gaulliste, le pays était en expansion et nous n'avions pas les mêmes problèmes qu'aujourd'hui. Il s'agissait alors de gérer la croissance, ce qui a permis à pas mal de jeunes (dont moi) d'obtenir des bourses du gouvernement pour leurs études secondaires puis supérieures.

1. Benjamin Thierry, université Paris-Sorbonne.

2. Professeur d'informatique à l'université de Rennes et membre senior de l'Institut universitaire de France.

3. Entretien co-publié avec la revue *Technique et science informatiques* (TSI). <https://tsi.revuesonline.com/article.jsp?articleId=39253>

Par certains côtés, je crois que j'ai eu de la chance. Il se trouvait que Jean Fourastié⁴, qui était professeur au Conservatoire national des arts et métiers, venait tous les ans passer ses vacances dans le village. Il s'était lié d'amitié avec mes parents (qui n'avaient pas fait d'études) et leur a un jour expliqué que « le petit », lui, devait en faire. Je dois beaucoup à cet homme. J'ai fait mes études secondaires dans un collège religieux où j'ai eu la chance d'avoir d'excellents professeurs. Notamment en mathématiques et français, avec des enseignants qui m'ont fait aimer leur discipline (faire aimer les auteurs du dix-huitième siècle, et surtout Voltaire, n'est pas courant dans une institution religieuse). J'ai fait des études donc essentiellement littéraires avec latin, grec et italien, qui se sont concrétisées par un baccalauréat scientifique suivi d'un baccalauréat littéraire.

Je suis ensuite entré en classes préparatoires (Lycée Fermat à Toulouse) où j'ai découvert que j'y étais le seul fils d'agriculteur. J'étais très bon en mathématiques, mais le fait de n'avoir jamais fait d'anglais constituait un lourd handicap. Je me suis rendu compte que, bien que major de ma promotion en mathématiques, certaines grandes écoles m'étaient fermées du fait de cette lacune. Suite au conseil d'un enseignant de Math-Spé, j'ai candidaté dans les INSA⁵. Pris dans les trois INSA de l'époque (Rennes, Toulouse, Lyon), j'ai porté mon choix sur Rennes où j'ai choisi l'option Informatique avec une totale ignorance de ce que signifiait ce mot, mais le mot ressemblait tant à « mathématiques »...

B. T. : *Et quel était le programme, au début des années 1970, en informatique ?*

M. R. : J'ai eu deux enseignants formidables : Trilling et Verjus⁶. Ils venaient de Grenoble et, suite à une période nord-américaine, ont décidé de créer à Rennes un véritable enseignement d'informatique. Jean-Pierre Verjus, qui a participé à la création de l'IRISA⁷, a été mon directeur de thèse. À cette époque-là l'informatique se résumait grossièrement à l'étude des algorithmes, des langages et des systèmes d'exploitation. L'informatique se définissait et donc s'étudiait elle-même.

B. T. : *Sur quoi a porté votre thèse ?*

4. Économiste français de renom, on doit à Jean Fourastié quelques réflexions qui ont marqué l'après-guerre et notamment l'expression « Trente Glorieuses » (Les Trente Glorieuses, ou la révolution invisible de 1946 à 1975, Paris, Fayard, 1979, 300 p.). Le village qui sert de support à l'analyse faite par Jean Fourastié dans son ouvrage est mon village natal. Le lecteur pourra aussi consulter les pages 1 et 20-21 du n° 20161 du journal *le Monde* (daté du 19/11/2009) où il trouvera un article qui jette un regard sur ce même village trente ans après les « Trente Glorieuses ».

5. Instituts nationaux des sciences appliquées fondés en 1957 pour combler le manque d'ingénieurs et de techniciens dans la France en reconstruction. Le premier d'entre eux est fondé à Lyon en 1957, suivi par Toulouse en 1963 puis Rennes en 1966.

6. Laurent Trilling et Jean-Pierre Verjus. Voir GRISSET Pascal & BELTRAN Alain, Histoire d'un pionnier de l'informatique. 40 ans de recherches à l'Inria, EDP Sciences, Paris, 2007, 287 p.

7. Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires fondé en 1975 après création du Centre inter-universitaire de calcul en 1970.

M. R. : Laurent Trilling travaillait sur les langages (il a été le premier à produire un compilateur pour une version complète du langage Algol 68) et Jean-Pierre Verjus sur les systèmes. En thèse, avec deux autres collègues (D. Herman et Y. Bekkers), notre but était de faire un système d'exploitation conversationnel offrant un langage de haut niveau (Algol 68) comme interface à ses utilisateurs (cette approche a ensuite été connue sous le nom « machine-langage »). Ma thèse a débouché sur la réalisation du système d'exploitation appelé SAR (Système Algol de Rennes⁸).

Sur le plan de la méthodologie de la recherche, on travaillait tous ensemble de façon un peu anarchique. Cela était rendu possible, mais aussi créatif et efficace, par le fait que nous n'étions pas nombreux dans le laboratoire : une douzaine de personnes ce qui n'a rien à voir avec la situation d'aujourd'hui où certains laboratoires dépassent 500 personnes. Les temps ont changé, la gestion de la recherche et des chercheurs aussi...

B. T. : *SAR : un projet qui n'oublie pas de mentionner dans son nom son origine géographique !*

M. R. : Bien entendu. Du reste, quand des plus jeunes que moi me demandent « quel nom doit-on donner à notre équipe ou à notre projet de recherche ? », je leur livre deux secrets. Il faut choisir un nom « efficace » au sens où il se prononce facilement et de la même manière en français et en anglais. Mais il faut aussi que le nom n'ait rien à voir avec la thématique sur laquelle on travaille ; on peut ainsi infléchir ou même changer de direction de recherche sans devoir changer le nom de l'équipe ou du projet (c'est-à-dire sans remise à zéro systématique de la notoriété acquise par les travaux précédents).

B. T. : *Quel était l'objectif du projet SAR ?*

M. R. : Comme déjà indiqué, l'objectif était de faire un système conversationnel à une époque où on interagissait avec l'ordinateur par télétypes. On se préoccupait donc de tout ce qui se trouvait entre le hardware et l'utilisateur. Le système tournait sur l'ordinateur CII 10070 sur lequel on a passé des nuits entières ! C'était une machine qui a marqué pas mal de personnes de ma génération.

Le concept de machine-langage était peut être trop en avance dans les années 1973-1975. Toutefois au niveau de la formation ce fut excellent car il préfigurait ce que l'on appelle aujourd'hui les « machines virtuelles ».

B. T. : *Aviez-vous des influences étrangères ? Quels liens aviez-vous avec les États-Unis ?*

8. Sur la programmation à Rennes et Algol en particulier, se reporter à ANDRÉ Jacques, Préhistoire de l'informatique à l'université de Rennes. Des origines au Général de Gaulle, in Actes du Septième Colloque sur l'Histoire de l'Informatique et des Transmissions, Éd. IRISA/INRIA-Rennes, Rennes, 2004, p. 228-236.

M. R. : À l'époque, rien du tout. À tel point que je ne me suis mis à l'anglais qu'à la fin de ma thèse ! Par rapport à un certain milieu « parisien », on ne connaissait pas les règles du jeu. La maîtrise de l'anglais en faisait partie.

B. T. : *Les contacts sont donc franco-français ?*

M. R. : Oui. On allait de temps en temps à Rocquencourt⁹. J'ai d'ailleurs été payé à une époque par des contrats du Sesori¹⁰ (IRIA). À Rennes, l'IRIA s'était décentralisé sur volonté ministérielle. Les rapports avec l'IRIA étaient bons, mais peu soutenus. On collaborait de temps en temps avec Sacha Krakowiak, Jean Ferrié, et Claude Kaiser de l'équipe ESOPE¹¹.

À cette époque, j'avais essayé de repousser le service militaire au maximum pour essayer de passer entre les mailles du filet. Cela n'a pas marché... et j'ai donc fait mon service militaire. Après un mois de classes à faire des marches nocturnes dans un régiment semi-disciplinaire à Nîmes, j'ai passé onze mois comme appelé scientifique à la CII de Grenoble. J'y ai découvert des domaines scientifiques que j'ignorais comme celui des bases de données. Comme je n'avais pas grand-chose à faire, j'en ai profité pour suivre des cours de DEA qui, à l'époque, n'existaient pas à Rennes. Pour des raisons de survie matérielle, j'ai commencé à donner des cours dans le cadre de la formation continue tous les samedis matin, ce qui fut une expérience initiatique très enrichissante.

Revenu à Rennes après mon service militaire en 1976, toujours financé par le Sesori (IRIA), j'ai travaillé sur les langages de programmation en tant que tels, notamment sur la notion nouvelle à l'époque appelée type abstrait. Nous avons défini et implémenté un langage incluant les types abstraits, et nous nous sommes rendus compte *a posteriori* que nous étions parmi les premiers à le faire. On était du niveau de ce qui se faisait de mieux de l'autre côté de l'Atlantique.

Les types abstraits s'intègrent à la sphère des langages impératifs. L'idée est de réfléchir à la programmation modulaire (savoir décomposer l'activité de programmation en modules réutilisables), le tout pouvant être compris par un compilateur. (L'idée était aussi de faire faire au compilateur de plus en plus de choses comme des vérifications sémantiques. Par exemple, un compilateur qui serait capable de dire « attention, vous sortez des bornes du tableau ».) En fait ce type de recherche était dans les prémisses de ce que l'on nomme aujourd'hui « génie logiciel ».

9. Siège de l'IRIA, futur Inria

10. L'IRIA était constitué de plusieurs composantes dont le Sesori (Service de synthèse et d'orientation de la recherche en informatique). Sa composante la plus visible était le Laboria (Laboratoire de recherche de l'IRIA).

11. Betourné C., Ferrié J., Kaiser C., Krakowiak S., et Mossière J. (2004), « ESOPE : une étape de la recherche française en systèmes d'exploitation (1968-72) », in VIIe colloque sur l'Histoire de l'Informatique et des Télécommunications (Cesson-Rennes novembre 2004), Éditions IRISA/Inria-Rennes, pp. 173-198.

C'est ce type de problèmes qui a constitué le cœur de ma thèse d'État soutenue en 1981¹². Et à cette époque une des procédures de promotion à l'IRIA était la suivante : si on veut devenir Directeur de Recherche on commence d'abord par quitter l'Institut pour aller se constituer une expérience ailleurs.

B. T. : *Ça correspond à la mission « d'essaiage » de l'IRIA...*

M. R. : Exactement. Beaucoup de mes collègues se sont donc tournés vers des postes à l'université. Moi, je suis parti à l'ENST de Brest nouvellement créée¹³. Mon activité principale a constitué en la création du département d'informatique en 1981 que j'ai dirigé jusqu'en 1984. J'ai passé mon temps à définir des contenus d'enseignement, à recruter des vacataires, etc. Je n'étais pas du tout formé à tout cela, mais on apprend sur le tas, et tout n'est pas toujours compliqué. J'ai ensuite occupé un poste de conseiller scientifique au CNET de 1984 à 1988, ce qui m'a permis de mieux comprendre les liens forts qui existent entre l'informatique et les télécommunications.

C'est en 1984 que j'ai décidé de candidater à l'université. Je suis revenu à cette occasion à Rennes sur un poste de professeur. Grâce à l'IRIA, Rennes était partie sur une dynamique bénéfique de recherche. J'ai alors décidé de créer à l'IRISA une équipe de recherche sur les algorithmes distribués.

B. T. : *Sujet qui vous occupe toujours aujourd'hui.*

M. R. : Tout à fait. J'ai choisi ce domaine parce que je me suis dit que si j'allais vers des domaines trop appliqués, je risquais d'être mangé par les applications ! Je pense que l'université a une mission, une mission dans laquelle recherche et enseignement sont intimement liés, voire même indissociables comme les deux faces d'une pièce de monnaie. Dans n'importe quelle université dans le monde, je me sens chez moi : on a les mêmes préoccupations quel que soit le domaine de recherche ou la langue.

À un moment donné j'avais deux thésards, qui après avoir soutenu, étaient candidats, l'un (appelons-le A) sur un poste de maître de conférences, l'autre (appelons-le B) sur un poste de chercheur « à temps plein ». Lors d'une conversation B a demandé à A : « pourquoi ne candidates-tu pas sur le poste de chercheur à temps plein ? » (sous-entendu : « pourquoi restreindre ton temps de recherche avec une charge d'enseignement »). A a réfléchi quelques instants puis lui a répondu : « Écoute, il y a mille ans, il y avait déjà des universités ; dans mille ans, il y en aura encore. Les organismes de recherche avec des chercheurs à temps plein, je ne sais pas... » Qu'est-ce que cela voulait dire ? Que, quand on est « universitaire », il y a un esprit de corps au sens

12. Thèse de Doctorat d'État.

13. École nationale supérieure des télécommunications de Bretagne (ENSTB) fondée en 1977, devenue en 2016 École nationale supérieure Mines-Télécom Atlantique Bretagne Pays de la Loire après sa fusion avec l'École nationale supérieure des mines de Nantes.

positif du terme, une solidarité, une tradition et une histoire, un partage de valeurs qui n'est lié ni à la géographie, ni aux données économiques du moment, une logique d'échanges et de connaissance avec les collègues et les étudiants (et non une logique de seule compétitivité économique), qu'il y a une mission également, et que tout cela s'inscrit dans un temps long de la vie d'une communauté. Voilà pourquoi je me sens profondément « universitaire » beaucoup plus que « chercheur à mi-temps » doublé d'un « enseignant à mi-temps » (ou vice-versa) qui n'en sont que ses projections uni-directionnelles.

La recherche est la raison d'être et l'essence même des universités. Pourquoi ? Quand on fait de la recherche, quel que soit le niveau auquel on en fait et même si on n'est pas soi-même l'un des meilleurs, le fait d'en faire permet de savoir ce qui se fait de mieux dans sa discipline. On essaie d'en faire autant, on y arrive ou on n'y arrive pas (cela est secondaire), mais on sait au moins se situer, et on connaît son champ. On le percole ensuite. Le résultat est le suivant. Prenons un cours que l'on fait, par exemple en Master. De chaque année à la suivante on y change quelques détails (ou plus). Parfois pas grand-chose, mais tous ces détails mis bout à bout font qu'au bout de quelques années, les connaissances passées dans l'industrie au travers des étudiants créent de petites révolutions industrielles. Ce sont eux qui amènent les idées, méthodes et concepts nouveaux qui fécondent l'industrie et favorisent les innovations.

Notre impact majeur sur la société et sur l'industrie passe par nos diplômés. C'est d'ailleurs ce que j'explique aux étudiants qui ne veulent plus aujourd'hui que des cours appliqués. Quand je leur fais un cours d'algorithmique, certains me demandent parfois « à quoi ça sert ? C'est certainement dans une bibliothèque de logiciels ». Une réponse simple consiste à leur répondre qu'il faut connaître les bases de sa discipline pour ne pas être jeté à la poubelle avec la technologie qu'on maîtrise quand cette dernière sera dépassée.

B. T. : *Les étudiants le comprennent ?*

M. R. : Oui, pour la majorité d'entre eux. Cela dépend aussi du niveau. Dans le cadre des enseignements optionnels de Master, ceux qui viennent sont intéressés.

Au niveau de la licence, les étudiants ont moins de recul, et dépendent souvent du contexte médiatico-économico-culturel que leur offre la société. J'ai enseigné pendant plus de vingt ans l'algorithmique séquentielle en troisième année de licence. Les premières années durant lesquelles je l'ai enseignée, les étudiants considéraient que ce cours était l'un des cours centraux de la discipline informatique. Quand j'ai cessé de l'enseigner vingt ans plus tard, les étudiants le qualifiaient de « théorique ». Dans leur perception des choses, la dimension applicative avait gagné sur l'étude des fondements de la discipline, et c'était la seule « vraiment » importante. Ils se tirent ainsi une balle dans le pied, et se créent un handicap pour le futur. Ceci me

rappelle la réponse célèbre de C.A.R. Hoare¹⁴, à qui on demandait son point de vue sur l'évolution des langages de programmation. Celui-ci avait répondu « oh, vous savez, les langages de la famille Algol avaient au moins vingt ans d'avance sur la plupart de leurs successeurs... ».

L'innovation par Michel Raynal¹⁵

Il y a des tas d'innovations qui ne sortent pas des laboratoires de recherche. De plus, toute recherche ne conduit pas nécessairement à une innovation visible par le grand public, et certains résultats de recherche ne rencontrent des applications que longtemps après avoir été trouvés (le laser et le verre tactile en sont des exemples intéressants). L'innovation provient le plus souvent d'un ingénieur (bien formé!) qui allie compétence scientifique et un goût prononcé pour la manipulation d'outils technologiques avancés. En clair, le mot innovation ne traduit souvent chez certaines personnes qu'une « mauvaise compréhension » (volontaire ?) de ce qu'est la recherche. Il semble malheureusement participer (avec son faux-frère le mot « excellence ») de la novlangue réductrice qui constitue la langue maternelle de certains décideurs du financement de la recherche, ce qui leur permet de diriger la recherche vers le court terme.

« Une science uniquement faite en vue des applications est impossible ; les vérités ne sont fécondes que si elles sont enchainées les unes aux autres. Si l'on s'attache seulement à celles dont on attend un résultat immédiat, les anneaux intermédiaires manqueront et il n'y aura plus de chaîne. »

Henri Poincaré, La Science et l'Hypothèse (1902).

B. T. : *L'algorithmique distribuée : de quoi s'agit-il ?*

M. R. : J'ai créé en 1985 une équipe Inria nommée « Algorithmes distribués et protocoles » (ADP). Cette équipe de recherche a été une des premières équipes dans le monde consacrée à cette thématique, et une des toutes premières en Europe.

Ce qui m'intéressait était les algorithmes distribués, mais j'avais mis le mot « protocoles » pour attirer les industriels. Dans le même temps, j'avais mené une réflexion

14. C.A.R. Hoare et un des grands noms de l'informatique. Il a participé à l'établissement de ses fondements, notamment en ce qui concerne les langages de programmation, la logique, et la synchronisation. Il a reçu le prix Turing en 1980. http://amturing.acm.org/award_winners/hoare_4622167.cfm

15. Réflexions désordonnées, 1024 – Bulletin de la société informatique de France, n° 9, novembre 2016, pp. 115-122.

qui me conduisait à penser que les systèmes d'exploitation en tant que tels (sujet sur lequel j'avais travaillé durant ma thèse) n'étaient plus un sujet de premier plan dans le cadre de la recherche académique (dont une des dimensions est le long terme). Ceux-ci commençaient à être bien maîtrisés et industrialisés. Or, comme juste indiqué, le temps de la recherche est un temps long qui doit s'intéresser à des sujets qui se comprennent et s'expriment sur la même échelle. Il m'est donc apparu que l'algorithmique distribuée était un bon exemple de ces domaines qui nécessitent des recherches fondamentales et appliquées de longue haleine.

Le calcul réparti (ou calcul distribué) est apparu au début des années 1980 lorsque s'est imposée la nécessité de prendre en compte les caractéristiques intrinsèques des calculs effectués par un ensemble d'entités qui concourent à un but commun (et sont donc obligées de communiquer et de coopérer) mais sont géographiquement (c'est-à-dire physiquement) dispersées. Il s'agit donc de résoudre un problème en termes d'entités coopérantes (processus, nœuds, capteurs, acteurs, agents, processeurs, etc.) telles que chaque entité n'a qu'une connaissance partielle des multiples paramètres d'entrée du problème à résoudre. L'asynchronisme du support matériel, la possibilité de défaillances de la part des entités de calcul ou du medium de communication sous-jacent, la mobilité des entités de calcul, etc. sont autant de facteurs qui créent de l'incertitude (non-déterminisme) qu'il est difficile et même parfois impossible de maîtriser, difficulté qui constitue le cœur de l'algorithmique distribuée.

À titre d'exemple de calcul réparti, on peut définir un avion comme un réseau local contrôlant un grand nombre de périphériques. Le système qui gère ce réseau n'est rien d'autre qu'un système réparti (c'est-à-dire un ensemble d'algorithmes distribués) tolérant les fautes. Comme les algorithmes répartis envahissent de plus en plus de champs applicatifs on pourrait multiplier les exemples à profusion. Il est aussi important de remarquer que les acteurs économiques tels que Amazon, Google et Facebook (pour ne citer que quelques-uns des plus connus) sont très actifs dans le domaine du calcul réparti et embauchent essentiellement des jeunes qui ont soutenu une thèse dans un domaine théorique du calcul réparti.

Le monde est distribué, et de plus en plus d'applications informatiques sont distribuées (il n'est que de penser aux systèmes pour les masses de données, aux capteurs, au « cloud », aux « blockchains », etc.). L'algorithmique distribuée est au centre de ces domaines applicatifs, et la connaissance de ses fondements est centrale pour qui veut comprendre et maîtriser les applications du futur qui seront distribuées et beaucoup plus complexes que les applications actuelles.

Il importe donc de savoir distinguer ce qui est faisable (décidable) de ce qui ne l'est pas, et lorsqu'un problème est solvable de connaître les meilleurs algorithmes qui le résolvent. Alors que ceci est bien connu pour le calcul séquentiel, il n'en est pas encore de même pour le calcul réparti. Répondre à ce type questions pour le calcul réparti n'a que peu à voir avec les réponses apportées à ces mêmes questions dans le domaine du calcul séquentiel. Les impossibilités ne sont pas de même nature.

Elles proviennent de l'effet combiné de l'asynchronisme et des défaillances et non de la puissance (en termes de calculabilité) de chacune des entités de calcul. C'est un domaine certes difficile, mais passionnant qui amène parfois à des réflexions qui débordent du cadre de l'informatique.

Maîtriser les fondements de sa discipline, permet de se situer et de faire la part des choses, à savoir distinguer le possible de ce qui ne l'est pas, ce qui est réalisable à coût raisonnable de ce qui ne l'est pas, et ne pas être dupes des effets médiatiques (qui comme beaucoup d'idées dans le vent ont souvent un destin de feuilles mortes). Cela devrait être un des objectifs premiers de tout enseignement universitaire.

B. T. : Ce sera je crois, le mot de la fin et une belle perspective à réfléchir maintenant que l'informatique est enseignée dans le secondaire. Michel Raynal, merci pour cet entretien.

