

# Un interview de Michel TALAGRAND

Propos recueillis par G. GODEFROY

**Comment et quand as-tu commencé à t'intéresser aux mathématiques ?**

J'ai eu la chance d'avoir des parents enseignants, qui ont pris soin de mon éducation scientifique dès mon plus jeune âge. J'étais abonné à *Science et Avenir* dès 7 ans (à la suite du lancement de Sputnik en octobre 1957) et cette lecture a déterminé un intérêt précoce pour la science. L'école avait joué pour ma famille un rôle d'ascenseur social. Mon grand-père était cheminot et vivait misérablement. Mais son fils – mon père – avait été remarqué par son instituteur, qui a su convaincre mon grand-père de faire tous les sacrifices nécessaires pour ne pas retirer cet élève exceptionnel de l'école. Mon grand-père l'a écouté, et l'élève fut le seul à obtenir la mention *Très Bien* au Baccalauréat de toute son académie, puis obtint l'agrégation de mathématiques, et un poste de professeur en classes préparatoires au Lycée du Parc à Lyon. C'est ainsi que mon père a pu me sauver une première fois, lors de l'entrée en classe de Sixième : j'ai pu en effet intégrer le Lycée du Parc malgré mon orthographe catastrophique ! Je ne me suis jamais d'ailleurs vraiment réconcilié avec l'orthographe, et je ne ressentais aucune motivation pour étudier ce que je percevais comme des règles arbitraires. Mais n'est-il pas injuste d'avoir *toujours* eu Zéro en dictée, alors que je faisais vingt fautes en Sixième et seulement cinq en Troisième ? Notez que les temps ont bien changé et qu'aujourd'hui, une petite promenade sur Internet suffit à me décomplexer.

J'ai intégré le Lycée du Parc à ma juste place, cependant : car il y avait à l'époque six classes de Sixième « Classique » et une seule classe de Sixième « Moderne » qui regroupait les moins bons élèves, où bien sûr je me suis retrouvé. Le principe était qu'au fil des années les moins bons élèves de Classique se retrouvaient en Moderne, cependant que les moins bons élèves de Moderne partaient dans l'enseignement technique. De toute ma classe de Sixième, nous ne sommes que deux à avoir eu le Baccalauréat sans redoubler.

On aurait pu s'attendre à ce que la classe dite Moderne regroupe les meilleurs enseignants dans

les matières scientifiques, mais ce n'était pas le cas et les professeurs de science n'étaient pas au niveau. Je me contenterai de les évoquer par leurs surnoms : Zoch, Gaston, Tonton... Ils étaient chahutés, et l'atmosphère dans leurs classes n'était certes pas propice à l'étude. Nos gouvernants, semble-il, n'avaient pas su prévoir que tous ces élèves nés après la guerre auraient un jour besoin de professeurs de mathématiques compétents. Mon père, cependant, faisait de son mieux pour m'intéresser aux mathématiques, en m'expliquant par exemple les groupes de transformations, ou bien qu'il y avait deux groupes d'ordre 4, le groupe cyclique et le groupe de Klein. Mais cette discipline n'éveillait pas mon enthousiasme à l'époque.

Il me faut maintenant évoquer une autre de mes conditions initiales. Les hommes de ma famille souffrent d'une faiblesse génétique de leur rétine, sujette à des décollements suivis de cécité s'ils ne sont par traités très rapidement. J'ai totalement perdu l'usage de l'œil droit à l'âge de cinq ans, et je n'ai aucun souvenir de la vision en relief. A quinze ans, c'est à l'œil gauche que ma rétine s'est décollée, avec deux récives. J'ai donc manqué la Seconde à partir de février, et j'ai passé des semaines à l'hôpital. Mon père venait me visiter chaque jour après ses cours et me parlait de mathématiques pendant une bonne heure. C'est ainsi qu'il m'a sauvé une deuxième fois, puis une troisième fois en convainquant le proviseur de ne pas me faire redoubler, et en permettant que j'abandonne en Première ma deuxième langue vivante – le Russe, dont il avait eu la mauvaise idée de me conseiller l'étude et dont la grammaire m'avait tant fait souffrir.

Mais l'essentiel, c'est qu'en classe de Première je n'étais plus le même. J'étais devenu excellent en mathématiques et en physique. Pourquoi ? Il est difficile de répondre à cette question, peut-être s'agit-il d'une réaction de survie après un choc psychologique épouvantable et la terreur de ce à quoi je venais tout juste d'échapper. Quoi qu'il en soit, j'étais nettement le meilleur de ma classe en Terminale, jusqu'à susciter l'inquiétude des parents du deuxième, Jacques Biot - qui allait pourtant réussir

assez bien lui-même puisqu'il termine en 2018 son mandat de Président de l'École polytechnique. Les professeurs à ce niveau étaient absolument excellents, ils m'ont beaucoup appris, et je leur en suis encore reconnaissant. J'y ai aussi appris à travailler : je faisais, sans les rédiger, tous les problèmes des manuels. Malgré quelques petites difficultés en géométrie où je n'ai jamais été vraiment bon, j'ai été présenté au Concours Général en mathématiques et en physique et j'ai reçu le troisième prix dans les deux disciplines, avant d'obtenir mon Bac en 1969. J'ai trouvé très amusant que le jury se sente obligé de me repêcher pour la mention Très Bien, malgré de nombreux points manquants.

**Tu as fait toutes tes études à l'université, sans passer par les classes préparatoires. Pourquoi ?**

C'était avant tout le choix de mes parents. Ils pensaient que mes problèmes de vue n'étaient pas compatibles avec une scolarité en classe préparatoire. Mais je n'ai jamais été aussi heureux que pendant ces années-là puisque je ne faisais plus que ce qui m'intéressait, c'est-à-dire des mathématiques et de la physique ! Et c'est l'occasion de rendre hommage à mes enseignants de l'université de Lyon, dont les cours étaient clairement d'un niveau trop élevé pour la plupart de leurs auditeurs, mais qui ont pleinement répondu à mon désir d'apprendre : et parmi eux à Henri Buchwalter, Edmond Combet, Pierre Dazord et Michel Haque.

J'ai passé le concours des IPES en 1970, une excellente idée qui améliore considérablement la retraite que je touche aujourd'hui ! Je ne me sentais pas de vocation pour l'enseignement, c'était un choix raisonné. Je ne savais d'ailleurs pas du tout à quel niveau je pourrais enseigner. Tout simplement, je vivais à l'époque dans la terreur de devenir aveugle. Je savais qu'un poste de fonctionnaire était un choix raisonnable dans mon cas, car l'État français ne laisse pas tomber ceux qui travaillent pour lui s'il leur arrive malheur. Cette décision était sage. J'ai eu bien d'autres problèmes visuels. Je suis une sorte de miraculé, et j'ai dû plus tard à un concours de circonstances favorables de continuer à y voir.

**Quelques souvenirs de l'étudiant lyonnais des années 70 ?**

Plus tard à l'université, j'ai suivi une ribambelle de cours de maîtrise et de DEA dans des domaines variés : géométrie différentielle, algèbre, logique... sans que j'accroche véritablement sur l'un de ces

sujets en particulier, malgré les cours lumineux donnés entre autres par Jean Braconnier, toujours vêtu d'un costume de velours noir qui se couvrait progressivement de craie !

**Pourrais-tu dire vers quel âge, et dans quelles circonstances, tu as réalisé que les mathématiques pourraient être pour toi un métier ?**

Ayant déjà opté pour l'enseignement, il me restait à choisir entre la physique et les mathématiques. Mais dès la fin du DEUG, on m'a informé qu'il n'y avait tout simplement pas de postes en physique, et j'ai donc opté pour les mathématiques.

**Qu'est-ce que l'Agrégation, où tu as été reçu premier en 1974, a représenté pour toi ?**

Pour être franc, un grand gâchis et une perte de temps. J'ai en effet passé une bonne moitié de l'année à la préparer en apprenant l'ensemble du programme, par exemple la géométrie projective qui en faisait alors partie. La préparation qu'offrait l'université de Lyon manquait d'ambition, mais j'ai résolu seul de nombreux problèmes des *Annales de l'agrégation* ou des concours d'entrée aux ÉNS. Je ne me suis pas mal débrouillé à l'écrit, j'étais vraiment bien préparé. En plus, le problème de mathématiques appliquées était en pratique de l'analyse : un régal ! Enfin, j'avais assisté en 1973 à la très belle planche d'oral de Christophe Soulé et le hasard a voulu que je tombe essentiellement sur la même leçon !

**Après ce succès à l'Agrégation, tu as été recruté au CNRS. Veux-tu dire quelques mots sur cette transition ?**

Fait remarquable, ce n'est pas après mais avant l'Agrégation que j'ai été recruté ! Jean Braconnier (dont le bâtiment qui abrite le Département de mathématiques de Lyon 1 porte aujourd'hui le nom) m'a proposé en 1974 de postuler au CNRS. et a adressé au Comité National une lettre collective signée par quatre de mes enseignants lyonnais. C'était une année favorable puisqu'il y avait le nombre record de 17 recrutements en mathématiques au CNRS. Mon dossier est parvenu après la date limite mais en ce temps-là les contraintes administratives étaient moins impitoyables. Peu après j'ai reçu une lettre de Jean-Pierre Kahane, chargé de rapporter sur mon dossier, qui me demandait d'expliquer mon parcours inhabituel pour pouvoir défendre ce dossier. Et j'ai été recruté ! Cela m'a sauvé, car pratiquement aucune université n'avait

voulu de moi. Bien plus tard j'ai remercié Jean Pierre Kahane, qui m'a répondu avec une modestie extraordinaire : « Vous savez, je n'ai rien fait. Je n'ai fait que lire votre lettre à la Commission. »

### Tu as fait toute ta carrière au CNRS. Que pense le chercheur de cette carrière bien particulière ?

C'était pour moi la carrière parfaite, puisque je n'ai fait que ce que j'aime faire : des mathématiques, et autant que j'ai voulu, c'est-à-dire beaucoup. Malgré tout, le CNRS m'a infligé ma seule réelle douleur de mathématicien. Il fallu 17 ans et 8 mois pour que mon salaire soit sensiblement différent de ce qu'il aurait été si j'avais fait au CNRS le minimum de travail possible – à supposer qu'un tel minimum soit non nul – et je l'ai ressenti comme une profonde injustice. La stratégie des instances du CNRS n'était pas d'optimiser le rendement scientifique mais de faire que ceux qui étaient entrés au CNRS n'en sortent à aucun prix. Bien sûr, ceci concerne une période révolue et je ne doute pas qu'à présent le recrutement et les carrières au CNRS aient évolué positivement.

### Tu as également connu le système universitaire nord-américain. Quelles sont ses forces et ses faiblesses ?

On est beaucoup plus rapidement récompensé quand on réussit. Est-ce bien ou mal ? Ici n'est pas le lieu de développer des arguments dans ce sens. Le fait important est que le système universitaire français est en compétition avec le système nord-américain sans vraiment pouvoir lutter à armes égales. En particulier les universités nord-américaines font des efforts systématiques pour parvenir à la parité, et offrent des ponts d'or à nos meilleures mathématiciennes. Le revers du système nord-américain est d'être assez rude pour ceux qui réussissent moins bien, ils font beaucoup d'enseignement pour des salaires bien plus bas.

### Tu es désormais Académicien. C'est une reconnaissance, parmi d'autres prix et invitations, de la qualité de tes recherches. Qu'en penses-tu ?

J'ai été élu à l'Académie alors que cette institution était engagée dans une réforme qui visait à augmenter le nombre de postes, pour faire croître la représentativité de l'Académie tout en faisant diminuer l'âge de ses membres. Pendant cinq ans il y a donc eu plusieurs postes par an, et ceux qui comme moi étaient dans la bonne tranche d'âge étaient beaucoup plus facilement élus que s'ils avaient eu

quelques années de plus ou de moins. C'est bien sûr un honneur d'être membre de l'Académie, mais permettez-moi cependant de dédramatiser l'évènement : ceux (nécessairement Académiciens) qui ont participé à une séance d'élection de nouveaux membres savent que le facteur aléatoire est tel que nul ne devrait souffrir de n'être pas élu ! Un souvenir à propos de mon élection : Gustave Choquet, mon patron de thèse, l'avait beaucoup désirée. Il était déjà atteint de la maladie de Parkinson lorsqu'elle a eu lieu. Mais il a tenu à m'écrire, d'une écriture hélas tremblante, une lettre adressée à Monsieur Talagrand, Membre de l'Académie des Sciences, et qui portait ces simples mots : c'était écrit.

### Un peu de mathématiques à présent. Tu as choisi l'analyse fonctionnelle pour tes premières recherches. Dans quelle mesure cela a-t-il été utile pour la suite ?

En fait je n'ai pas vraiment choisi l'analyse fonctionnelle, le hasard l'a choisie pour moi. Lorsque je suis entré au CNRS j'ai compris que je devrais quitter Lyon. L'influence de Jean Braconnier a été déterminante : quand nous avons discuté pour savoir ce qui me plaisait le mieux, je lui ai dit : « ce que j'aime, c'est de couper des intervalles en rondelles ». Ce à quoi il m'a répondu : « il faut aller chez Choquet ». Je me suis donc retrouvé à l'automne 1974 dans l'équipe d'analyse dirigée par Gustave Choquet à l'université Paris 6, qui accueillait à l'époque un nombre relativement élevé de chercheurs débutants, un séminaire dynamique et de nombreux visiteurs, par exemple Richard Haydon et Haskell Rosenthal. Il était alors bien naturel de s'intéresser à l'analyse fonctionnelle.

### Les résultats pour lesquels tu es le plus connu relèvent plutôt des probabilités. Par exemple, il est difficile de parler de processus Gaussiens sans prononcer rapidement ton nom. Comment s'est faite cette évolution ?

Je me suis beaucoup intéressé - peut-être même trop - à la théorie de la mesure pendant mes premières années de recherche. David Fremlin visitait fréquemment Paris à cette époque, il m'a beaucoup influencé, et nous avons collaboré. La théorie de la mesure m'a graduellement amené à apprendre des probabilités, même si ce que j'appelle par ce nom n'est pas toujours reconnu comme tel par les « vrais » probabilistes. Mais ma grande chance a été la venue de Gilles Pisier, recruté en 1981 comme professeur à Paris 6, dans l'équipe d'analyse. Il est arrivé exactement au bon moment, et m'a donné

par exemple des notes de cours qui m'ont permis en deux mois d'apprendre la théorie dite des probabilités dans les espaces de Banach, laquelle a été l'inspiration de bien de mes travaux. Je n'y serais jamais arrivé seul. C'est encore lui qui m'a suggéré d'étudier le problème de la caractérisation de la continuité et de la bornitude des processus Gaussiens, que j'ai résolu en 1985. Gilles Pisier m'a alors dit avec simplicité : « j'aurais bien voulu le faire, mais je suis content que ce soit toi qui l'aies fait. »

### Comment décrirais-tu ton mode de fonctionnement mathématique ?

Une de mes particularités les plus limitatives est que je suis incapable d'utiliser des résultats sans les avoir entièrement démontés et en avoir analysé tous les rouages. Je suis donc incapable de lire quoique ce soit sans y passer un temps considérable. Au moins, cela m'a forcé à aller au fond des choses. Et il n'y a pas de miracle. Je prends des périodes de repos total, parfois longues, et j'aime beaucoup les voyages culturels. Mais pendant mes périodes de travail je terminais mes journées en état d'épuisement.

### Quels sont tes résultats préférés ?

Ce qui compte, ce sont ceux de mes résultats que les autres préfèrent. Comme le disait Gustave Choquet, il importe d'avoir des enfants mathématiques. La beauté intrinsèque d'un résultat est un mauvais critère. Par exemple, l'un des résultats préférés de mes jeunes années est la  $\tau$ -régularité des mesures Gaussiennes, publié en 1981 suite à une question d'Albert Torrat. J'évalue le nombre de personnes qui connaissent à la fois la définition d'une mesure Gaussienne et celle de la  $\tau$ -régularité à trois, moi compris. Et de fait, cet article a été cité exactement une fois... mais bien sûr, reste toujours l'espoir secret que nos idées seront utilisées plus tard. Et ce travail sur les mesures Gaussiennes en a préparé d'autres, dont l'impact a été plus significatif.

### Quelles sont les plus grandes émotions que t'ont apportées les mathématiques ?

Les plus grandes émotions ont été provoquées par les découvertes : elles ont été à la fois relativement étalées dans le temps et assez intenses, et elles font partie des meilleurs moments de toute mon existence. J'ai aussi connu des émotions extrêmement concentrées, dues à un facteur extérieur : ainsi j'ai été stupéfait d'apprendre en 1995 que

j'étais lauréat du Prix Loeve, attribué une fois tous les deux ans à un unique probabiliste – et généreusement doté. Ce fut une stupéfaction encore bien plus grande de trouver dans ma boîte aux lettres le courrier qui m'invitait à donner une conférence plénière au Congrès International des Mathématiciens de Berlin, en 1998. L'idée que cela pourrait arriver un jour ne m'était jamais venue. Mais peut-être la plus grande émotion a été l'appel de Gustave Choquet, qui se savait en fin de vie après une fracture du col du fémur et a voulu me dire avant de partir : « Talagrand, c'était vous mon meilleur élève. »

Les mathématiques m'ont rendu profondément heureux. Je regrette surtout de ne pas avoir compris plus tôt que mes travaux pouvaient avoir un certain impact, il m'a fallu de longues années pour cela. Surtout au début, j'ai été porté par la satisfaction d'un besoin psychologique. Peut-être aurais-je alors perdu moins de temps sur des bêtises qui n'en valaient pas la peine. Mais les choses ne sont pas simples. Certaines de ces bêtises m'ont conduit à des choses bien plus conséquentes !

### Quels sont les mathématiciens d'hier et d'aujourd'hui qui t'ont le plus influencé ?

Je n'ai pas assez lu pour pouvoir véritablement parler des mathématiciens d'autrefois. Quant aux mathématiciens d'aujourd'hui, j'ai déjà mentionné l'impact de Gilles Pisier et des directions de recherche qu'il m'a ouvertes. J'ai également été fondamentalement influencé par Vitali Milman, qui ne manquait pas une occasion de parler de concentration de la mesure et des inégalités correspondantes. De plus, l'un des séminaires donnés par Milman à Paris sur l'usage des réarrangements dans ses travaux avec Noga Alon m'a permis de démarrer mes premières recherches sur les inégalités isopérimétriques. Mais il y a bien sûr d'autres contemporains qui m'ont influencé et je n'essaierai pas de fournir une liste exhaustive.

### Comment vois-tu l'avenir des mathématiques ?

Les théories mathématiques ont une jeunesse, une maturité, une vieillesse et une agonie. Et malheureusement, ce quatrième âge est le plus long, et de loin. L'agonie est cette période sans fin déterminée où le temps des fruits est passé et où l'on explore des recoins : par exemple, des questions ouvertes très difficiles qui ne sont pas motivées par des problèmes extérieurs au champ de recherche concerné, et qu'on persiste à chercher obstinément parce qu'elles étaient considérées comme impor-

tantes trente ans plus tôt. J'ai été exposé à beaucoup de ces sujets, et je remercie mon instinct qui m'en a tenu éloigné, mais pas de tous hélas. Pour éviter de stagner dans des théories à l'agonie, hier comme aujourd'hui, les mathématiques ont besoin d'influences extérieures : par exemple, la physique et en particulier maintenant la théorie des cordes ont suscité de grands progrès, la théorie de l'information et ce qu'on appelle désormais le Big Data, ou encore l'informatique théorique avec par exemple les travaux d'Assaf Naor qui fournissent de toutes nouvelles applications de l'analyse fonctionnelle.

#### Les automates vont-ils révolutionner la pratique de la recherche mathématique ?

Ma première impression est qu'il y a une différence profonde entre des jeux de stratégie comme le Go, de complexité considérable mais finie, et où l'ordinateur dépasse maintenant les capacités des meilleurs humains, et la recherche mathématique qui semble évoluer dans un espace de dimension infinie... Qui peut donc savoir aujourd'hui si l'intelligence artificielle pourra un jour inventer de vraies mathématiques ? Je crains que si c'est le cas, notre espèce ne soit en vrai danger. Ce qui est certain, c'est que les ordinateurs ont déjà bouleversé notre façon de travailler. J'ai connu les machines à écrire IBM avec différentes boules pour les caractères ma-

thématiques ! Et l'accès à l'information a été révolutionné. Pour le futur proche, on peut espérer que les robots délivreront bientôt les auteurs de nouvelles tâches ingrates. L'auteur de science-fiction Isaac Asimov n'avait-il pas imaginé que les robots intelligents seraient inventés pour relire les épreuves ?

#### Quels conseils donnerais-tu à un jeune mathématicien ?

J'ai posé moi-même cette question à Gustave Choquet, et je crois que ses réponses sont toujours d'actualité. Son premier conseil était : lorsque vous cherchez un problème, adoptez les hypothèses minimales pour lesquelles ce problème a encore un sens. J'ai par exemple utilisé cette démarche en étudiant les processus Gaussiens. On y rencontre des espaces métriques qui sont sous-espaces d'un espace de Hilbert. Le succès m'est venu quand j'ai décidé d'oublier cette particularité et de n'y penser qu'en tant qu'espaces métriques abstraits. Un autre conseil plus technique, qu'il m'avait donné avec un petit clin d'oeil souriant, était simplement : il est toujours utile de penser à prendre l'enveloppe convexe. Cette idée m'a bien servi, si bien qu'aujourd'hui on enseigne au niveau M2 certaines inégalités qu'on appelle inégalités de Talagrand convexifiées. J'étais bien préparé pour les découvrir !



Les recherches de **Michel Talagrand** sont principalement consacrées à l'analyse fonctionnelle et aux probabilités théoriques. Parmi ses résultats les plus connus figurent sa caractérisation de la continuité des processus Gaussiens, ses travaux en mécanique statistique sur l'analyse mathématique des verres de spin, sa démonstration de la formule de Parisi, sa résolution du problème de Maharam (et du problème de von Neumann qu'il contenait), les inégalités probabilistes désormais appelées inégalités de Talagrand, l'analyse du phénomène de concentration de la mesure. Son ouvrage le plus récent est une introduction à la théorie quantique des champs destinée aux mathématiciens. Michel Talagrand a reçu le Prix Peccot (1980), le Prix Servant (1985), le Prix Loeve (1995), le Prix Fermat (1997). Membre correspondant de l'Académie des Sciences depuis 1997, il a été élu Académicien en 2004. Il a été Conférencier Invité à l'icm de Kyoto (1990), et Conférencier Plénier à l'icm de Berlin (1998).