

ENTRETIEN

Yvon MADAY



« La recherche en mathématiques prend tout son sens lorsqu'elle relie la théorie à l'action »

Mathématicien, Yvon Maday a toujours eu une approche interdisciplinaire. Il dialogue avec ses collègues d'autres disciplines – médecine, chimie, etc. – pour comprendre leurs problématiques et développe des modèles mathématiques pour y apporter des solutions. Auteur de nombreuses contributions (réduction de modèle, algorithmes pour le calcul parallèle, entre autres), il met ses outils au service du progrès industriel.

Il est invité à occuper pour l'année 2025-2026 la chaire Informatique et sciences numériques, créée en partenariat avec Inria.

Sa leçon inaugurale intitulée « Réduire la complexité pour maîtriser la résolution des modèles mathématiques » aura lieu le Jeudi 19 février 2026.

Ses enseignements seront disponibles sur www.college-de-france.fr

Yvon MADAY

Propos recueillis par William Rowe-Pirra, journaliste scientifique.

Comment est né votre intérêt pour les mathématiques et les sciences informatiques ?

J'ai toujours été très curieux. Enfant, je posais beaucoup de questions sur la technologie. Dès la maternelle, par exemple, je me souviens être resté pendant la récréation pour fabriquer une pendule de vingt-quatre heures, au lieu de douze, afin d'expliquer à mes camarades la notion d'heure sur douze et vingt-quatre heures. Cette volonté d'investigation, puis de trouver un moyen pédagogique d'expliquer les choses que je comprends, ne m'a plus jamais quitté. C'était une passion, alors, quand mes professeurs m'ont encouragé à suivre des études scientifiques, je me suis trouvé comme un poisson dans l'eau. Par la suite, j'ai compris qu'il y avait plusieurs types de mathématiques ; certaines fondamentales, d'autres plus appliquées. L'aspect rigoureux des mathématiques fondamentales m'a évidemment séduit, mais, dès le début de ma thèse, je me suis rapidement dirigé vers leur contrepartie appliquée, notamment en m'intéressant à la biologie. Pendant mon doctorat, j'ai d'ailleurs suivi, en parallèle, des études de médecine jusqu'à la troisième année. Je voulais comprendre, d'une part, la discipline en elle-même, et de l'autre, ceux qui la pratiquent ; leurs problématiques et leurs approches. Cela m'a permis de collaborer avec des médecins, en connaissant leur langage et leur logique, puisque j'avais vu comment ils avaient été introduits aux diverses notions de leur champ d'études, comme la mécanique cardiaque, ou les fonctions pulmonaires, qui m'intéressaient. En somme, je ne pense pas être un mathématicien appliqué, mais plutôt un mathématicien interdisciplinaire : j'aime et j'aspire à développer des mathématiques utiles pour répondre aux questions posées par d'autres disciplines.

Qu'entreprenez-vous dès lors pour ériger ce pont entre les mathématiques et les divers domaines d'application qui les convoquent ?

Cette mise en relation est quelque chose que j'ai toujours eu à cœur. Si l'on veut, par exemple, que les industries en France progressent, il faut les aider à être des moteurs d'innovation. Il est nécessaire que les centres de recherche industrielle accèdent rapidement aux inventions en mathématiques et que les progrès de la recherche puissent aboutir à des innovations industrielles. Réciproquement, il faut bien comprendre les problèmes industriels pour développer et appliquer des théories mathématiques qui permettront de répondre à ces questions. Dans les années 1990, j'avais déjà passé beaucoup de temps aux États-Unis, en particulier durant les étés où, en France, l'activité de recherche ralentit un peu. J'ai voulu proposer une activité de recherche estivale en France, et mon dévolu s'est porté sur le Centre international de rencontres mathématiques (CIRM), justement libre à cette période de l'année, et situé dans les Calanques, qui offre un cadre idéal ! Avec le directeur de l'époque, nous avons transformé l'endroit en installant de la climatisation et des machines de calcul et ainsi, en 1996, naissait le Centre d'études mathématiques de recherches avancées en calcul scientifique (CEMRACS). Avec Frédéric Coquel, j'ai organisé cet événement pendant les trois premières années, afin de montrer ce qui pouvait se faire et, petit à petit, les industriels ont joué le jeu. Ils proposaient des sujets propres, circonscrits, que l'on pouvait aborder et débloquer pendant cette période estivale en travaillant dans ce cadre exceptionnel, matin, midi et soir. C'est tout l'intérêt de ce centre : nous avons des chercheuses et des chercheurs de toutes générations qui cohabitent, font des exposés, et échangent toute la journée pendant des semaines. Cela permet de briser la glace – jeunes et seniors apprennent à se connaître, à collaborer, à se faire confiance – et d'explorer en profondeur les sujets abordés. Le CEMRACS est aujourd'hui bien accepté dans le paysage de la recherche française, et par les industriels qui, chaque année, attendent impatiemment le nouveau thème. C'est aussi une très belle expérience pour les jeunes, puisque cela les ouvre à des thématiques généralement différentes de celle qu'elles ou ils explorent au cours de leur thèse. Et les projets se poursuivent au-delà de l'été, par des collaborations parfois internationales.

C'est une période intense, où les neurones travaillent beaucoup, et d'une telle richesse que les organisateurs participent très volontiers à cette activité. Nous nous réjouissons de fêter la trentième édition de cet événement l'année prochaine.

Vous êtes, entre autres, un spécialiste de l'analyse numérique. De quoi s'agit-il ?

En science, en technique ou en industrie, on cherche à comprendre les phénomènes pour les maîtriser, les anticiper ou les contrôler. Cette compréhension conduit à des modèles simplifiés, où les principes essentiels sont identifiés et les quantités d'intérêt représentées. Ces modèles traduisent mathématiquement la réalité et permettent de simuler, sur ordinateur, des expériences coûteuses ou impossibles à réaliser en laboratoire. La qualité d'une simulation repose sur la pertinence du modèle et sur la justesse des méthodes numériques, domaine du spécialiste en analyse numérique. Pour un phénomène nouveau, on débute souvent par des modèles simplifiés afin d'élaborer des stratégies algorithmiques avant de passer à des versions plus complètes. L'objectif est de simplifier sans trahir l'essentiel, d'évaluer les méthodes sur un modèle réduit, puis de progresser vers le modèle final. Ce travail inclut la conception d'algorithmes adaptés aux architectures informatiques – du calcul parallèle aux ordinateurs quantiques – ainsi que la création de méthodes de réduction de complexité, destinées à accélérer des simulations lourdes tout en conservant leur précision. Ces approches suscitent un vif intérêt dans les domaines industriel, sociétal et médical. Ces dernières années, je les ai appliquées à la chimie computationnelle.

Comment se passe le dialogue avec vos collaborateurs d'autres disciplines lorsque vous devez réaliser de tels modèles ?

D'abord, il faut comprendre le modèle à réaliser. Après, on se retire, une heure, une semaine, un mois ou un an – c'est une étape nécessaire pour éprouver les premières méthodes et trouver celles qui fonctionneront. Quand on a obtenu un modèle simplifié, avec des méthodes numériques fiables et robustes, on revient vers nos collaborateurs.

Dans le cadre industriel, il est parfois nécessaire de répondre rapidement aux besoins des partenaires. Il est alors acceptable de proposer une approche non totalement finalisée, pourvu qu'elle reste raisonnable et justifiée. Il faut jongler entre les réalités de l'industrie et celles de la recherche fondamentale – l'industrie veut une réponse en six mois, la recherche peut en fournir une très bonne en dix ans. Certains le comprennent bien, d'autres non. Toutefois, on a dès lors des projets de recherche qui peuvent être financés et qui nous permettent, au long terme, de développer des méthodes infiniment meilleures et des modèles bien mieux compris. La recherche en mathématiques prend tout son sens lorsqu'elle relie la théorie à l'action, et le tout, c'est de savoir mettre ces objectifs mathématiques en face des enjeux industriels, économiques et sociaux. J'ai essayé de trouver de bons interlocuteurs dans chacune des disciplines sur lesquelles je me suis penché pour comprendre le fond du problème, et pas simplement de façon superficielle. Je voulais me poser les bonnes questions et trouver les outils mathématiques et de simulation pour tenter d'y répondre. Une grande partie de mon travail est liée à la modélisation et repose sur des discussions avec des collègues d'autres disciplines. Par exemple, pendant la pandémie mondiale de Covid, j'ai organisé en visioconférence des séminaires pour faire un point sur les mathématiques de l'épidémiologie. Ce n'était pas du tout ma spécialité, car j'étais engagé à ce moment-là sur mon ERC en chimie computationnelle, et mes travaux préalables en biologie portaient plutôt sur la modélisation des organes. Mais dans ce moment de crise sanitaire, les modèles épidémiologiques semblaient soit inexistant, soit méconnus. L'une de nos initiatives nous a conduits à rechercher et à quantifier la présence du virus dans les eaux usées, ce qui a donné naissance à l'initiative de recherche « Obépine », qui nous a permis, dès avril 2020, de montrer que les mesures de particules virales dans les eaux usées reflétaient les dynamiques des infections observées dans la population. C'était assez novateur, il a fallu être convaincants, nous avons été soutenus par différentes Académies et le ministère de la Recherche nous a épaulés et permis dès 2021 de suivre plus de deux cents stations. Les municipalités raccordées ont reçu, chaque semaine, un état de la pandémie à partir de mesures effectuées dans leurs eaux usées. Il faut bien comprendre qu'il s'agit d'un milieu très trouble, ce qui cause beaucoup

d'erreurs dans les mesures, et les biologistes étaient habitués à traiter avec ces données qui parfois n'avaient pas de sens. La modélisation mathématique a permis de les rectifier et de proposer un signal propre et significatif.

Cette année, vous accédez à la chaire annuelle Informatique et sciences numériques du Collège de France. Que représente-t-elle pour vous et qu'en attendez-vous ?

C'est une surprise et un événement exceptionnel dans ma carrière. Terminer son parcours professionnel sur une chaire au Collège de France est inattendu et quelque peu intimidant, il faut l'avouer, mais j'en tire beaucoup de plaisir et de fierté. Concernant les sujets que j'aborderai cette année, il y avait plusieurs possibilités. J'aurais pu parler de chimie computationnelle, mon sujet de travail le plus récent, néanmoins, cela n'aurait pas eu la portée que j'espère avoir en parlant de réduction de modèles. C'est une méthode qui se prête à une très grande variété de disciplines et elle est en particulier bien implantée actuellement dans le milieu industriel. Ce que j'attends de cette chaire, c'est que les gens amplifient l'appropriation de cet outil dans tout le milieu applicatif. C'est pour cette raison que, après chaque leçon, j'inviterai des industriels à intervenir lors de séminaires. C'est une bonne manière d'aborder l'usage qui est fait des méthodes numériques, mais aussi de présenter les problèmes encore ouverts à ce jour et de stimuler une activité de recherche pour les résoudre. En juin, il y aura un colloque dans lequel je réunirai les experts académiques et moins académiques du sujet pour parler des résultats récents que je n'aurai pas pu aborder pendant mes cours, et pour aller plus loin que ce que j'aurai pu présenter dans le cadre des leçons. Pour moi, c'est un peu l'occasion de dynamiser cette recherche qui, certes, est bien passée dans le milieu industriel, mais qui mérite d'être poussée plus loin.



ENTRETIEN

Yvon
MADAY

Photo de couverture : Patrick Imbert © Collège de France

COLLÈGE
DE FRANCE
—1530—

11, place Marcellin-Berthelot – 75005 Paris
www.college-de-france.fr

2025