



Le mathématicien Stéphane Mallat lauréat de la médaille d'or 2025 du CNRS

Jeudi 11 septembre 2025

Le chercheur en mathématiques appliquées est récompensé pour ses travaux dans les domaines du traitement du signal et des algorithmes d'apprentissage profond, dont il est un spécialiste mondialement reconnu.

Les honneurs continuent de s'accumuler pour Stéphane Mallat. Membre de l'Académie des sciences (depuis 2014), de l'Académie des technologies (depuis 2018) et de la National Academy of Engineering (États-Unis, depuis 2017), le chercheur en mathématiques appliquées, spécialiste du

traitement du signal et des algorithmes d'apprentissage profond, est aussi, depuis ce jeudi 11 septembre 2025, lauréat de la médaille d'or du CNRS.

Stéphane Mallat, qui vient de lancer [MathAData](#), un programme d'enseignement des mathématiques au lycée "avec des expérimentations numériques sur des problèmes motivants d'Intelligence Artificielle", est récompensé pour avoir *"marqué de son empreinte les mathématiques appliquées à l'informatique. Du format de compression d'images JPEG 2000 aux fondements mathématiques de l'intelligence artificielle, il a façonné des outils devenus incontournables"*, souligne le CNRS dans [l'article](#) qui lui est consacré.

Nous avons rencontré Stéphane Mallat au moment où, élu professeur au Collège de France, il venait de commencer les cours de sa chaire de sciences des données. Il nous avait détaillé les raisons à l'origine de la création de cette chaire, décrit les familles de problèmes auxquelles s'intéressent les sciences des données, ou encore expliqué ce que sont les données de grande dimension et la « *malédiction* » qui les frappe. Nous vous proposons de (re)lire ci-dessous ce grand entretien, aussi disponible [ici](#).

La rédaction

Stéphane Mallat : "Le domaine des sciences des données est tout juste en train de se cristalliser"

Spécialiste des algorithmes d'apprentissage profond, le chercheur français Stéphane Mallat est à l'initiative de la nouvelle chaire de sciences des données au Collège de France. C'est aussi le thème du cours qu'il y donne depuis janvier et dont la ligne directrice est d'approfondir les liens entre mathématiques et applications.

Avec plus de 88 000 citations dans Google Scholar, Stéphane Mallat est le chercheur français le plus cité dans le domaine des sciences de l'ingénieur et l'informatique. Et pour cause ! En 1987, il met au point un algorithme fondé sur la théorie mathématique dite « des ondelettes », qui donne lieu à de multiples applications, dont le standard de compression Jpeg 2000. En 2001, il met en pratique son expertise mathématique et fonde la start-up Let It Wave, spécialisée dans la fabrication de puces électroniques pour les télévisions. Grâce aux ondelettes, ces puces sont capables de transformer des images de résolution standard en images haute définition. En 2008, après avoir revendu sa start-up, il revient à ses premières amours : la recherche en mathématiques. Il s'intéresse alors de près aux algorithmes d'apprentissage profond (ou *deep learning*), dont les performances en reconnaissance visuelle impressionnent la communauté scientifique. Le graal ? Percer le secret de ces algorithmes.

C'est-à-dire comprendre mathématiquement comment ils font pour traiter les données en grande dimension.

La Recherche - Vous avez commencé en janvier les cours de la nouvelle chaire en sciences des données du Collège de France. Quel cap voudriez-vous lui donner ?

Stéphane Mallat - La chaire s'intitule « sciences des données » au pluriel, car il me paraissait important de rappeler qu'il s'agit d'un domaine né de l'agrégation de plusieurs disciplines scientifiques. Un mélange comprenant notamment les statistiques, l'informatique, l'intelligence artificielle, le traitement du signal, la théorie de l'information, mais aussi toutes les sciences traditionnelles comme la physique, la biologie, l'économie ou les sciences sociales, qui nécessitent de modéliser et d'analyser de grandes quantités de données. Cette chaire a pour ambition d'apporter une vision et un langage communs au-delà des spécificités de chacun de ces domaines. C'est ce point de vue des mathématiques appliquées que j'aimerais développer dans ce cours. Sans pour autant oublier la composante expérimentale des sciences des données. C'est d'ailleurs grâce à des approches empiriques, grâce à des intuitions remarquables d'ingénieurs et de chercheurs en informatique qu'ont récemment vu le jour des algorithmes aux capacités spectaculaires pour les reconnaissances visuelle et vocale, la traduction automatique ou pour jouer au go. La mise au point d'applications et la recherche expérimentale permettent de faire émerger de nouveaux problèmes et sont une source considérable d'idées nouvelles pour les mathématiques. Cette correspondance entre mathématiques et applications sera la colonne vertébrale de mon cours au Collège de France, en espérant effacer progressivement les frontières entre expérimentation et théorie, qui se nourrissent mutuellement.

Pourquoi cette chaire naît-elle maintenant ?

Le domaine des sciences des données est tout juste en train de se cristalliser. C'est un phénomène récent, y compris l'expression « sciences des données ». La discipline existe depuis longtemps, mais sous la férule des statistiques. Avec l'explosion du nombre de données numériques (*big data*) produites chaque jour et l'accélération des capacités de calcul des ordinateurs, la statistique et l'informatique se sont rencontrées. Cela a permis l'émergence de l'apprentissage automatique (*machine learning*), dont l'objectif est d'élaborer des algorithmes permettant d'analyser, de classifier, autrement dit de prédire les réponses à des questions posées sur des données de grande taille. Après, pourquoi une discipline prend-elle tout à coup une forme d'indépendance ? Je ne pense pas que ce soit lié au fait qu'elle acquière une autonomie scientifique complète par rapport à ses disciplines mères, ici la statistique et l'informatique. C'est davantage un phénomène social et universitaire : il y a un moment où une demande forte de la part des étudiants, de l'industrie et de la société nécessite de créer une structure académique spécifique. Il y a cinquante ans, on a déjà assisté au même phénomène avec l'émergence des départements d'informatique, qui sont issus des départements de mathématiques ou de génie électrique. C'est la raison pour laquelle on voit apparaître un peu partout dans le monde des centres de sciences des données. À l'École normale supérieure, nous allons d'ailleurs établir un centre pluridisciplinaire en sciences des données, que je coordonnerai, à l'interface entre informatique, mathématiques, physique, biologie, mais aussi sciences cognitives et sociales. La création d'une chaire au Collège de France s'inscrit dans cette dynamique.

À quels problèmes s'intéressent les sciences des données ?

Il faut distinguer deux familles : la modélisation et la prédiction. Dans le premier cas, l'objectif est de construire un modèle représentatif des données pour générer des données nouvelles, les

compresser, ou encore améliorer leur reconstruction à partir d'une information partielle ou dégradée. En imagerie médicale, on cherche par exemple à restituer des images de haute résolution avec le moins de mesures possible, afin de limiter l'exposition des patients aux radiations. Dans le cas de la prédiction, le but est de poser des questions sur des ensembles de données et de prédire une réponse à partir de la structure de ces données. Par exemple, on peut reconnaître un objet ou un animal dans une image à partir de la valeur des pixels qui la composent, prédire l'énergie d'une molécule à partir de sa conformation, ou encore prédire un diagnostic de cancer en utilisant des résultats d'exams médicaux et des données génomiques.

Les applications sont déjà très nombreuses. Ces problèmes ne sont-ils donc pas résolus ?

Pas du tout. Nous n'en sommes qu'au début. Les résultats des algorithmes d'apprentissage - en particulier ceux des réseaux de neurones profonds (*) - sont certes spectaculaires, mais on comprend mal, mathématiquement, les raisons de ce succès. Progresser dans ce domaine permettrait de les améliorer et de les rendre plus fiables, notamment pour des applications critiques comme la médecine ou la conduite de voitures autonomes.

Que ne comprend-on pas ?

Pour répondre, je vais commencer par expliquer le principe général des algorithmes d'apprentissage. Imaginons un algorithme dont le but est de prédire l'énergie quantique (notée y

) d'une molécule en fonction de sa conformation, autrement dit de sa géométrie (notée x). Cela veut dire trouver un lien entre la conformation x et l'énergie y . Un tel algorithme inclut des paramètres internes qui sont calculés lors d'un apprentissage. On va entraîner cet algorithme sur une base de données comprenant des dizaines de milliers d'exemples de conformations x pour lesquelles on connaît l'énergie y de la molécule. Cet apprentissage « optimise » les paramètres internes de l'algorithme afin qu'il fasse le moins d'erreurs possible sur les exemples qu'on lui a donnés. Au terme de cet apprentissage dit « supervisé », l'algorithme est capable de prédire l'énergie y d'une molécule de conformation x inconnue. Le calcul des paramètres internes lui a donc permis de généraliser le lien entre la conformation et l'énergie. Mathématiquement, cela revient à approximer la fonction (notée f) qui relie n'importe quelle donnée x et la réponse $y=f(x)$. Cette fonction approximée (notée $\tilde{f}$) doit être telle que les réponses $\tilde{y}=\tilde{f}(x)$ soient proches des réponses exactes y . Si l'erreur moyenne entre ces résultats est faible, cela signifie que l'apprentissage s'est bien généralisé. La capacité de généralisation des algorithmes peut paraître magique, mais elle repose simplement sur une forme de régularité de la fonction f , qui relie les données x et la réponse y . C'est précisément la nature de cette régularité que l'on ne comprend pas bien lorsque les données x

sont de grande dimension. Or c'est le cas dans la plupart des problèmes qui nous intéressent, comme la classification d'images, le diagnostic médical...

Qu'est-ce qu'une donnée de grande dimension ?

Prenez une image en noir et blanc, un carré de 1000 pixels de côté, soit 1 million de pixels au total. La valeur d'un pixel est comprise entre 0 (pour un point noir) et 1 (pour un point blanc). Une image est donc composée de 1 million de variables, correspondant aux valeurs de chacun des pixels. Mais la même image peut également être vue comme un point dans un espace de 1 million de dimensions. Cet espace est gigantesque ! C'est comme si vous aviez un repère avec 1 million d'axes, dans lequel chaque image correspondait à un point dont la position est définie par 1 million de coordonnées.

En quoi est-il difficile de définir la régularité des données en grande dimension ?

Commençons par un cas facile, rencontré dès le collège : on vous demande de mesurer la température d'un mélange en fonction du temps. Vous tracez donc deux axes représentant le temps en abscisse (x

) et la température en ordonnée (y), puis vous placez les points correspondant à chaque mesure. Chaque mesure est ici un exemple d'entraînement dont on connaît x et y . Comment tracer la courbe de la température en fonction du temps, autrement dit la fonction $y=f(x)$ pour tout x ? À main levée, vous allez naturellement dessiner une courbe régulière qui passe par tous les points correspondant à vos mesures. Vous auriez pu lui donner une allure irrégulière, mais votre connaissance a priori de la physique vous a poussé à tracer une courbe régulière. Maintenant, si l'on vous demande de prédire la température pour un temps donné, la courbe que vous avez dessinée vous permettra de le faire. Autrement dit, vous êtes parvenu à généraliser les valeurs des exemples grâce à la régularité de la fonction f .

C'est ce que fait un algorithme d'apprentissage ?

Exactement ! Un algorithme d'apprentissage calcule une approximation régulière, qui passe par presque tous les exemples connus, en ajustant ses paramètres internes. Cette prédiction s'appelle une régression. Sa marge d'erreur dépend de deux choses : la régularité locale de la courbe $y=f(x)$

et la distance entre les points de l'expérience, qui sont les exemples d'entraînement. Ainsi, on calcule une bonne prédiction pour une nouvelle donnée x si ce x est proche d'un exemple connu. Plus cette distance est petite, plus l'erreur de prédiction est faible. Il faut donc avoir des exemples suffisamment proches les uns des autres pour réaliser une bonne prédiction pour tout x

.

Cela vaut-il aussi pour les problèmes de classification de données ?

Oui. Dans ce cas, il faut définir des frontières de décision (*), qui permettent de classer des données dans une classe ou dans une autre. Par exemple, classer des images de chats ou de chiens. Pour que l'erreur de classification soit faible, les frontières doivent être régulières et la distance entre chaque exemple suffisamment petite pour tracer précisément ces frontières. En grande dimension, le problème est que les données possèdent beaucoup trop de variables, si bien que lorsque vous prenez une donnée x

au hasard, il est rare de trouver un exemple d'entraînement qui lui soit proche. En d'autres termes, il est très peu probable que les variables de cet exemple soient quasiment identiques à celles de la donnée x . Cela n'est possible que si le nombre d'exemples d'apprentissage augmente exponentiellement avec le nombre de variables. Or, très vite, on arrive à un nombre d'exemples nécessaires supérieur au nombre d'atomes dans l'Univers. Cela n'est pas réaliste en pratique. En sciences des données, nous appelons cela la « malédiction de la grande dimension ».

Comment parvenir à déjouer cette malédiction ?

Pour s'en sortir, il faut que la régularité de la fonction f

que l'on souhaite approximer soit beaucoup plus forte que la régularité locale utilisée en basse dimension. Cette régularité repose sur le principe de parcimonie, selon lequel les données possèdent une certaine structure qui permet d'éliminer des composantes de la donnée x sans que cela n'ait

d'influence sur le résultat y . Cela revient à changer les variables de la donnée x et à les remplacer par de nouvelles variables, moins nombreuses, appelées « attributs » de x

. On peut voir la parcimonie comme la traduction mathématique du principe du rasoir d'Ockham [du nom d'un philosophe du XIV^e siècle, ndlr], où l'on cherche à expliquer un phénomène à partir d'un nombre minimum d'hypothèses. Deux propriétés des données rendent possibles ces changements de variables parcimonieux : l'organisation hiérarchique multi-échelle et les symétries. Elles jouent toutes deux un rôle fondamental en mathématiques et dans la plupart des problèmes complexes d'apprentissage.

En quoi consiste la propriété hiérarchique ?

Dans l'article « L'architecture de la complexité », publié en 1962, l'économiste américain Herbert Simon observe que les systèmes biologiques, physiques et sociaux possèdent tous une structure hiérarchique et multi-échelle. En physique, la matière peut être étudiée selon plusieurs niveaux d'organisation, en partant des particules élémentaires, aux petites échelles, jusqu'aux galaxies, aux très grandes échelles, en passant par les atomes et les molécules. On retrouve cette organisation dans de très nombreux systèmes, y compris en biologie, dans les langues ou dans les sociétés humaines. En sciences des données, cette organisation hiérarchique est exploitée par de nombreux algorithmes d'apprentissage. Un premier pas pour comprendre la régularité de cette organisation hiérarchique a été fait entre 1980 et 1990 grâce à la théorie des ondelettes. Cette dernière a donné lieu à une opération de « transformée en ondelettes », permettant de représenter une donnée, par exemple une image, avec des coefficients d'ondelette qui sont des attributs correspondant aux variations des pixels à différentes échelles. Concrètement, dans une zone où l'intensité lumineuse est constante, la variation est nulle, et donc le coefficient d'ondelette est nul. En revanche, au niveau des contours d'un objet, où les variations lumineuses sont importantes, ces coefficients sont grands. On obtient ainsi un changement de variables parcimonieux, au sens où la plupart des coefficients d'ondelette sont nuls.

Cela suffit-il pour éviter la malédiction des grandes dimensions ?

Non. Même si les ondelettes peuvent permettre de réduire le nombre de variables d'un facteur 50, il en reste encore beaucoup trop ! Si l'on part d'un million de variables - un ordre de grandeur typique pour les images -, il en reste plusieurs dizaines de milliers. Nous sommes donc encore en grande dimension. Or, en 2008, j'ai réalisé que les réseaux de neurones convolutionnels, une classe d'algorithmes imaginée par le chercheur français Yann LeCun [actuel directeur du laboratoire d'intelligence artificielle de Facebook, ndlr], permettaient de débloquer la situation grâce à la seconde propriété, celle de symétrie.

Comment ces algorithmes agissent-ils ?

Comme leur nom l'indique, ils sont constitués d'entités informatiques de calcul, baptisées « neurones artificiels », connectées entre elles de manière à former de nombreuses couches plus ou moins profondes. Dans les premières couches, cette architecture permet un traitement hiérarchique multi-échelle des données, similaire à celui des algorithmes de transformée en ondelettes. Comme nous l'avons vu, cela est une première source de parcimonie. Or plus on va dans les couches profondes, plus les réponses du réseau sont invariantes. En effet, dans les couches les plus profondes, le réseau élimine les variations des données x

qui n'influencent pas le résultat $y=f(x)$. Ces variations de x sans effet sur y sont les symétries de la fonction f . Or l'élimination de ces symétries est source de parcimonie. Les réseaux de neurones tirent donc parti de ces symétries en calculant des invariants, qui réduisent efficacement la dimensionnalité de x sans perdre d'information sur la réponse y

.

Peut-on préciser ce que sont ces symétries ?

On en connaît certaines. Par exemple, on sait que la classification d'images est invariante par translation : la nature d'un objet représenté sur une image ne change pas lorsqu'on la déplace verticalement ou horizontalement. Cette symétrie se retrouve dans l'architecture des réseaux de neurones convolutionnels dans lesquels les « poids » des neurones sont eux aussi invariants par translation. De même, si une image x

est légèrement déformée, le plus souvent cela ne change pas la catégorie y

à laquelle elle appartient. L'ensemble de ces déformations définit d'autres symétries. Cependant, les réseaux de neurones semblent aussi capables d'apprendre à calculer des invariants relatifs à des transformations beaucoup plus complexes et que l'on comprend encore très mal. C'est en partie ces groupes de symétries complexes qui leur permettent de s'affranchir de la malédiction de la grande dimension.

Que sait-on de ces groupes de symétries ?

En mathématiques, les groupes de symétries jouent un rôle central pour décrire la structure d'un problème concernant la géométrie, les équations différentielles partielles, l'algèbre ou la théorie des nombres. Ils sont aussi au cœur de la physique, pour caractériser la nature des interactions entre particules. Ils contiennent donc une grande richesse. Lorsque l'on réalise que des réseaux de neurones profonds ne sont pas simplement capables de reconnaître des chiens ou des chats, mais aussi de calculer l'énergie quantique de molécules, de traduire des textes, de reconnaître de la musique ou de prédire des comportements humains, on voit que la compréhension de ces groupes de symétries est un enjeu qui va bien au-delà des applications de l'apprentissage. Si l'on parvient un jour à les spécifier, on comprendra mieux la géométrie des données en grande dimension. Or cette géométrie est sous-jacente à de très nombreux problèmes scientifiques. La comprendre est, à mon sens, le graal des sciences des données.

Propos recueillis par Gautier Cariou

Photo : © Frédérique Plas / CNRS Images

(*) Un réseau de neurones profond est un type d'algorithme dont la structure est inspirée de l'organisation des neurones du cortex cérébral. Il se révèle très performant pour certaines tâches, comme la classification d'images, la reconnaissance de la parole et la traduction de textes.

(*) Une frontière de décision est, pour des données disséminées dans un espace de dimension 3, un plan qui sépare les données en deux catégories. Dans un espace de dimension d , cette frontière est un hyperplan de dimension $d-1$.

Le CNRS décerne la médaille d'or à Stéphane Mallat, bâtisseur de ponts mathématiques et informatiques

Créée en 1954, la médaille d'or du CNRS distingue les carrières scientifiques ayant contribué de manière exceptionnelle au dynamisme et au rayonnement de la recherche française. Cette année, elle est décernée à Stéphane Mallat, professeur au [Collège de France](#) et membre du [Département d'Informatique de l'Ecole Normale Supérieure](#)¹, récompensé pour ses travaux autour des mathématiques appliquées au traitement du signal et à l'intelligence artificielle.

La prestigieuse médaille d'or du CNRS consacre aujourd'hui l'excellence et l'audace scientifique de Stéphane Mallat. Elle récompense non seulement une carrière remarquable, mais aussi la force d'une pensée qui a su transformer notre compréhension des mathématiques et de l'intelligence artificielle. Ce prix rappelle combien la recherche demeure une aventure intellectuelle exigeante, mais essentielle, pour éclairer les grands défis contemporains.

Au fil de son parcours, Stéphane Mallat a su allier rigueur et créativité. Ses travaux pionniers sur les ondelettes ont profondément transformé l'analyse du signal et de l'image, offrant des outils puissants pour la compression et le traitement de données. Plus récemment, il a su relier la théorie des invariances multi-échelles aux réseaux de neurones, offrant une compréhension mathématique du deep learning tout en permettant l'émergence de nouveaux modèles hybrides.

Grâce à son approche mathématique élégante et rigoureuse, Stéphane Mallat fait dialoguer théorie et applications et ouvre de nouvelles perspectives, que ce soit dans la recherche académique, dans l'innovation industrielle ou dans la transmission des savoirs. Sa récente initiative Math@Data témoigne de son engagement en faveur de l'enseignement des mathématiques et de leur interface avec l'intelligence artificielle.

Ses travaux ont ouvert des voies nouvelles, tant sur le plan théorique que dans leurs applications concrètes. Par la profondeur de ses résultats et la clarté de sa vision, il a contribué à rapprocher disciplines et communautés, affirmant ainsi le rôle central des mathématiques, des sciences informatiques et de l'intelligence artificielle dans la science d'aujourd'hui et de demain. Christophe Besse, directeur de l'Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions

<https://www.cnrs.fr/fr/presse/entre-mathematiques-et-informatique-stephane-mallat-medaille-dor-2025-du-cnrs> Connu pour avoir notamment construit un continuum entre les mathématiques et l'informatique, Stéphane Mallat est titulaire de la [chaire « science des données » au Collège de France](#). Au cours de toute sa carrière, Stéphane Mallat a su combiner rigueur scientifique, impact technologique et vision interdisciplinaire. Ses travaux ont eu un impact profond et durable et ses contributions formalisent des concepts fondateurs, tout en ouvrant de nouveaux champs de recherche rapidement explorés par une large communauté scientifique.

[Lire le communiqué de presse](#)

En alliant abstraction théorique et retombées concrètes, Stéphane Mallat a marqué de son empreinte les mathématiques et les sciences informatiques. Du format de compression d'images JPEG 2000

aux fondements mathématiques de l'intelligence artificielle, il a façonné des outils devenus incontournables.

On imagine souvent les mathématiques comme un corpus de concepts abstraits, qui s'appliquent "d'en haut" à la réalité. Mais la plupart du temps, c'est l'inverse qui se produit : les problèmes du monde nous obligent à construire de nouveaux outils mathématiques. Or, pour les façonner, il faut "mettre les mains dans le cambouis", construire des ponts entre les abstractions mathématiques et les questions concrètes du monde. Et c'est justement là, sur cette frontière entre les deux que je me sens bien.

Stéphane Mallat

[Lire son portrait](#)



© Frédérique PLAS / CNRS Images

[Découvrir le reportage photo](#)

En science, on n'avance quasiment jamais seul. Tout au long de ma carrière, j'ai beaucoup travaillé avec mes doctorantes et doctorants et de nombreux collaborateurs et collaboratrices. Ils et elles m'ont accompagné pour formuler les bonnes questions, partager les succès aussi bien que les coups durs. Chacun à sa manière, a apporté des contributions fondamentales.

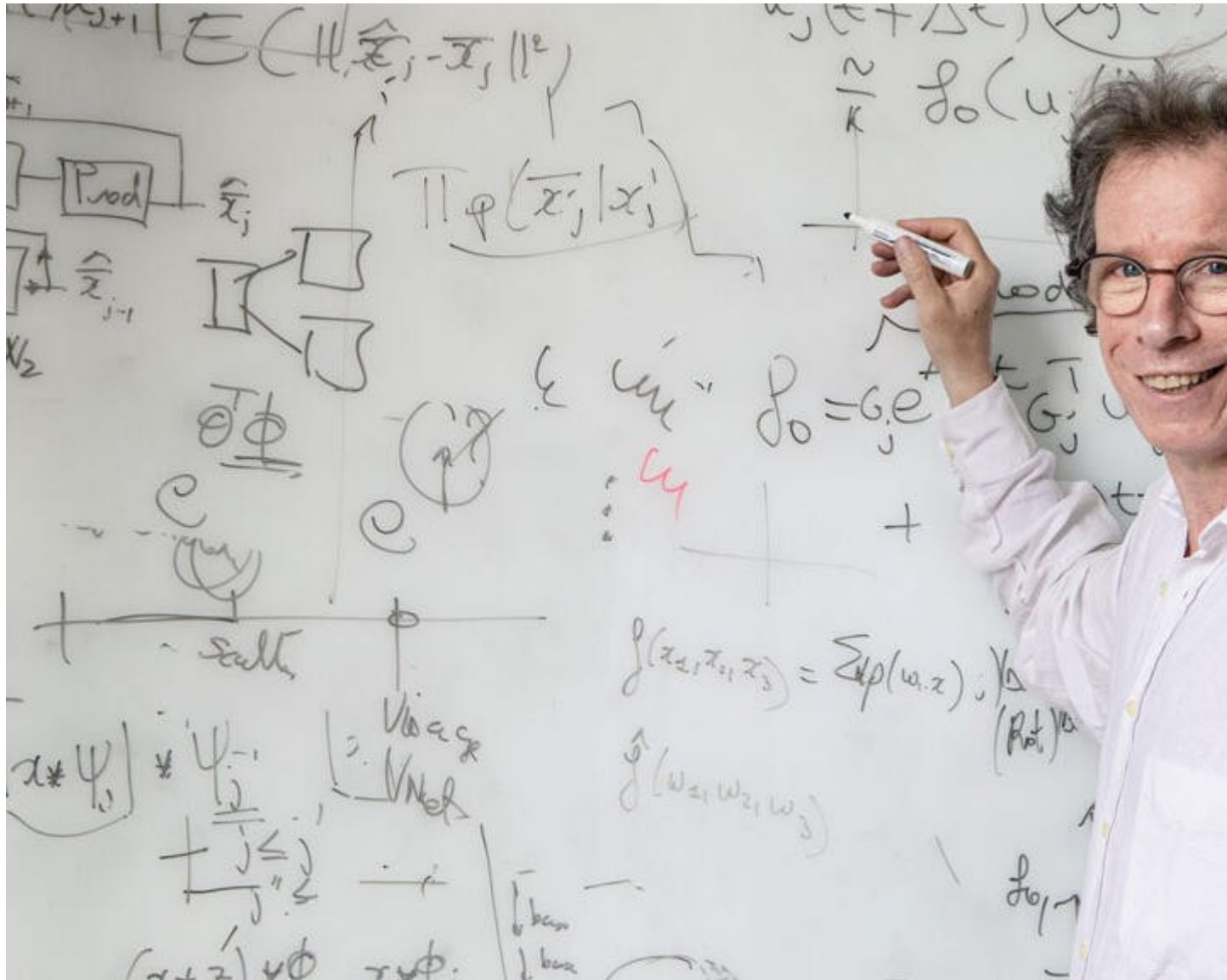
Stéphane Mallat

Stéphane Mallat, bâtisseur de ponts mathématiques et informatiques

11.09.2025, par

Emilie Martin

Temps de lecture : 15 minutes



Le mathématicien Stéphane Mallat, médaille d'or 2025 du CNRS.

Frédérique Plas / CNRS Images

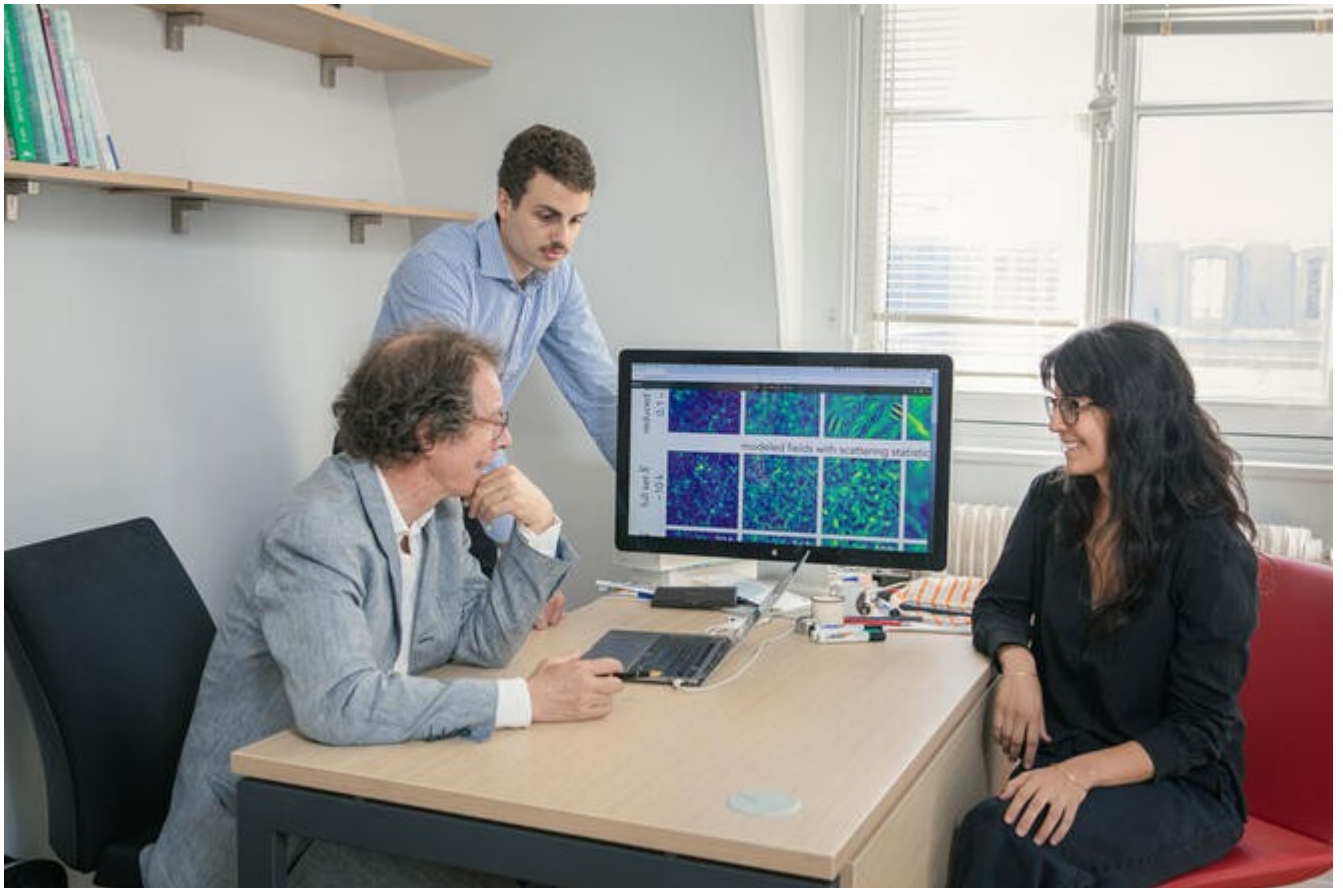
Partager

En alliant abstraction théorique et retombées concrètes, Stéphane Mallat, lauréat 2025 de la médaille d'or du CNRS, a marqué de son empreinte les mathématiques et les sciences informatiques. Du format de compression d'images JPEG 2000 aux fondements mathématiques de l'intelligence artificielle, il a façonné des outils devenus incontournables.

« On imagine souvent les mathématiques comme un corpus de concepts abstraits, qui s'appliquent "d'en haut" à la réalité, souligne Stéphane Mallat. Mais, la plupart du temps, c'est l'inverse qui se produit : les problèmes du monde nous obligent à construire de nouveaux outils mathématiques. Or, pour les façonner, il faut "mettre les mains dans le cambouis", construire des ponts entre les

abstractions mathématiques et les questions concrètes du monde. Et c'est justement là, sur cette frontière entre les deux, que je me sens bien. »

L'œuvre scientifique du chercheur de 62 ans, grand front surmonté de cheveux ébouriffés, regard doux et bleu et sourire généreux, en atteste. Ses travaux ont profondément marqué les domaines des mathématiques appliquées au traitement du signal. Il est notamment l'inventeur d'un algorithme clé à l'origine du format JPEG 2000, et du décryptage mathématique des modèles d'apprentissage profond au cœur des intelligences artificielles.



« Tout au long de ma carrière, j'ai beaucoup travaillé avec mes doctorantes et doctorants, et de nombreux collaborateurs et collaboratrices, souligne Stéphane Mallat, médaille d'or 2025 du CNRS. Ils et elles m'ont accompagné pour formuler les bonnes questions, partager les succès aussi bien que les coups durs. »

Frédérique Plas / CNRS Images

Partager

Titulaire de la chaire de science des données au Collège de France et chercheur à l'École normale supérieure, membre de l'Académie des sciences, de la National Academy of Engineering américaine, cosignataire de 10 brevets, lauréat de la médaille de l'innovation du CNRS et de nombreuses autres distinctions internationales, Stéphane Mallat vient donc de se voir décerner la plus prestigieuse de toutes les récompenses scientifiques françaises : [la médaille d'Or du CNRS](#).

« L’extraordinaire puissance et la beauté des concepts abstraits »

Très tôt, le jeune Stéphane se révèle féru de maths – « *une bulle dans laquelle je me sentais bien* » –, mais elles sont à ses yeux trop éthérées pour qu’il envisage d’en faire son métier. Enfant, il aime « *construire des choses, incarner des idées, comme un ingénieur* », en faisant de la menuiserie. « *Si je suis revenu aux maths, c’est d’ailleurs à la faveur d’intuitions issues d’applications. J’ai alors compris l’extraordinaire puissance et la beauté des concepts abstraits, capables de capturer l’essence de réalités en apparence très différentes.* »

Après un cursus sans faute à Polytechnique, il s’envole pour l’Université de Pennsylvanie, aux États-Unis, où, en 1988, il soutient une thèse en maths appliquées au traitement d’images sous la direction de Ruzena Bajcsy – « *une pionnière du domaine* », à une époque où le numérique explose.

Une image de 1000 x 1000 pixels contient 1 million de valeurs numériques. Chaque pixel est un nombre compris entre 0 (noir) et 255 (blanc). Comment extraire de l’information d’une telle avalanche d’octets ? Sa directrice de thèse lui propose d’essayer de le faire en modifiant la résolution des images.

Un nombre minimum de structures élémentaires

Tout au long de sa thèse, puis durant les huit années suivantes, au prestigieux Institut Courant de New York, Stéphane Mallat s’emploie à révéler des principes qui gouvernent l’extraction d’information de toutes sortes de données numériques (des images, des sons, des électrocardiogrammes), avec un objectif en tête : représenter des données de grande taille comme une superposition d’un nombre minimum de structures élémentaires.

C’est un peu comme si l’on voulait construire une maison en Lego, en utilisant le moins de briques possibles et en se laissant la possibilité de définir la forme de ces briques élémentaires.

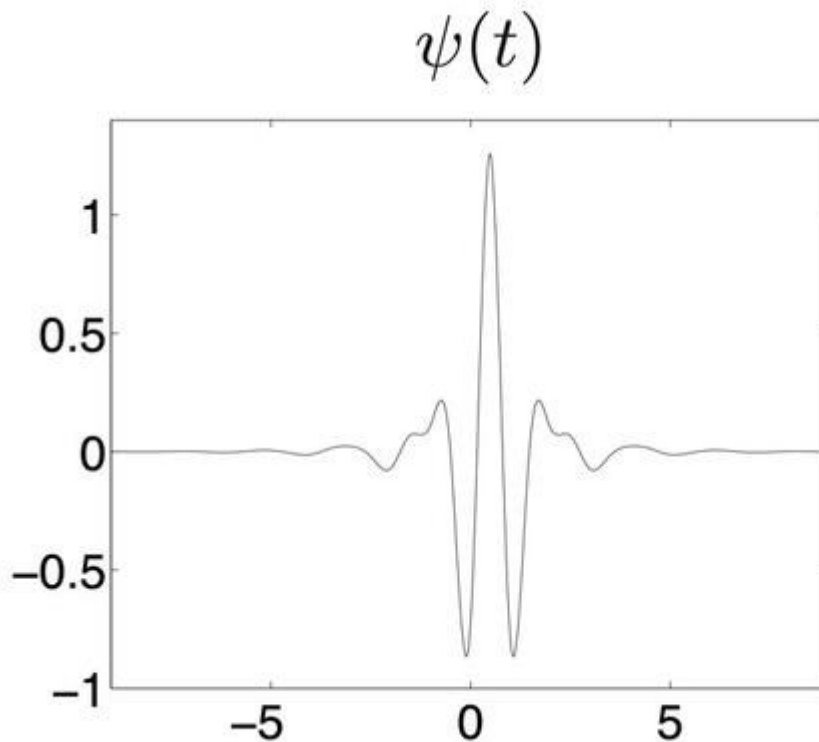
« *C’est un peu comme si l’on voulait construire une maison en Lego, en utilisant le moins de briques possibles et en se laissant la possibilité de définir la forme de ces briques élémentaires* », prend-il soin d’exposer clairement, toujours en souriant et en faisant danser ses mains devant lui à la manière d’un chef d’orchestre.

Cette question de représentation parcimonieuse, qui rappelle le principe de simplicité du rasoir d’Ockham¹ en philosophie, se pose dans tous les domaines. En musique par exemple, une mélodie polyphonique est constituée d’une succession de briques élémentaires que sont les notes, chacune dotée d’une hauteur et d’une durée propre.

« *Concernant une image, si l’on veut être parcimonieux, il faut se concentrer sur les variations significatives – un contour, un changement abrupt de couleur*, détaille Stéphane Mallat. *En mathématiques, on tente de capturer l’essence du problème – la recherche de parcimonie – en se libérant du contexte de ces applications spécifiques, pour trouver des solutions générales qui auront ensuite un large champ d’applications.* »

Rencontre avec les « ondelettes » d'Yves Meyer

Dès le début de sa carrière, il se met en quête de ces structures essentielles capables de représenter avec parcimonie n'importe quel type de données. La sérendipité va le mettre sur le chemin de ces briques élémentaires.



Une ondelette dite « de Meyer » est une petite onde qui oscille sur un petit domaine, puis s'annule rapidement.

Département d'Informatique de l'École normale supérieure - UMR8548

Partager

Sur la plage, un été, un ami lui parle des travaux du [mathématicien Yves Meyer](#) sur les « ondelettes ». En mathématiques, une ondelette est une courbe qui oscille sur un petit domaine puis s'annule. Intrigué, il se procure son article, qui démontre notamment que l'on peut représenter n'importe quelle courbe complexe comme une superposition d'ondelettes très particulières. Le problème mathématique posé par Yves Meyer était de comprendre s'il était possible de construire d'autres types d'ondelettes pouvant produire des décompositions plus parcimonieuses².

En traitement d'images, les ondelettes peuvent s'interpréter comme des détails qui augmentent progressivement la résolution des images.

« J'ai trouvé une solution à cette question mathématique à partir du problème de traitement d'images posé par Ruzena Bajcsy, explique Stéphane Mallat. En traitement d'images, les ondelettes peuvent s'interpréter comme des détails qui augmentent progressivement la résolution des images. En suivant ce chemin, j'ai introduit la théorie des analyses à différentes résolutions, qui permet de construire toutes les ondelettes mathématiques. Ainsi, l'intuition issue du traitement d'images m'a donné la solution du problème mathématique, mais c'est l'abstraction mathématique qui m'a permis de comprendre comment calculer la "transformée en ondelettes". »

Comprenez : un algorithme rapide qui réécrit n'importe quelle donnée numérique, par exemple une

image constituée de millions de pixels, en une superposition d'un nombre beaucoup plus réduit d'ondelettes décrivant chacune une variation locale de l'image.

« Si Ruzena Bajcsy a été mon mentor côté applications, raconte Stéphane Mallat, Yves Meyer a sans conteste été celui de l'abstraction, et je passe toujours de l'un à l'autre. »

Une nouvelle norme mondiale

Puissant, capable de rapidement compresser des images sans perte d'information, l'algorithme de Mallat est au cœur de nombreuses applications émergeant au tournant du millénaire, dont le standard de compression d'images : le JPEG 2000. Sous la houlette du chercheur, le langage mathématique des ondelettes a ainsi engendré une norme mondiale utilisée non seulement dans les logiciels, mais aussi dans de nombreuses bases de données médicales, météorologiques, astronomiques...



Transformée en ondelettes d'une image : on obtient une représentation parcimonieuse de l'image. Ses textures et ses contours sont codés en ondelettes par les points noirs (à droite) selon trois orientations, à différentes résolutions successives. Cette représentation est utilisée par le standard de compression d'images JPEG 2000.

Photo Andreas Tille CC BY-SA 3.0 ; à droite, Département d'Informatique de l'École normale supérieure - UMR8548

Partager

Déjà auréolé de succès et reconnu dans le monde entier comme un scientifique avec lequel il faut désormais compter, le bâtisseur de ponts continue sur sa fulgurante lancée. Il entend pousser plus loin encore la sobriété dans la représentation des données dont il est l'artisan : « À l'écrit, avec un vocabulaire réduit, on peut certes dire des choses complexes, mais on s'expose alors au risque de devoir faire de longues périphrases et, in fine, d'être approximatif. Pour produire des phrases plus courtes, plus percutantes, il faut enrichir son vocabulaire. C'est pourquoi j'ai introduit le concept

de “dictionnaire mathématique” comprenant un grand nombre de briques élémentaires, plus spécialisées que des ondelettes. »

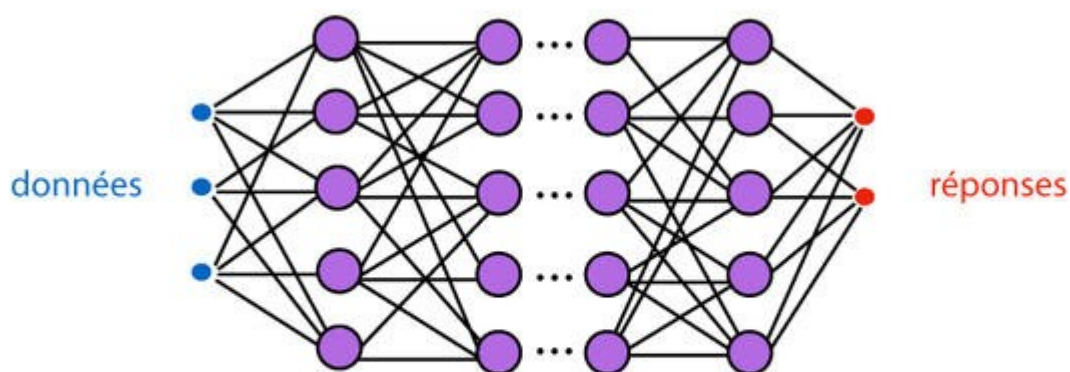
« D’enseignant-chercheur à CEO »

De retour en France, alors directeur du département de mathématiques de l’École polytechnique depuis 1998, il applique ces résultats en construisant des dictionnaires de bandelettes, pour mieux représenter les images et la géométrie des contours. Ce qui le pousse à changer de vie.

En 2001, avec trois de ses anciens doctorants, il fonde la start-up Let It Wave. *« Quasiment du jour au lendemain, je suis passé d’enseignant-chercheur à CEO et j’ai découvert un nouveau monde : le marketing, la négociation des levées de fonds, l’angoisse que l’aventure s’arrête brutalement faute de subsides... C’était passionnant, et par certains aspects, semblable à la recherche : les entrepreneurs ont aussi besoin de s’enthousiasmer comme des gamins pour une idée dont ils pensent qu’elle peut révolutionner le monde, même si elle peut s’effondrer dans les quinze jours. Ils ont une vision, ne sont jamais blasés, ce qui, à mes yeux, est une indispensable qualité. Mais en changeant de monde, j’ai réalisé à quel point la recherche et l’enseignement me manquaient. »*

Réseaux de neurones profonds

Trop de concret, pas assez d’abstrait. Alors, après avoir avantageusement vendu Letitwave, il retourne à Polytechnique en 2007, où il crée des cours d’entrepreneuriat pour les étudiants. Une façon de passer le flambeau du bâtisseur.



Un réseau de neurones informatique prend des données en entrée (par exemple, une image) et estime la réponse à une question, qu’il donne en sortie. Un réseau profond inclut un grand nombre de couches. Chaque neurone d’une couche (en violet) est connecté avec les neurones de la couche suivante, via des liens qui sont ajustés pendant l’apprentissage.

Stéphane Mallat

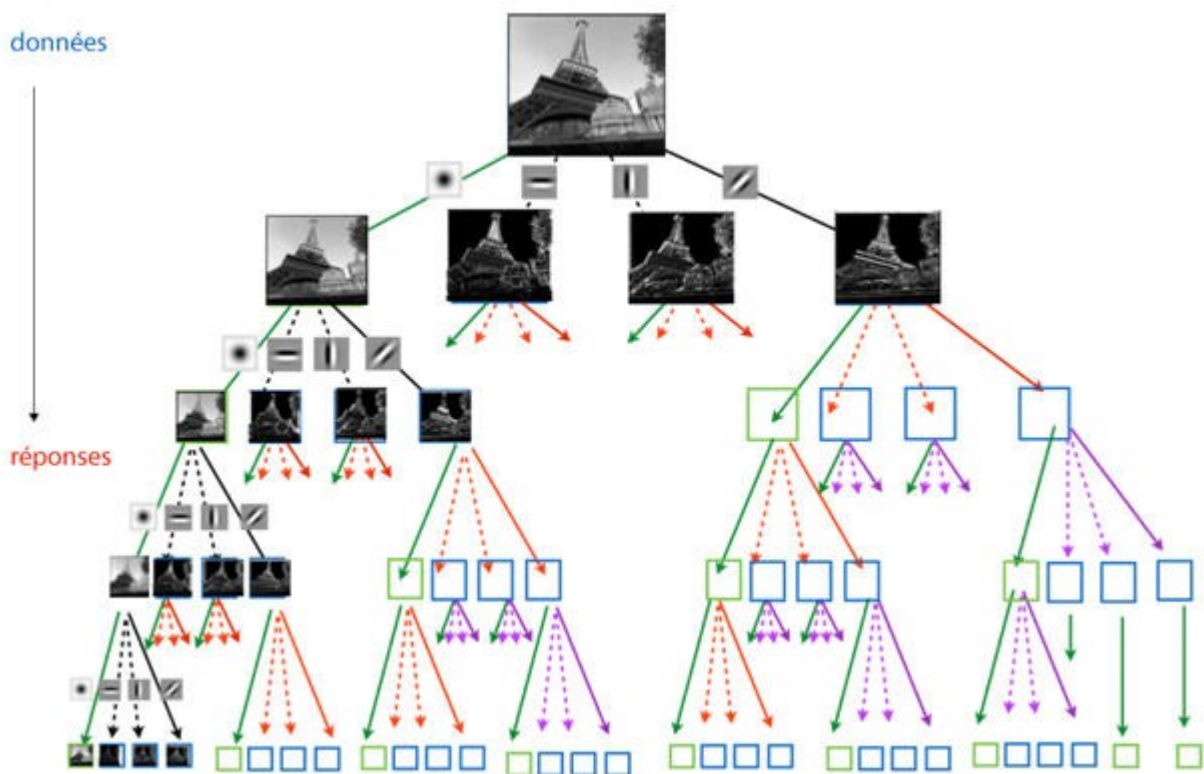
Partager

« Mais, en tant que chercheur, j'ai eu un moment de vide. Je n'avais pas envie de refaire la même chose qu'avant, toutes les idées que j'avais semblaient avoir déjà été explorées... Je doutais, je me disais qu'à 45 ans, j'étais peut-être trop vieux pour reprendre la recherche, inventer de nouvelles maths ou de nouveaux algorithmes... »

Et puis, tout s'est éclairé. En 2008, Stéphane Mallat découvre les résultats de [Yann LeCun](#) sur les réseaux de neurones profonds. « Je connaissais suffisamment les applications au traitement d'images pour réaliser que ces programmes informatiques inspirés du cerveau humain n'apportaient pas qu'un simple progrès, mais un véritable changement de paradigme. »

Mystère de l'apprentissage

Stéphane Mallat plonge alors la tête la première dans le monde de l'[intelligence artificielle](#), avec un objectif : élaborer des modèles mathématiques pour comprendre les étonnantes performances des réseaux de neurones.



Les travaux de Stéphane Mallat modélisent le fonctionnement des réseaux de neurones par une organisation hiérarchique de l'information des données. La première étape est une transformée en ondelettes, ici illustrée sur une image. Les propriétés des couches profondes des réseaux de neurones restent mystérieuses.

Département d'Informatique de l'École normale supérieure - UMR8548

Partager

Ces réseaux de neurones apprennent à répondre à une question en analysant une donnée : par exemple, identifier l'animal présent sur une image. Durant leur entraînement, on leur fournit des millions d'exemples avec, à chaque fois, la bonne réponse – le nom de l'animal correspondant à

chaque image. Tout comme un élève qui s'entraîne sur des exercices, le réseau apprend en modifiant ses réglages internes pour faire moins d'erreurs.

Comment un réseau de neurones parvient-il à calculer autant de bonnes réponses sur des nouvelles images qu'il n'a jamais vues ?

« Mais comment parvient-il à calculer autant de bonnes réponses sur des nouvelles images qu'il n'a jamais vues ? C'est un mystère, car ces problèmes sont très complexes, insiste le chercheur. Quel type d'informations a-t-il appris à extraire des données ? J'observais que ces réseaux de neurones calculent au départ une "transformée en ondelettes". Cela me rappelait les résultats de neurophysiologistes, qui ont aussi trouvé des "transformées en ondelettes" dans les premières aires de notre cortex visuel, ainsi que dans la cochlée de l'oreille. »

Les bases mathématiques des modèles d'apprentissage profonds

Fort de son expertise et de cette vision interdisciplinaire, Stéphane Mallat montre qu'un réseau de neurones construit des représentations hiérarchiques. Il sépare les plus grandes structures (par exemple, le contour grossier d'un visage dans une image) et représente les composantes plus fines relativement aux composantes plus larges (par exemple, les yeux relativement au visage, puis la pupille relativement à l'œil).

« La transformée en ondelettes est une première étape pour construire cette hiérarchie », précise Mallat.

En levant ce mystère, le chercheur a jeté des bases mathématiques des modèles d'apprentissage profonds, sur lesquelles reposent aujourd'hui bon nombre d'IA modernes. *« Mais plus on avance dans les couches des réseaux, plus ces derniers détectent des structures sophistiquées, précise-t-il. Certains neurones s'activent pour des choses très précises, comme une mélodie ou un visage. C'est comme si ces couches profondes représentaient les données avec des "dictionnaires mathématiques" très riches et très spécialisés, mais dont les propriétés restent mal comprises par les scientifiques. »*

Stéphane Mallat travaille des modèles mathématiques pour la génération de données par réseaux de neurones.

Frédérique Plas / CNRS Images

Partager

En science, on n'avance quasiment jamais seul.

Contrôler et réguler les intelligences artificielles

Tous ces résultats, insiste-t-il, ont été obtenus collectivement : *« En science, on n'avance quasiment jamais seul. Tout au long de ma carrière, j'ai beaucoup travaillé avec mes doctorantes et doctorants, et de nombreux collaborateurs et collaboratrices. Ils et elles m'ont accompagné pour formuler les bonnes questions, partager les succès aussi bien que les coups durs. Chacun à sa manière, a apporté des contributions fondamentales. »*

Menacent-elles nos sociétés, ces intelligences artificielles sur lesquelles Stéphane Mallat planche encore aujourd'hui ? « Elles sont porteuses de fabuleux progrès, par exemple en médecine, mais, comme toute technologie, elles présentent aussi des dangers – pour le respect de la vie privée et à cause de leur potentielle utilisation militaire... Il est donc indispensable de les contrôler et de réguler, estime le chercheur, mais ce n'est pas qu'une affaire de gouvernements. »

« J'adore danser »

« Chacun d'entre nous est confronté à cette révolution, poursuit le chercheur, et aura besoin de s'adapter pour profiter du meilleur tout en évitant les dérives. Cela nécessite de comprendre l'IA, de ne pas la mythifier. C'est notamment dans ce but que j'ai créé MathADa3, un programme d'enseignement des mathématiques au lycée, en lien direct avec la résolution de problèmes pratiques d'IA. On voit que collégiens et lycéens sont bien plus motivés à apprendre les maths si on leur montre qu'elles sont au centre de grandes questions et d'outils de leur quotidien. »

Que faites-vous, Stéphane Mallat, quand vous ne naviguez pas dans un océan de données, quand vous ne bâtissez pas des ponts entre les grandes idées et la réalité ? « ? « J'adore danser. Le tango, le rock... parfois sur les quais de Seine. Quand je danse, je suis dans un autre monde, celui de la musique et de ma partenaire. Je déconnecte. » Tous les bâtisseurs n'ont-ils pas besoin de parfois souffler ? ♦



La médaille d'or 2025 du CNRS est décernée au mathématicien Stéphane Mallat, notamment pour ses travaux sur le stockage de données

Le chercheur est reconnu pour ses travaux sur les "ondelettes", une méthode qui permet de stocker des données avec peu de mémoire et de les analyser efficacement.

[commenter](#)

•



Article rédigé par [franceinfo avec AFP](#)

France Télévisions

Publié le 11/09/2025 11:23 Mis à jour le 11/09/2025 11:54

Temps de lecture : 2min



Le mathématicien Stéphane

Mallat, le 6 février 2025 à Paris. (JOEL SAGET / AFP)

La médaille d'or 2025 du CNRS, l'une des plus prestigieuses récompenses scientifiques françaises, a distingué le [mathématicien Stéphane Mallat\(Nouvelle fenêtre\)](#). Le chercheur de 62 ans a été récompensé, jeudi 11 septembre, pour ses travaux sur le stockage des données, qui travaille actuellement sur la modélisation mathématique des réseaux de neurones pour expliquer les fondements de l'intelligence artificielle, dont il est un acteur phare.

Stéphane Mallat est professeur au Collège de France et membre du département d'informatique de l'Ecole normale supérieure. Il est un spécialiste *"mondialement reconnu pour ses travaux sur les ondelettes, une méthode qui permet de stocker des données avec peu de mémoire et de les analyser efficacement"*, explique le CNRS dans un communiqué.

Le mathématicien a aussi mené des recherches pionnières et *"des travaux autour des neurones, de l'apprentissage profond et de l'IA générative"*, influençant considérablement *"les domaines scientifiques des mathématiques et de l'informatique, amenant par exemple à des développements en physique et en chimie"*.

Il a déposé dix brevets internationaux

Le PDG du CNRS, Antoine Petit, a salué *"les travaux novateurs de Stéphane Mallat [qui] ont profondément transformé le traitement du signal et de l'image, ainsi que l'IA moderne"*. Partant de travaux théoriques originaux, le chercheur a développé leurs applications jusqu'au transfert industriel, en déposant notamment dix brevets internationaux, rappelle le CNRS. Il a fondé en 2001 la start-up Let It Wave qu'il a dirigée jusqu'en 2007. Celle-ci transforme ses avancées théoriques majeures en technologies industrielles comme, par exemple, le développement des puces de super-résolution pour la vidéo haute définition.

Né en 1962 à Suresnes (Hauts-de-Seine), Stéphane Mallat a été professeur de mathématiques et d'informatique à l'institut Courant de l'université de New York de 1995 à 1998. Il est revenu en France pour présider le département en mathématiques appliquées de l'Ecole Polytechnique de 1998 à 2001 et y a enseigné jusqu'en 2012 avant de rejoindre l'ENS puis le Collège de France en 2017. Il recevra sa médaille d'or lors d'une cérémonie le 17 décembre, avec une dotation de 50 000 euros de la Fondation CNRS.

Entre mathématiques et informatique, Stéphane Mallat médaillé d'or 2025 du CNRS

11 septembre 2025

Institutionnel

- Créée en 1954, la médaille d'or du CNRS distingue les carrières scientifiques ayant contribué de manière exceptionnelle au dynamisme et au rayonnement de la recherche française.
- Cette année, elle revient à Stéphane Mallat, reconnu dans le monde entier pour ses travaux autour des mathématiques appliquées au traitement du signal et à l'intelligence artificielle.
- Ses découvertes sur la géométrie des données sont cruciales pour permettre de modéliser et comprendre les propriétés des données massives et multidimensionnelles.

La médaille d'or du CNRS, l'une des plus prestigieuses récompenses scientifiques françaises, est cette année décernée à Stéphane Mallat. Mondialement reconnu pour ses travaux sur les ondelettes, une méthode qui permet de stocker des données avec peu de mémoire et de les analyser efficacement¹, il est aujourd'hui un acteur phare de l'intelligence artificielle. Ce professeur au Collège de France et membre du Département d'informatique de l'ENS a en effet développé des travaux autour des réseaux de neurones, de l'apprentissage profond et de l'IA générative. Pionnières, toutes ses recherches ont eu une influence considérable et profonde dans les domaines scientifiques des mathématiques et de l'informatique, amenant par exemple à des développements en physique et en chimie. La médaille d'or du CNRS, accompagnée d'une dotation de 50 000 euros de la Fondation CNRS, lui sera remise le 17 décembre 2025 lors d'une cérémonie à Paris.

Connu pour avoir notamment construit un continuum entre les mathématiques, les mathématiques appliquées et l'informatique, Stéphane Mallat a ainsi fondé la chaire « Science des données » au Collège de France. Au cours de toute sa carrière, Stéphane Mallat a su combiner rigueur scientifique, impact technologique et vision interdisciplinaire. Ses travaux ont eu un impact profond et durable et ses contributions formalisent des concepts fondateurs, tout en ouvrant de nouveaux champs de recherche rapidement explorés par une large communauté scientifique.

Antoine Petit, président-directeur général du CNRS, a salué les réalisations du lauréat : « *De la théorie des ondelettes à l'IA générative, les travaux novateurs de Stéphane Mallat ont profondément transformé le traitement du signal et de l'image, ainsi que l'IA moderne. En lui décernant la médaille d'or 2025, le CNRS salue le parcours exceptionnel, à l'interface entre mathématiques et informatique, d'un scientifique visionnaire à la renommée internationale. Cette distinction rappelle que tous les développements actuels de l'intelligence artificielle prennent racine dans la recherche fondamentale. Elle met en lumière la science des données, une jeune discipline, qui s'appuie sur l'algorithmique et s'ancre dans la tradition d'excellence mathématique française.* »

Son parcours à la croisée des mathématiques et de l'informatique est exemplaire : partant de travaux théoriques vraiment originaux, il a développé leurs applications jusqu'au transfert industriel, en déposant notamment dix brevets internationaux. Depuis de nombreuses années, Stéphane Mallat est

passionné par les applications concrètes de ses travaux et a toujours cultivé un dialogue actif avec le monde de l'innovation, si bien qu'il fonde en 2001 la start-up « Let It Wave » qu'il a dirigée jusqu'en 2007. Celle-ci transforme ses avancées théoriques majeures en technologies industrielles comme par exemple, le développement des puces de super-résolution pour la vidéo haute définition. Son parcours, marqué par des allers-retours entre recherche académique et entrepreneuriat, illustre son engagement à faire le lien entre science fondamentale et impact technologique.

Né en 1962 à Suresnes, Stéphane Mallat a tout d'abord étudié à l'École Polytechnique en 1981 avant d'obtenir un Ph.D (Diplôme universitaire de doctorat) à l'université de Pennsylvanie aux États-Unis en 1988. Il soutient sa thèse d'habilitation en mathématiques à l'université de Paris-Dauphine en 1992 avant de devenir professeur de mathématiques et d'informatique à l'institut Courant de l'université de New York de 1995 à 1998. Après ces années outre Atlantique, Stéphane Mallat revient en France où il préside le département en mathématiques appliquées de l'École Polytechnique de 1998 à 2001. Il y exerce comme professeur jusqu'en 2012 avant de rejoindre le département d'informatique à l'École normale supérieure. Il est par la suite nommé professeur du Collège de France en 2017, où il est titulaire de la chaire « Science des données ».

Stéphane Mallat travaille désormais sur la modélisation mathématique des réseaux de neurones pour expliquer les fondements de l'intelligence artificielle. Il est également membre de l'Académie des sciences, de l'Académie des technologies et de la National Academy of Engineering aux États-Unis. Enseignant hors pair, Stéphane Mallat a formé plusieurs générations d'étudiantes et étudiants en école d'ingénieurs et à l'université, en France comme à l'étranger et a dirigé plus de vingt thèses de doctorat.

Stéphane Mallat est très engagé dans la transmission et le partage des savoirs à l'interface entre l'intelligence artificielle, les mathématiques et l'informatique. Il a initié plusieurs projets structurants, parmi lesquels Challenge Data, une plateforme en ligne qui propose des compétitions de traitement de données à destination d'étudiantes, étudiants, et scientifiques². En parallèle, il a lancé MathAData, une initiative dédiée aux élèves du secondaire, pour les motiver et leur enseigner les mathématiques au travers de problèmes concrets d'analyse de données en intelligence artificielle.

Tout au long de sa carrière, Stéphane Mallat a été distingué par de nombreuses récompenses remarquables. Grand prix EADS de l'Académie des sciences en 1997, il a également reçu en 2004 le prix CNRS du chercheur français le plus cité en sciences de l'ingénieur et le prix Milner Award de la Royal Society en 2023. [Lauréat de la médaille de l'innovation du CNRS en 2013](#), il a été fait officier de la légion d'honneur en 2024 et reçoit la même année le prix Sustained Impact Award sur 20 ans, de l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).