

LES SECRETS DE LA SURFACE  
LES MATHÉMATIQUES SELON MARYAM MIRZAKHANI

UN DOCUMENTAIRE DE LA CHAÎNE ARTE

DELARA JANDAGHI (Étudiant, Lycée Khorad, Téhéran) : quand on essaye dur de résoudre des problèmes que l'on connaît et dont on ne trouve pas la solution, et que tout à coup on se dit "Oh, c'est ça !", cela procure un grand sentiment de fierté et je pense que Maryam Mirzakhani a pu montrer cette passion à tout le monde.

ALI REJALI (Fondateur de la Maison des mathématiques d'Ispahan) : Partout vous voyez différents types d'arts qui commencent par les mathématiques. Par exemple, les bâtiments, les mosquées et les monuments que nous avons ici à Ispahan regorgent d'idées mathématiques.

MARYAM MIRZAKHANI : Quand je regarde certains articles qui contiennent de belles idées ou quand je parle à mes collaborateurs, je me sens vraiment fascinée, c'est comme écouter de la musique ou voir un dessin incroyable, c'est vraiment comme de l'art.

Les travaux pionniers de Maryam Mirzakhani ont donné aux mathématiciens de nouveaux outils puissants pour comprendre la géométrie des surfaces. En 2014, elle est devenue la première femme à remporter la médaille Fields, le prix le plus prestigieux en mathématiques.

ALEX WRIGHT (Université du Michigan) : L'essentiel des bonnes mathématiques est de trouver des problèmes qui sont motivants et importants et en quelque sorte connectés de manière centrale à de nombreuses autres parties des mathématiques.

Le travail de Maryam a non seulement résolu des problèmes, mais il en a également mis d'autres à portée de main.

MARYAM MIRZAKHANI (exposant des idées au tableau lors d'un cours) : Maintenant, j'avais mes demi-cercles ici et j'ai ajouté ces demi-cercles qui dépendaient de  $a_1$  à  $a_n$  mais qui fondamentalement...

PETER SARNAK (Institut d'Étude Avancée) : En mathématiques, nous sommes aujourd'hui à l'âge d'or : la topologie, la géométrie algébrique, la théorie ergodique, qui s'étaient en quelque sorte développées séparément, ont été combinées pour résoudre des problèmes de longue date.

JENYA SAPIR (Université de Brighamton, étudiante de Maryam) : Maryam a vu les influences de tous ces différents domaines sur un problème particulier. Ces problèmes faisaient tous partie du même monde, et vous savez, ils étaient tous connectés les uns aux autres. Au lieu d'essayer de comprendre seulement les implications, elle essayait de comprendre comment les choses interagiraient.

---

Référence du documentaire sur Arte, un film de George Csicsery :  
<https://www.arte.tv/fr/videos/109799-000-A/les-secrets-de-la-surface/>.  
Traduction : Denise Vella-Chemla, janvier 2023, assistée de Google translate.

*Vues de Téhéran et de l'Institut Kherad à Téhéran.*

MARYAM MIRZAKHANI : Je n'étais pas très bonne en mathématiques (*rires*). Au collège, une année, je n'étais même pas très bonne en mathématiques, parce que je n'étais pas très intéressée. J'étais surtout intéressée par la lecture de romans et de livres quand j'étais plus jeune, et je me souviens même de l'époque où je me racontais des histoires ; et nuit après nuit, je continuais l'histoire ; je pensais qu'un jour je deviendrais écrivain (*riant*).

JAN VONDRÁK (Informaticien, Université de Stanford, époux de Maryam) : elle s'enfermait dans sa chambre et prenait un grand bol de pommes et elle mangeait ces pommes une par une et lisait des livres tout l'après-midi.

SORAYA SHAKERI (Camarade de Maryam dans les petites classes) : Lors de la première année du collège, Maryam a demandé la date d'anniversaire de tous les élèves. Elle a donné un livre en cadeau à chaque élève.

JAN VONDRÁK : Maryam a deux frères Arash et Ali. Arash est en fait celui qui a peut-être fait débiter l'intérêt de Maryam pour les mathématiques.

À l'école primaire et dans sa famille, elle a appris à étudier les mathématiques, à penser les mathématiques.

*Images du Lycée de filles Farzanegan à Téhéran.*

SIAVASH SHAHSHAHANI (Professeur émérite de mathématiques, Université de technologie de Sharif) : à l'époque de la révolution iranienne, ces deux écoles ont été créées en Iran pour des étudiants exceptionnellement talentueux, une pour les garçons et une pour les filles, au départ juste dans la capitale Téhéran.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH (Professeur de mathématiques, Université de Washington) : Les étudiants de tous les différents districts scolaires de Téhéran passaient un examen d'entrée et ensuite les meilleurs (90 % d'entre eux) pouvaient intégrer cette école.

DORSA MAJDI (Lycée Farzanegan) : Quand nous sommes entrés au lycée, j'ai décidé que les cours de mathématiques me plaisaient, et le lycée nous a vraiment soutenues avec des ressources, des enseignants ; le lycée Farzanegan est le lycée où Mirzakhani a étudié.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Maryam et moi nous sommes rencontrées en 1988, nous venions de commencer le collège et nous sommes rapidement devenues des amies proches, et nous avons continué à partager un bureau pendant les sept années suivantes au collège et au lycée.

MASUMEH ZENDEGI NEJAD (Lycée Farzanegan, premier professeur de Maryam) : Lorsque Maryam et Roya Beheshti étaient dans ma classe, je les mettais ensemble. Je leur donnais des problèmes plus compliqués. Elles se motivaient l'une l'autre et formaient une équipe remarquable.

Notre professeur nous a rendu notre test, et Maryam a récupéré son test, et elle avait un score de 16 sur 20. Elle était mécontente et elle a dit “Tu sais que c’est tout ce que je peux faire, je ne vais même pas essayer de faire mieux.”. Mais les choses ont changé quand nous sommes allées en septième année, elle a commencé à obtenir de très bons résultats.

YASAMAN FARZAN (physicien, IPM, camarade de classe de Maryam) : Elle se faisait un devoir de résoudre n’importe quel problème à la main de plusieurs manières différentes. C’était même une blague que Maryam ait résolu ce problème de quatre manières différentes.

KIA DALILI (camarade de classe de Maryam) : Nous avons un professeur de géométrie Mr Niousha et il parlait toujours de cette autre école à laquelle il pensait, et de ces deux filles qui étaient brillantes là-bas, et du fait qu’on devrait toutes apprendre quelque chose d’elles, c’étaient Maryam et Roya. Presque chaque semaine dans notre classe, il parlait de ce qu’elles avaient fait et de la rapidité avec laquelle elles avaient résolu le problème.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : C’était toujours très motivant d’essayer de rivaliser avec les garçons.

JAFAR NIOUSHA (enseignant du lycée) : Maryam et Roya étaient dans ma classe. J’ai réalisé peu à peu qu’elles avaient un bien meilleur niveau que leurs camarades.

AKBAR TORABI (dans l’équipe de Maryam pour les Olympiades de mathématiques) : M. Niousha leur a donné ces problèmes. Elle a résolu certains problèmes avec quatre, six ou huit types de solutions.

MARYAM YAZDANPARAST (Principal, camarade de classe de Maryam en collège) : J’étais une camarade de classe de Maryam quand nous avons 14-15 ans. Maryam était si rapide que c’était magnifique qu’elle ait pu résoudre un problème qui était vraiment difficile pour nous tous. Parfois, elle ne pouvait même pas expliquer, elle pouvait penser si vite.

MASUMEH ZENDEGI NEJAD : Ce qui a fait son succès, c’est son travail acharné, le fait qu’elle était très concentrée sur ses études et ses recherches et qu’elle s’entraînait beaucoup, elle s’entraînait, elle s’entraînait.

OMID KARAMZADEH (Shahid Chamran, travaillant au Département de mathématiques de l’Université d’Ahvaz) : Pour moi, Maryam était une enfant prodige. Elle n’était pas reconnue comme telle, même par ses parents ou par son professeur. Mais comme elle a fait d’excellentes mathématiques quand elle était jeune, elle répond bien à la première définition d’enfant prodige.

*Ispahan (Iran)*

L’un des moyens d’attirer les jeunes vers les mathématiques est d’organiser des concours. Nous avons donc lancé des concours de mathématiques à Ispahan en 1983. Et beaucoup d’élèves sont venus aux mathématiques grâce à ces concours.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Nous entendions parler des élèves qui avaient bien réussi à ces con-

cours. C'était toujours très excitant d'essayer de deviner comment nous ferions, vous savez, par rapport à eux.

MARYAM MIRZAKHANI : Nous sommes allées voir la Directrice de notre école et avons exigé de participer à cette compétition et elle s'y est montrée très favorable. Et nous avons participé cette année-là au tour national de la compétition et il n'y avait pas de filles dans l'équipe nationale avant nous.

KHEIRIEH BEIGOM HAERIZADEH (Directrice de l'Institut Kherad, Première Principale de l'école Farzanegan) : J'ai reçu une lettre de l'Université de Sharif qui offrait un programme d'été pour des élèves de seconde. J'ai dit à l'Université de Sharif que je voulais envoyer deux élèves de 3<sup>ième</sup>. Ils n'ont pas voulu ! Ayant moi-même étudié à Sharif, j'ai utilisé mes connexions et j'ai insisté. J'ai fini par réussir à envoyer ces deux élèves.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Nous avons participé à cet atelier après avoir terminé la neuvième année. Mais c'était la première fois que nous étions mélangées avec des garçons.

ERFAN SALAVATI (Directeur de l'équipe iranienne pour les Olympiades, Université Amirkabir de Technologie) : Le sujet principal de l'Olympiade mathématique est la résolution de problèmes. Nous avons des classes de résolution de problèmes dans quatre grands domaines des mathématiques ; c'est la théorie des nombres, la combinatoire, la géométrie et l'algèbre.

KASRA RAFI (Professeur of Mathématiques, Université de Toronto, Premier entraîneur de l'équipe iranienne pour les Olympiades) : Je leur ai donné beaucoup de problèmes que j'ai trouvés dans différentes sources. Je ne savais pas comment résoudre l'un de ces problèmes, elle a écrit une solution et elle me l'a donnée. J'ai donc dû aller chercher un manuel sur l'analyse complexe et le lire pour simplement apprendre les termes qu'elle utilisait, puis voir si les lemmes qu'elle utilisait étaient réellement corrects.

EBADOLLAH MAHMOODIAN (Professeur émérite de mathématiques, Université Sharif de Technologie) : Dans ce programme, j'avais l'habitude de donner deux conférences environ chaque année et je leur présentais des problèmes ouverts.

YAHYA TABESHA (Professeur émérite de mathématiques, Université Sharif de Technologie) : Ebadollah Mahmoodian a porté à l'attention des étudiants un ensemble de problèmes. Et ils contenaient un bon problème en théorie des graphes et en combinatoire. Maryam l'a prouvé dans le cas général et ils l'ont publié. Ce fut le premier article publié par Maryam.

Roya et Maryam ont été les premières étudiantes à être inscrites sur la liste des entrées aux Olympiades pour l'équipe internationale.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Quand nous avons participé à l'Olympiade, c'était en 1994 à Hong Kong, Maryam a obtenu une médaille d'or, elle a obtenu 40 sur 42, et j'ai obtenu la médaille d'argent.

MARYAM MIRZAKHANI : Je pense que cela m'a montré en quelque sorte la beauté des mathématiques. Parce que je me suis excitée sur ce sujet peut-être juste comme un défi. Mais ensuite j'ai réalisé que c'était vraiment sympa et que j'appréciais ça. Cela m'a donc donné l'occasion de réfléchir davantage à certains problèmes de mathématiques.

YAHYA TABESHA : C'était en 95. L'Olympiade a eu lieu au Canada, elle a reçu la médaille d'or et à cette époque, c'était une note correspondant à une réussite complète, de 42 sur 42.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Elle est revenue en minimisant son exploit : elle a dit que c'était la seule année où c'était si facile d'obtenir un score complet.

À cette époque, il n'y avait que trois personnes iraniennes qui avaient obtenu cette note complète aux Olympiades internationales. Et donc à nos yeux, elle était une sorte de héros et de champion.

Elle devint bien connue, sa photo apparaissait dans les journaux, plus de femmes firent des mathématiques après ça.

MAHSHID POURMAND (Enseignant de mathématiques et physiques, Lycée Wellesley) : Maryam était comme une superstar dans n'importe quelle maison à cette époque. Être une fille et avoir remporté une médaille d'or aux Olympiades a été très inspirant et très réconfortant pour tous les élèves de chez nous, ainsi que pour moi aussi, de savoir que ça n'était pas impossible.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : En Iran, quand nous grandissions, il n'y avait jamais de perception négative sur les femmes faisant des mathématiques ou des sciences. Nous n'avons jamais eu l'impression que les mathématiques n'étaient pas un métier féminin.

CUMRUN VAFA (Département de physique, Université de Harvard) : Le fait que les femmes soient à égalité avec les hommes, du moins en termes de capacités, n'est pas nouveau en Iran. Je pense que cet aspect a été et est toujours reflété par la composition des étudiants et des universités en Iran aujourd'hui.

YAHYA TABESHA : Dans l'enseignement supérieur, vous avez presque plus de 50 % de filles. A Sharif, plus de 40 % des étudiants de première année sont des filles.

HOSSEIN MASOUMI HAMEDANI (Institut iranien de philosophie) : Les femmes en Iran ne sont pas un groupe privilégié, donc elles doivent essayer de trouver une meilleure situation sociale, en entrant dans les Arts, dans les Sciences. Appartenir à ce groupe défavorisé a cet avantage que vous êtes obligé de travailler dur.

Maryam, après avoir terminé ses études, a décidé d'aller étudier à l'Université Sharif.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : En tant que membres de l'équipe de l'Olympiade, nous n'avons pas eu à passer l'examen d'entrée. Nous pouvions choisir tout ce que nous voulions faire au Collège.

YAHYA TABESHA : Son premier choix a été de venir au Département des Sciences Mathématiques

de l'Université de Technologie Sharif.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Nous avons fréquenté l'Université de 1995 à 1999. Le directeur du département était le professeur Tabesha et nous avons reçu beaucoup de soutien de sa part.

YAHYA TABESHA : Nous avons fait un centre d'excellence, les avons laissés grandir à leur rythme, sans les contrôler, sans les pousser. Tôt le matin, ils se réunissaient en cercle devant le département de mathématiques, parlant mathématiques entre eux. Roya était là, Maryam était là.

UN PROFESSEUR D'UNIVERSITÉ : Nous avons un cursus très ouvert. Les étudiants pouvaient progresser facilement, ils pouvaient suivre des cours de deuxième cycle pendant leurs études de premier cycle, comme l'a fait Maryam. Nous leur avons donné plus de liberté qu'ils n'auraient pu en avoir dans les autres universités.

UN CAMARADE DE MARYAM DE CETTE ÉPOQUE : Nous avons beaucoup joué au football. Maryam a toujours dit qu'elle voulait venir jouer, la seule fille qui l'ait jamais fait, elle est venue et s'est disputée avec la personne pour qu'on la laisse rentrer et jouer au foot.

YAHYA TABESHA : Elle est également devenue membre du comité des Olympiades et elle a été formatrice des nouveaux olympiens. Dans ce cadre, en regardant comment elle pouvait concevoir de nouveaux problèmes, elle a eu une vision très approfondie des mathématiques.

KASRA RAFI (Professeur de mathématiques, Université de Toronto) : J'ai des articles qui ont été publiés quand elle était en premier cycle. Une histoire assez amusante est qu'on lui a demandé d'arbitrer la proposition de subvention de quelqu'un d'autre alors qu'elle était étudiante de premier cycle parce qu'elle s'était déjà bâtie une réputation basée sur ses résultats.

OMID NAGHSHINEH ARJMANDI (Université Amir Kahir) : Avec son amie, Mlle Beheshti, elle a écrit un manuel pour aider les élèves doués.

TINA TORKAMAN (Étudiant diplômé de l'Université d'Harvard) : J'ai décidé de participer aux Olympiades et j'ai commencé par lire un livre et l'un d'eux était le livre de théorie des nombres de Maryam. Il y avait quelque chose de spécial et de différent dans ce livre : il a été écrit par deux Iraniennes, Maryam et Roya Beheshti.

UN PARTICIPANT AUX OLYMPIADES : Il contient à la fois les beaux problèmes de l'Olympiade mathématique et les théorèmes mathématiques profonds que vous pouvez trouver dans les livres universitaires.

UNE ÉTUDIANTE : Avant qu'elle n'écrive ce livre, il n'y avait aucune ressource pour que les élèves étudient dans le but de passer les Olympiades et elle a écrit quelque chose de très complet pour les étudiants qui veulent apprendre ces mathématiques particulières pour les Olympiades. Après de nombreuses années, nous l'utilisons toujours, il nous est encore utile pour apprendre.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Nous sommes allés à Ahvaz, dans le sud de l'Iran, pour participer à

cette conférence étudiante.

Environ 40 étudiants sont allés à la ville d'Ahvaz, c'était dans la partie sud de l'Iran avec le bus. La conférence a eu lieu et ils ont organisé le concours, Maryam a terminé à la première place du concours.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Nous avons quitté Ahvaz juste avant minuit, il pleuvait et sur le chemin du retour, le bus a fait une sortie de route et il est tombé dans une rivière, et plusieurs de nos amis ont été tués.

OMID KARAMZADEH (Département de Mathématiques, Université Shahid Chamran d'Ahvaz) : Dans l'obscurité, le conducteur n'a pas reconnu correctement la route, donc le bus s'est écrasé, a plongé dans la Grande Vallée et sept des étudiants sont morts sur le coup.

YAHYA TABESHA : Maryam était dans le bus, Roya était dans le bus. Roya a eu besoin d'une intervention chirurgicale.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : J'ai alors passé quelques nuits à l'hôpital là-bas, mon foie a été endommagé, donc j'ai subi une opération et il y avait deux autres personnes, Kia et Iman.

AMI DE MARYAM : Les gens venaient me rendre visite et voyaient comment j'allais et Maryam était l'une d'entre eux. Elle est devenue très émotive et je n'avais aucune idée de pourquoi. Ce n'est que plus tard que j'ai réalisé qu'elle avait supposé que j'étais décédé.

UN AUTRE AMI : Plusieurs de nos amis étaient hospitalisés et on voulait savoir ce qui leur était arrivé. J'ai pleuré pendant tout le trajet jusqu'à Téhéran. Nous avons perdu nos meilleurs amis.

*Monument pour les victimes de l'accident de Sharif.*

Ce fut une grande perte pour notre comité scientifique. Nous ne l'oublierons jamais.

On supposait en quelque sorte que si vous étiez le premier de la classe et que vous vouliez continuer et faire un doctorat, vous quitteriez le pays.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Le professeur Shahshahani a suggéré qu'afin d'augmenter nos chances à tous d'être admis dans de bonnes universités, nous devrions chacun choisir une école à laquelle les autres ne postuleraient pas. Maryam a choisi Harvard et j'ai choisi le MIT parce que nous voulions être proches l'une de l'autre.

CUMRUN VAFA : À l'automne 1999, j'ai reçu un appel téléphonique du professeur Joe Harris, il faisait partie du comité d'admission pour le département de mathématiques de l'école doctorale. Et il m'appelait pour me demander si je savais quelque chose sur Maryam Mirzakhani qui avait demandé à être admise à Harvard pour ses études supérieures.

PROFESSOR SHAHSHAHANI (Professeur de Maryam) : Cumrun Vafa m'a appelé et il m'a dit

“Étiez-vous sérieux au sujet de cette lettre de recommandation parce qu’ils envisagent, vous savez, de l’admettre ?”.

CUMRUN VAFA : Il m’a dit qu’ils s’attendaient à de grandes choses venant d’elle. Et donc j’ai été un peu surpris par la certitude.

PROFESSOR SHAHSHAHANI : Il s’est avéré que cinq d’entre eux ont obtenu ce premier choix.

*Trieste, Italie.*

Nous avons donc passé quelques mois en Italie et c’est là que nous avons obtenu nos visas pour venir ici. Ce qui a brisé les limites de la formalité, c’est le voyage en Italie avec Maryam. Elle était Mlle Mirzakhani pendant les cinq premières années où je l’ai connue jusqu’à ce que nous allions en Italie. Et après ce voyage, je me suis mis à l’appeler Maryam.

*Cambridge, Massachusetts.*

Je pense que l’histoire de Maryam était similaire à la mienne. C’était dur d’arriver de notre pays, d’être confronté à un monde différent.

MAHSHID POURMAND (Professeur de mathématiques et physique, Lycée de Wellesley) : Vivre de façon autonome en tant que fille venant d’un autre pays avec des cultures et des traditions complètement différentes, c’était très difficile.

Il faut louer un logement, comprendre des us et coutumes, comme les cartes de crédit, des choses que vous n’auriez jamais eu à gérer en restant en Iran.

AMI DE MARYAM : Vous avez l’habitude de parler votre langue maternelle ; vous pensez parler une langue étrangère et puis vous arrivez et vous réalisez que ce n’est pas tout à fait le cas.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : C’était la première fois que nous venions aux États-Unis, je ne connaissais rien de la ville ; l’université, ce n’est vraiment rien. J’étais un peu inquiète mais cela a disparu dès mon arrivée.

JAN VONDRÁK : Maryam est allée à Harvard et Roya est allée au MIT, donc elles étaient toutes les deux à Boston et l’amitié de Maryam et Roya s’est poursuivie à Boston.

AMIR JAFARI (Département de mathématiques, Université Sharif de technologie) : J’allais parfois à Boston et je rencontrais ces deux amies. Et elles étaient effectivement inséparables : à chaque fois que je vois Maryam, Roya était avec elle : chaque fois que je voyais Roya, Maryam était avec elle, elles étaient comme des sœurs.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Je n’ai même jamais eu, vous savez, le mal du pays, la première année où j’étais là-bas, parce qu’il y avait tellement de bons amis.

HAZHIR RAHMANDAD (Professeur associé de Gestion, MIT) : Il y avait le groupe des étudiants iraniens et dans ce cadre, nous avons organisé des séminaires et des conférences, puis des soirées cinéma.

IZZET COSKUN (Université d'Illinois, Chicago) : Je suis allée chez elle pour l'aider à cuisiner, elle faisait du biriyani, du riz iranien où, tu sais, tu brûles un peu le dessous du riz, donc elle était très occupée à faire cela. Elle a mis de la musique, s'est mise à danser tout en remuant le riz.

Elle était un peu réservée, même si, comme vous le savez, nous étions parmi les amis les plus proches d'elle de l'école doctorale, je ne suis pas sûr qu'elle nous ait jamais parlé de ses convictions politiques ou religieuses.

*Extrait d'un cours de Curtis McMullen* : Ce point ici n'est pas premier car si j'essaie de dessiner...

CURTIS MCMULLEN (Université d'Harvard) : J'ai rencontré Maryam pour la première fois lors de mon séminaire de recherche. Souvent, des étudiants diplômés faisaient des présentations, donc c'était vraiment comme une salle de classe ouverte.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Elle a commencé à travailler avec Curtis McMullen en deuxième année. Elle était un peu frustrée de ne pas pouvoir résoudre le problème sur lequel elle avait commencé à travailler.

MARYAM MIRZAKHANI : Cela ne fonctionnait pas tout à fait et je pensais que j'avais une bonne façon de le faire, mais j'ai trouvé qu'en fait, ce que je faisais était complètement faux.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Il n'y avait probablement que quelques mois qu'elle réfléchissait et ses réflexions sur ce problème ne la menaient nulle part ; elle était malheureuse.

PROFESSEUR SHAHSHAHANI : Elle n'était pas tout à fait sûre que McMullen, son conseiller, lui prêtait suffisamment attention.

CURTIS MCMULLEN : Je lui ai donc proposé de faire une conférence sur cette curieuse formule de McShane, et elle a fait une très belle présentation. Elle arrivait toujours à mon bureau avec une longue liste de questions et décrivait ces scénarios mathématiques spéculatifs ; nous passions simplement notre temps à nous demander si ces choses avaient un sens ou non et comment on pourrait les aborder.

ERICA KLARREICH (Journaliste scientifique) : Une grande partie du travail de Mirzakhani concernait la géométrie des surfaces, comme la surface d'une balle ou la surface d'un beignet, ce que les mathématiciens appellent un tore.

Et dans sa thèse de doctorat, elle s'est concentrée sur une question très basique sur la géométrie des surfaces, à savoir ce qui se passe si vous commencez quelque part sur la surface et marchez en ligne droite. Selon votre surface, votre chemin peut se refermer sur lui-même.

Par exemple, si vous marchez droit sur la surface de la Terre, vous allez faire le tour d'un grand cercle comme l'équateur et revenir à votre point de départ. Et la même chose se produit sur un tore (une surface de beignet) si vous marchez droit vers le trou central, vous allez plonger dans le trou, et en dessous, et revenir en arrière, et vous retrouver là où vous avez commencé. Mais si vous deviez marcher droit dans une direction différente sur le tore, votre chemin pourrait errer pour toujours et ne jamais revenir à son point de départ.

La thèse de doctorat de Mirzakhani s'est concentrée sur les chemins droits qui finissent par se fermer et ne se coupent jamais, ce que les mathématiciens appellent des courbes simples fermées. Ces courbes sont faciles à catégoriser sur une sphère ou un tore, mais pas faciles à catégoriser sur un tore avec plus d'un trou.

CURTIS MCCULLEN : Les boucles simples sur cet objet sont peut-être beaucoup plus compliquées, car vous pouvez passer par un de ces trous, faire le tour, revenir par l'arrière...

La première chose qu'elle a faite, dans sa thèse, a été de commencer par un problème très naturel : vous avez une surface qui est plus compliquée qu'une sphère ou qu'un tore, elle a deux anses dont on dit en mathématiques que son genre est plus grand qu'un, et elle a compté le nombre de courbes simples sur cette surface, le nombre de boucles qui ne se croisent pas et dont la longueur est bornée par une constante  $L$ .

ERICA KLARREICH : Pour comprendre les courbes simples fermées sur une surface, il faut connaître la géométrie précise de la surface. Et quand on parle d'un tore ou d'un tore à deux trous, on dit quelque chose sur la forme de la surface, mais pas tout. Nous pourrions avoir en tête un tore vraiment dodu ou peut-être un long tore maigre, et la même chose est vraie pour les surfaces avec plus d'un trou de beignet.

Ces surfaces ont une géométrie plus compliquée, appelée géométrie hyperbolique, mais encore une fois, nous pouvons choisir certains détails sur la géométrie, comme l'épaisseur ou la finesse des poignées, et la géométrie que nous choisissons déterminera le nombre de courbes simples fermées de différentes longueurs et où elles vivent. Il y a ce concept que les mathématiciens ont appelé l'espace des modules, qui permet de considérer toutes les différentes géométries possibles sur une surface d'un seul coup. L'espace des modules est comme une carte, et chaque point sur la carte est l'adresse d'une géométrie possible différente qui pourrait vivre sur votre surface. Votre beignet dodu préféré va vivre à une certaine adresse sur la carte, et un beignet long maigre va vivre à une autre adresse. Et deux beignets qui ont à peu près la même épaisseur vivront dans le même quartier sur la carte, tandis qu'un beignet d'une épaisseur différente vivra plus loin.

Et quand Mirzakhani a voulu compter les courbes simples fermées sur une surface spécifique, elle a fini par regarder toutes les différentes surfaces en même temps : elle a regardé l'espace des modules.

CURTIS MCCULLEN : Et pour ce faire, elle a dû à son tour calculer le volume de ces espaces dits de modules. Quand elle a calculé ces volumes, elle a obtenu des polynômes simples et des nombres rationnels, et il y avait une interprétation qu'elle pouvait donner à ces nombres et à la formule récursive qu'elle a trouvée pour eux, ce qui a conduit à une nouvelle preuve d'un célèbre théorème

de la théorie des cordes ou de la physique mathématique qui s'appelait à l'origine la conjecture de Witten.

Maxim Kontsevich qui a donné l'autre preuve de la conjecture de Witten m'a dit à un moment donné qu'il croyait que la preuve de Maryam de cette conjecture était peut-être plus élégante que la sienne. Cela montre donc que même si ce n'était pas la première preuve de cette conjecture, c'était une preuve très élégante.

JAYADEV ATHREVA (Université de Washington) : Il y a trois articles qui ont constitué sa thèse qui ont été publiés dans les trois meilleures revues de mathématiques, alors que c'est une réalisation incroyablement rare pour une étudiante diplômée de réussir dans l'une de ces revues. Il s'agissait des *Annals of Mathematics*, des *Inventiones Mathematicae* et du *Journal of the American Math Society*.

Les gens les lisent encore et en tirent des idées.

MARYAM MIRZAKHANI : Les gens sont différents et ils ont des styles différents pour faire des mathématiques, mais si vous voulez avoir une bonne idée raisonnable, vous devez vraiment passer beaucoup de temps, simplement réfléchir patiemment et ne pas être déçue (sans jamais vous démotiver), d'une manière ou d'une autre, en revenant au même problème et en restant confiant que peut-être un jour, vous aurez une bonne idée.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Elle était extrêmement concentrée et je pense qu'elle avait cette attitude en plus par rapport à moi, vous savez, quand elle essayait de résoudre un problème qui est de penser : "Je peux le faire, je vais le faire, je vais le résoudre."

IZZET COSKUN : Chaque fois qu'elle voyait un obstacle, c'était juste une énigme qu'il fallait contourner ou surmonter, comme si elle ne prenait pas vraiment les obstacles trop au sérieux, je pense.

CURTIS McCULLEN : Plutôt que de poser des questions, elle commençait à décrire des sortes d'histoires élaborées ou de récits mathématiques. Et ces récits étaient très ambitieux et spéculatifs, ils ressemblaient presque à de la science-fiction. Elle pouvait faire ces spéculations très vagues sur la forme de la frontière mathématique inconnue assez élaborées et détaillées et imaginer comment les choses pourraient s'emboîter. Et elle était très habile à trouver la bonne question et je pense que cela venait de cette sorte d'intuition spéculative qu'elle avait. Elle pensait en quelque sorte à l'avance, à ce que pourrait être la forme de la théorie qui restait à découvrir.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Peut-être quelques mois après avoir rencontré Jan, elle m'a dit "Tu sais, je sors avec cet homme..." Et...

UN AMI DE MARYAM : elle a rencontré ce grand Tchèque, lui aussi étudiant, elle nous a donné peu de détails. Maryam ne partageait pas beaucoup de détails.

JAN VONDRÁK : Elle a obtenu son diplôme en 2004, et nous nous sommes rencontrés à l'automne 2003. Elle avait l'air très modeste, vous savez, une fille normale ; elle ne parlait pas du tout de son travail. Au début, je n'avais aucune idée du fait qu'elle était si douée. Je savais qu'elle était

doctorante à Harvard.

UN AMI : Ils se tenaient la main dans un coin de la pièce et j'ai pensé : "Oh, c'est nouveau, ça, ça n'était pas le cas jusque-là, à ce que je sache.". Le fait que Maryam ait commencé à sortir avec un non-iranien a en quelque sorte brisé plusieurs frontières dans notre communauté. C'était beau que Maryam n'ait pas autant intériorisé ces barrières.

PROFESSEUR SHAHSHAHANI : Ils ont eu à la fois un mariage civil et aussi un mariage musulman à Princeton.

A GOOD FRIEND : Nous sommes allés dans les montagnes, ils se sont mariés là-bas, nous sommes rentrés à pied et nous avons cuisiné, le repas de mariage était du saumon avec pêche et mangue.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Mon impression était que Maryam et Jan étaient très heureux ensemble.

PETER SARNAK : Nous avons pris connaissance de sa thèse et de ses réalisations à Princeton et nous avons rapidement compris que Maryam était quelqu'un que nous devions recruter.

JAN VONDRÁK : Elle a obtenu un poste post-doctoral très prestigieux avec une bourse Clay. Et elle a décidé d'aller à Princeton avec.

ALEX ESKIN (Université de Chicago) : Je l'ai rencontrée pour la première fois à Princeton alors qu'elle était en post-doct et j'étais visiteur de l'Institut d'Étude Avancée. Nous avons tout de suite sympathisé, nous nous sommes tout de suite bien entendus. Je veux dire que j'ai vraiment aimé parler avec elle, nous avons commencé à collaborer. Elle était absolument incroyablement brillante évidemment. Elle était très jeune, elle avait déjà pas mal de succès, mais cela ne lui montait pas vraiment à la tête, c'était quand même la personne la plus gentille que j'aie jamais rencontrée.

Elle est venue à Chicago une fois quand nous avons essayé de l'embaucher. Cela a coïncidé avec la plus grosse tempête de l'histoire de la ville : la température était en quelque sorte inférieure à 20 degrés ou quelque chose comme ça. Elle n'est jamais revenue !

PETER SARNAK : en fait, avant qu'elle ne quitte Princeton, nous l'avions déjà titularisée et promue. Pour diverses raisons, en raison de problèmes de santé, elle a déménagé à Stanford où ils lui ont fait une offre permanente.

JAN VONDRÁK : Notre charge d'enseignement a été réduite pendant un certain temps, Maryam avait pas mal de liberté, donc nous nous sommes bien amusés au début en Californie.

MARYAM MIRZAKHANI : La partie la plus satisfaisante de l'enseignement vient pour moi des discussions avec les étudiants en dehors de la salle de classe, plus que d'aborder une certaine matière pendant le cours.

ALEX WRIGHT ET D'AUTRES CHERCHEURS : Une journée typique lorsque nous nous rencontrions,

nous nous réunissions dans notre bureau à 10 h 30 et nous travaillions au tableau noir. Parfois, Maryam et moi travaillions vers le Saint Graal de tout comprendre complètement. Et je devais dire, vous savez, “eh bien, peut-être qu’on devrait essayer de faire cette étape intermédiaire d’abord, peut-être qu’on ne devrait pas essayer de résoudre tout le problème d’un coup...”.

JENYA SAPIR (Université Binghamton, étudiante diplômée de Maryam) : Je me souviens d’être venue la voir une fois et j’avais complètement détruit ma preuve dans laquelle j’avais trouvé un trou, puis tout s’est déroulé comme si de rien n’était. Alors j’ai dit “Maryam, cette chose est trouée, et donc...”, et puis, elle a dit: “non, ça va”, et donc nous avons juste commencé à en parler, et à la fin de cette conversation, nous travaillions sur quelque chose alors elle a dit : “oh, d’accord, c’est la chose sur laquelle se concentrer, cela fonctionnera probablement”.

MARYAM MIRZAKHANI : Discuter avec des mathématiciens plus jeunes, c’est très excitant parce qu’ils sont plus optimistes quand se présentent les choses, ils ne connaissent pas forcément toutes les difficultés techniques, donc ils sont plus ouverts et ils sont plus disposés à essayer de nouvelles directions.

ALEX WRIGHT : C’est sans aucun doute la meilleure partie du travail, trouver quelqu’un avec qui vous pouvez entrer en contact et lui demander de vous expliquer ses idées, et être surpris et heureux de ses idées, et essayer de lui expliquer vos idées.

Ouais, je veux dire, Maryam était la meilleure partie de Stanford pour moi.

MARYAM MIRZAKHANI (donnant un cours) : donc, fondamentalement, ces angles sont les mêmes et puis la balle frappe ici, et pareil, elle rebondit, et puis ça continue encore et encore.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Au milieu, vous savez, d’une explication de quelque chose, elle devenait soudainement très excitée, puis elle perdait de vue ce dont elle parlait, elle sautait vers autre chose sans définir les choses.

Quand elle essayait de décrire une idée mathématique avec laquelle elle était aux prises, elle faisait ces grands gestes de la main, elle était très animée, elle avait ces beaux yeux bleus et c’est comme si, vous savez, vous pouviez voir une lumière dedans. Et quand elle était excitée par certaines pensées mathématiques qu’elle avait...

JENYA SAPIR : Elle avait ce slogan qui était “comment est-ce possible...?”... si quelque chose devait être vrai, elle disait : “Comment se peut-il que ce ne soit pas vrai, comment cela se peut-il, comment se peut-il que ce truc en particulier ne marche pas ?”. Et elle utilisait juste cette phrase et ensuite nous y travaillions et... “oh d’accord, c’est la chose à laquelle il faut penser.”.

BENJAMIN DOZIER (Université Stony Brook, étudiant diplômé de Maryam) : Elle avait cette façon très visuelle de penser à tout. Elle écrivait ces images au tableau, puis dessinait une sorte d’autre image par-dessus tout et c’était vraiment une sorte de façon très géométrique de regarder les choses.

JAN VONDRÁK : Elle a acheté ces grands blocs-notes de papier et elle a commencé à les utiliser,

principalement en faisant ses mathématiques au sol. Je pense qu'il s'agit de distributions de géodésiques fermées ; vous pouvez voir ici des surfaces avec des trous et une surface hyperbolique. Ce que vous pouvez voir ici n'est certainement pas toute la complexité du problème auquel elle pensait. Tout n'était que dans sa tête.

CURTIS MCCULLEN : L'une de ses principales réalisations, qui a été reconnue par l'attribution de sa médaille Fields, a été de résoudre un problème appelé théorème de Ratner pour l'espace des modules et elle l'a fait en travaillant avec deux autres mathématiciens Eskin et Mohammadi.

ERICA KLARREICH : Ce problème qu'elle a résolu découle d'une question très simple : si vous frappez une boule sur une table de billard, quels sont les chemins possibles qu'elle pourrait parcourir ? Peut-être qu'elle va rouler dans un coin, ou peut-être qu'elle va rebondir selon un cycle, ou peut-être qu'elle va suivre une trajectoire plus compliquée, et ici nous pourrions parler de notre table de billard rectangulaire habituelle ou nous pourrions prendre un billard d'une forme plus compliquée, comme un triangle ou un hexagone. Et pour la plupart de ces tables de billard de formes différentes, il est vraiment difficile de comprendre quelles sont les différentes trajectoires possibles. Mais il y a moyen de transformer ce problème en un problème de géométrie des surfaces, qui était l'une des spécialités de Mirzakhani.

Alors imaginez que nous ayons mis un miroir de chaque côté de notre table de billard, lorsqu'une balle frappe l'un des murs, elle va rebondir, mais dans le miroir, elle aura l'air de se déplacer le long d'une ligne droite. Quand la boule heurte un mur dans ce monde miroir, elle roule directement dans un autre miroir et ainsi de suite. Donc, de ce point de vue, il semble que la balle roule indéfiniment le long d'une ligne droite. Nous avons simplifié la trajectoire de la boule, mais nous avons compliqué le monde qu'elle traverse.

MARYAM MIRZAKHANI : Et au lieu de regarder le reflet, continuez simplement le chemin. Et donc savoir des choses sur cette forme est la même chose que savoir des choses sur le billard d'origine.

ERICA KLARREICH : Maintenant, pour le type de tables de billard que Mirzakhani a étudiées, il s'avère que si vous dépliez votre table de billard dans cette série de mondes miroirs, vous finirez par en obtenir une qui est une copie parfaite de votre table de billard d'origine, juste déplacez-le, et tout autre déploiement ne fera que vous donner des répétitions de choses que vous avez déjà vues. Nous pouvons imaginer que nous prenons la dernière table avant le début de la répétition et que nous la collons à notre table d'origine au lieu de la déplier sur une nouvelle table. Et si vous faites tous ces collages différents, vous vous retrouvez avec une surface. Et la surface obtenue possède une géométrie très précise qui vient de la table de billard initiale.

Cette géométrie n'est pas la seule géométrie de table de billard que nous pourrions imaginer avoir sur notre surface. Peut-être y a-t-il une autre table de billard qui se colle dans la même surface mais avec une géométrie différente qui rend peut-être les poignées plus grosses ou plus fines. Tout comme avec les travaux antérieurs de Mirzakhani, nous pouvons parler d'un espace de modules. Mais cette fois, notre espace de modules est une carte de géométries de billard et de structures apparentées appelées géométries plates. Ainsi, le tore que nous avons construit à partir d'une table de billard rectangulaire vit à une adresse sur la carte et le tore que nous avons construit à partir

d'une table triangulaire vit à une adresse différente.

Pour comprendre une table de billard particulière, Mirzakhani a utilisé une approche qui examine toutes les différentes géométries de billard en même temps, dans l'espace des modules. Notre table de billard particulière vit à un moment donné dans la carte spatiale des modules, mais ce seront d'autres géométries de tables de billard qui ont une affinité particulière avec notre table de billard d'origine. Si nous choisissons une trajectoire sur la table, nous pourrions imaginer rapetisser la table dans la direction de la trajectoire et l'étirer dans la direction perpendiculaire. Cela va produire une nouvelle géométrie de billard donc ça va nous déplacer vers une nouvelle adresse dans la carte spatiale des modules, ou on pourrait cisailer (faire glisser) la table de billard dans le sens de la trajectoire, et ça va produire encore une autre géométrie. Ces déformations nous déplacent vers de nouveaux points dans l'espace des modules, mais pas vers tous les points possibles, uniquement ceux qui ont ce genre d'affinité particulière pour notre table de billard d'origine, et ces points auxquels nous arrivons sont appelés l'orbite de notre billard d'origine.

Nous avons donc traduit notre problème initial concernant une boule roulant sur une table de billard en un problème concernant un point roulant à différents endroits dans l'espace des modules. Et si vous pouviez comprendre à quoi ressemble cette orbite dans l'espace des modules, cela vous dirait quelque chose sur ce à quoi les trajectoires peuvent ressembler dans votre table de billard d'origine.

JAYADEV ATHREVA : Vous pouvez comprendre combien de trajectoires fermées il y a, ou de combien de façons une boule de billard peut rebondir sur elle-même, vous pouvez comprendre comment une boule de billard se déplace sur la table. Toutes ces choses viennent de la compréhension de la fermeture de l'orbite.

CURTIS MCCULLEN : C'est un problème qui concerne les surfaces avec n'importe quel nombre de poignées et c'est une sorte de grande conjecture directrice dans le domaine, et personne ne savait si nous allions un jour faire des progrès là-dessus.

ALEX ESKIN : Et l'un des objectifs est de comprendre le comportement de ces orbites. Maintenant, le théorème de Ratner concernait certains systèmes dynamiques homogènes pour lesquels vous pouvez réellement comprendre l'orbite de chaque point.

CURTIS MCCULLEN : J'ai eu la chance de faire la première percée sur ce problème en montrant que le théorème était vrai pour les surfaces à deux poignées, les surfaces de genre deux et je me souviens que Maryam est venue un jour dans mon bureau et m'a dit "Eh bien, pourquoi avez-vous juste traité le genre deux ?" et j'ai en quelque sorte, vous savez,... C'était un peu comme dire, "Pourquoi avez-vous simplement escaladé le mont Everest ? Pourquoi n'avez-vous pas escaladé toutes les montagnes et l'Himalaya ?".

ALEX ESKIN : Essayer de prouver un théorème, c'est comme essayer d'escalader une montagne que personne n'a jamais escaladée.

Alors vous grimpez sur cette montagne. Et à un moment donné, vous aurez l'impression que vous

montez lentement, et à un autre moment, vous aurez l'impression de voir le sommet.

Mais alors, il y a ce ravin devant. Et puis il y a eu une difficulté que nous n'avons pas pu surmonter. C'était un peu décourageant, on a en gros passé deux années à produire des efforts immenses et on était bloqués.

ANTON ZORICH (Institut mathématique de Jussieu) : Ils pensaient que le problème était essentiellement résolu, puis ils ont réalisé que non, qu'il y avait des complications, et cela leur a coûté encore plusieurs années de travail très acharné.

ALEX ESKIN : C'était un peu déprimant mais elle est restée très positive. Mais d'une manière ou d'une autre, ouais, en gros, c'était comme, "tu sais, je n'en ai aucune idée ici, je ne le ferais pas, n'est-ce pas. Et toi ?... - Non, je n'ai pas d'idées non plus... (*riant*).

ANTON ZORICH : À un moment donné, ils ont annoncé qu'ils avaient résolu le problème, et ils ont utilisé un résultat contenant une faute de frappe. Et cette faute de frappe était dramatique car une partie de la preuve s'évaporait.

ALEX ESKIN : Il y avait environ un an et demi que nous n'avions fait absolument aucun progrès. Jusqu'à la toute fin, nous n'étions pas sûrs de l'avoir fait. Nous ne savions vraiment pas si tout le projet serait même fait. C'était donc une expérience incroyablement intense et je veux dire, Maryam était absolument incroyable, à la fois en termes de mathématiques, mais aussi, je pense, il y avait juste beaucoup d'aspects de stabilité mentale qui sont nécessaires pour ce genre de travail et elle était incroyable pour cela, aussi.

JAN VONDRÁK : Parfois, vous voyez, elle était heureuse lorsqu'elle disait "Oh j'ai cette idée, et j'espère qu'elle est correcte. En fait, permettez-moi de ne pas y penser pendant quelques heures avant de découvrir qu'elle est fausse... Mais je veux juste profiter du sentiment que cette idée pourrait être correcte !".

ALEX WRIGHT : Les bons mathématiciens ont le courage d'imaginer qu'ils peuvent résoudre un problème ainsi que d'imaginer une réponse possible au problème. Avoir la perspicacité ou la foi que la solution peut être trouvée est vraiment très important. Je pense donc que sa personnalité était idéale pour réfléchir aux problèmes pendant très longtemps et persévérer.

ALEX ESKIN : On est redescendus jusqu'au bas de la montagne, puis on a trouvé une autre approche qui montait de l'autre côté, et il nous a fallu peut-être encore deux ou trois ans pour faire ce truc.

ERICA KLARREICH : Donc, ce que Mirzakhani et ses collaborateurs ont fait, c'est qu'ils ont essentiellement escaladé toutes les montagnes. Ils ont prouvé le théorème non seulement pour un tore à deux poignées, mais pour un tore avec n'importe quel nombre de poignées. Et le théorème qu'ils ont prouvé était si puissant que les mathématiciens ont commencé à l'appeler le *théorème de la baguette magique*.

ANTON ZORICH : Voyez l'intérêt de cet espace de modules sophistiqué. Considérez un point particulier et vous le touchez avec cette baguette magique et il grandit, et il fait grandir l'orbite à l'intérieur de cet espace de modules. Et les propriétés géométriques de cette variété sont responsables de toutes les propriétés géométriques et dynamiques de cette surface initiale particulière. Donc vraiment pour moi c'est une image comme dans Cendrillon.

KASRA RAFI (Professeur de mathématiques, Université de Toronto) : C'est une énorme percée : un tas de problèmes que vous ne pouviez même pas aborder, que vous ne pouviez pas résoudre du tout, auxquels vous ne pouviez même pas penser, vous pouvez maintenant les résoudre simplement en appliquant ce théorème.

PETER SARNAK : Cette œuvre de Mirzakhani et Eskin est la réalisation centrale de Teichmüller. Dès qu'on aborde dans une conférence la dynamique, et tout ce qui se passe sur le terrain, voyez-vous, son travail est cité presque instantanément.

JAN VONDRÁK : Nous avons une vie heureuse, ce n'était pas que des mathématiques, nous aimions la musique, nous aimions le sport, nous voyagions ensemble, et c'était, à bien des égards, une vie très normale.

AMIE WILKINSON (Professeur de mathématiques, Université de Chicago) : Elle était si amicale et elle m'a tout de suite posé des questions sur la façon dont on gère à la fois sa vie de parent et sa vie de mathématicien.

ANTON ZORICH : Elle était très dévouée à Anahita et la famille en général comptait beaucoup pour elle.

ALEX ESKIN : Beaucoup de choses se sont passées dans sa vie ; elle a été enceinte, elle a eu un bébé, puis dans les dernières étapes, une fois qu'elle avait surmonté la bosse principale, on lui a diagnostiqué un cancer.

JAN VONDRÁK : Malheureusement, Maryam est tombée malade juste avant qu'Anahita n'ait deux ans, on lui a diagnostiqué un cancer du sein, puis elle a subi la suite habituelle des traitements, vous savez, des opérations. Si elle devait choisir entre faire son travail un jour donné et faire quelque chose d'important pour Anahita, elle choisissait en fait Anahita.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Elle est restée très positive après ses traitements. Nous pensons qu'elle était complètement rétablie. Elle a recommencé à se concentrer sur son travail.

ALEX WRIGHT : Je pense que juste après sa thèse, tout le monde disait que cette personne devrait gagner une médaille Fields.

UN COLLÈGUE DE MARYAM : Il y avait vraiment des rumeurs dans l'air que Maryam pouvait obtenir la médaille Fields.

INGRID DAUBECHIES (Université Duke, Première présidente de l'Union Mathématique Interna-

tionale (IMU)) : Elle faisait partie des jeunes mathématiciens les plus remarquables que nous envisageions. Et il ressortait clairement du résultat qu'elle serait très pré-sélectionnée pour la sélection finale.

*Annonce des résultats pour la médaille Fields* : Et la quatrième médaillée Fields, Maryam Mirzakhani, est récompensée pour ses contributions exceptionnelles à la dynamique et à la géométrie des surfaces riemanniennes et à leurs espaces de modules.

CURTIS McCULLEN : C'était fantastique que Maryam reçoive la médaille Fields et devienne la première femme à être ainsi reconnue. Ce fut donc un grand moment lorsqu'elle a pu assister à la cérémonie de réception de la médaille Fields et qu'elle a amené sa famille avec elle, Jan et Anahita et qu'elles étaient assises au premier rang lorsque j'ai prononcé son *laudatio*.

MARYAM MIRZAKHANI : Je pense que les mathématiques sont à mon avis nécessaires à toutes les avancées des sciences et des outils technologiques.

INGRID DAUBECHIES : Elle m'avait dit très tôt qu'elle ne voulait pas donner toute une série d'interviews. Et nous savions toutes les deux, je veux dire, que la première femme à obtenir une médaille Fields, ce serait quelque chose dont tout le monde voudrait parler.

INGRID DAUBECHIES débute son discours : Nous sommes là, cette année...

AMIE WILKINSON : Ingrid Daubechies qui était la Présidente de l'Union Mathématique Internationale à l'époque a choisi un groupe de femmes qui entoureraient Maryam partout où elle irait et la protégeraient ; nous avons formé ce que nous appelions le "Bouclier MM".

Chaque fois que Maryam faisait une sortie publique, à l'ICM, deux personnes de notre petit groupe étaient avec elle, l'une d'entre elles pouvait intercepter un journaliste et lui dire "Oh, vous vous intéressez beaucoup aux mathématiques féminines, laissez-moi vous parler de ma carrière et ainsi de suite", tandis que l'autre pouvait escorter discrètement Maryam et lui éviter l'interview.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : Beaucoup de gens me contactaient, pour que je puisse, vous savez, lui demander, vous savez, d'aller faire un discours, de signer une lettre. Elle ne voulait vraiment pas.

ALEX WRIGHT : Elle a parlé de certaines pressions venant des Iraniens qui pensaient qu'elle devrait maintenant jouer un rôle politique très important. Et elle ne voulait pas jouer un rôle politique en Iran.

ANTON ZORICH : Avec toute cette attention reçue, chaque mot prend un poids démesuré. Vous ne pouvez pas juste en passant faire un commentaire sur quelque chose que vous aimez ou que vous n'aimez pas. Ensuite, différents groupes prendront cela et ils créeront une cause à partir de cela. Maryam était très consciente des dangers de se mettre simplement en avant et elle a donc décidé de ne pas le faire.

Lorsqu'elle a reçu la médaille Fields, ses parents ont appris la nouvelle par les médias plutôt que

par elle. Et quand ils lui ont demandé “Pourquoi ne nous as-tu pas parlé de cette médaille Fields”, elle a dit “Je ne pensais pas que c’était important”.

OMID KARAMZADEH (Département de mathématiques, Université Shahid Chamran d’Ahvaz) : Oui, elle n’aimait pas la publicité. Lorsqu’elle revenait en Iran, elle n’aimait même pas que les gens le sachent. Quand elle venait voir sa famille, elle n’aimait pas le faire savoir aux autres.

CUMRUN VAFA : Quelques mois après avoir reçu la médaille Fields, j’ai entendu dire qu’elle allait visiter Harvard. Et je savais que les étudiants iraniens auraient adoré organiser une grande fête pour honorer ses réalisations.

MAHSHID POURMAND (Professeur de mathématiques et physique, Lycée Wellesley) : Puis elle est venue au rassemblement pour le déjeuner, tout le monde était super excité : tu as quelqu’un qui a toujours été dans ta tête, depuis le collège, et enfin tu as la possibilité de le rencontrer.

HAZHIR RAHMANDAD (Professeur associé de Gestion, MIT) : Elle est devenue un symbole d’espoir pour la jeune génération en Iran, dans un certain sens, parce qu’elle montrait que même en temps de guerre et avec beaucoup de restrictions et de limitations, on peut faire des choses importantes pour la communauté iranienne.

Je pense que cette date de la médaille Fields a vraiment été un moment de grande fierté pour l’Iran. Je pense que Maryam est l’une des rares figures qui unit vraiment tout le pays.

SIAVASH SHAHSHAHANI : Le fait qu’elle ait été la première femme à remporter la médaille Fields, je suis sûr que cela inspirera plus de femmes à faire des mathématiques et des sciences...

INGRID DAUBECHIES : Il y a si peu de femmes en mathématiques qu’on se réjouit toujours quand on entend parler d’une nouvelle jeune femme fantastique. Les mathématiques que nous faisons sont exactement les mêmes mathématiques, ce n’est pas qu’il y ait une façon féminine de faire des mathématiques. Nous sommes également tristes que tant de jeunes femmes pensent que les mathématiques ne sont pas pour elles alors qu’elles pourraient être mathématiciennes.

AMIE WILKINSON : Une chose qui empêche les gens de se lancer dans les mathématiques, surtout les filles, c’est cette idée que les mathématiques prendront le dessus sur votre vie et que vous ne pourrez rien faire d’autre ; oui, les mathématiques prendront le dessus sur votre vie, mais si vous vous concentrez vraiment sur ce qui est essentiel dans la vie et sur ce qui est vraiment important, vous pouvez être un être humain complet et rester un mathématicien.

MARYAM MIRZAKHANI : Je pense que ça va changer après un certain temps mais ce n’est pas quelque chose qui changera en deux, trois ou cinq ans, ça peut prendre des décennies mais des choses comme ça changent et il y a des exemples de ce genre de changements.

CUMRUN VAFA : L’exemple de Maryam montre que la poursuite de la connaissance est une aventure sans frontières, sans époque et sans genre. Son exemple convaincra beaucoup d’autres personnes de poursuivre en science, des personnes qui ne l’auraient peut-être pas fait autrement.

AMIE WILKINSON : Les gens la regardent et voient ce qu'elle a accompli. Et les filles vont regarder ça et dire "ça pourrait être moi".

DORSA MAJDI (Lycée Farzanegan) : Je pense qu'elle a placé la barre très haut pour les filles mais à côté de ça, elle a ouvert une nouvelle voie. Elle nous a prouvé que ce n'est pas grave d'être le premier, vous pouvez faire tout ce que vous voulez, si vous y mettez votre désir et vos efforts.

IVIANADESE GHAFARI (Lycée Farzanegan) : Elle était l'une d'entre nous, elle était comme nous, dans cette école.

Et cela nous aide à penser : "pourquoi ne pouvons-nous pas faire ce qu'elle fait ?" et cela nous fait nous sentir mieux dans ce que nous sommes.

*Hommage aux femmes en mathématiques, MSRI, Berkeley, 13 mai 2019.*

SARAH C. KOCH (Université du Michigan) : C'est un grand honneur pour moi d'être ici et d'avoir l'opportunité aujourd'hui de vous parler de certains des travaux mathématiques de Maryam Mirzakhani. Étant donné une surface de Riemann hyperbolique  $X$  et un nombre positif  $L$ , combien de géodésiques fermées la surface  $X$  contient-elle qui sont de longueur, disons, inférieure ou égale à  $L$  ?

CAROLINA ARAUJO (IMPA, Brésil) : Cela fait partie d'une initiative internationale de célébrer le 12 mai, l'anniversaire de Maryam Mirzakhani et : il y a plus d'une centaine d'événements différents, ils peuvent se dérouler dans plus de 30 pays dans le monde, où les femmes se réunissent pour honorer la mémoire de Maryam Mirzakhani.

JAN VONDRÁK : Maryam faisait partie du comité consultatif scientifique. Le MSRI a toujours été très proche de sa vie scientifique, elle a participé à ces réunions jusqu'à ce qu'elle n'en soit plus capable.

ROYA BEHESHTI ZAVAREH : En avril 2016, on lui a diagnostiqué un cancer de stade IV ; elle savait qu'il ne lui restait plus beaucoup de temps.

JAN VONDRÁK : Elle a commencé un traitement expérimental à New-York qui a été plutôt efficace au début.

ANTON ZORICH : Je pensais qu'elle avait une telle volonté de surmonter la maladie, j'étais sûr jusqu'au tout dernier moment qu'elle y arriverait, que personne d'autre n'y serait parvenu, mais qu'elle, elle y arriverait.

KASRA RAFI : Ce sont des photos de la dernière fois que je lui ai rendu visite. Nous avons discuté de mathématiques, nous avons discuté de la vie, nous avons discuté du cancer, nous avons discuté de tout. Elle était toujours drôle, elle faisait l'idiote, elle imitait Goofy, elle avait le sens de l'humour : surtout, si vous regardez la photo, vous y voyez une personne pleine de vie, pleine d'énergie.

Elle me manque,  
Tout le temps,  
Oui.

ALEX ESKIN : La plupart de ce que j'ai fait pendant très longtemps, c'était en collaboration avec elle, et donc maintenant qu'elle est partie, c'est très difficile.

AMIE WILKINSON : C'est juste une énorme perte. Cette voix puissante qu'elle avait me manque. Elle était tout simplement d'une grande bonté.

JAN VONDRÁK : Je l'ai connue du temps où elle n'était pas si célèbre et elle n'a pas changé. C'était juste une très bonne personne.

SIAVASH SHAHSHAHANI : Les Iraniens sont très fiers de leur riche tradition ancienne, en particulier dans les sciences, les mathématiques, l'astronomie, etc. Et nous n'avons pas eu beaucoup de gens pour nous réjouir au cours du siècle dernier. Donc, quand quelqu'un comme ça apparaît, c'est un phénomène national, c'est quelque chose dont les gens sont vraiment fiers.

YAHYA TABESH : Les médias, toutes les premières pages des journaux, ont tous parlé d'elle. Ils ont publié un timbre à sa mémoire, la poste en Iran a publié un timbre.

ALI REJALI : Elle a été la première figure féminine représentée sans foulard dans les monuments commémoratifs en Iran. Cela montre que même le gouvernement ne voulait pas déformer son image ; si elle n'avait pas de foulard, on ne devait pas lui en mettre un. Nous avons changé le nom de la maison des mathématiques en "Maison Maryam Mirzakhani" ; pour la jeune génération qu'on encourage à faire des mathématiques, ils pourraient, d'une manière ou d'une autre, devenir une personne comme Maryam Mirzakhani.

MAHSHID POURMAND : Beaucoup de bonnes écoles secondaires essaient de lancer une bourse Mirzakhani, pour rappeler sa mémoire aux étudiants, et pour simplement garder son héritage en vie.

ALEX WRIGHT : Les gens réfléchissent à son travail et ils découvrent que ses pensées peuvent être appliquées à d'autres problèmes et ils redécouvrent la beauté de son travail.

ANTON ZORICH : Récemment, il y avait ce qu'on appelle un modèle hivernal : vous observez cette trajectoire et elle forme une forme très sophistiquée. La vitesse à laquelle la trajectoire correspondante se développe autour de l'avion est  $T$  puissance deux tiers et cette valeur a été trouvée en utilisant la technique de Maryam de fermeture d'orbite et de baguette magique.

ERICA KLARREICH : En 2019, la collaboration d'Alex Eskin avec Maryam Mirzakhani sur la baguette magique lui ont valu le prix Breakthrough, l'une des plus hautes distinctions en mathématiques et en sciences.

ORATEUR LORS DE LA REMISE DU PRIX BREAKTHROUGH : Le prix en mathématiques est attribué

à Alex Eskin.

ALEX ESKIN : Je suis extrêmement honoré et heureux de recevoir le prix Breakthrough et je suis profondément redevable à ma co-autrice, Maryam Mirzakhani : sans sa force brillante et sa persévérance, le travail reconnu par le comité du Prix n'aurait pas pu être fait.

UN ORATEUR DE L'ORGANISATION DU PRIX BREAKTHROUGH : C'est notre grand honneur d'annoncer maintenant que l'année prochaine, la Fondation du prix Breakthrough remettra un nouveau prix, le prix Maryam Mirzakhani New Frontiers.

ALEX ESKIN : C'est certainement la collaboration que j'ai le plus appréciée de toute ma vie : c'était en partie dû à l'enthousiasme de Maryam, elle adorait les mathématiques, elle adorait parler de mathématiques, elle adorait penser aux mathématiques, c'était juste incroyablement contagieux.

*Toronto, Canada.*

EXTRAIT D'UNE CONFÉRENCE D'AMIE WILKINSON : Alors j'ai plié un peu, j'ai dû le déplacer, un peu plus et au fur et à mesure que je continue à plier, vous pouvez voir ces bords verts se rejoindre...

AMIE WILKINSON : Elle a abordé de grandes questions, son impact sera durable : je m'attends à voir son travail surgir dans des endroits inattendus. C'est le genre de travail qui va apparaître dans des endroits que l'on ne peut pas prévoir maintenant.

ANTON ZORICH : J'aimerais qu'il y ait plus de mathématiciens comme elle, la vie mathématique serait différente, et avec plus de gens comme elle, la vie tout court serait complètement différente.

Ce qui est étonnant avec Maryam, c'est que sa vie ne faisait que commencer, ce n'était que le début : 10 ans de travail, ce n'est rien pour une mathématicienne ; il y aurait eu tellement plus à venir...

---

Maryam Mirzakhani (1977 - 2017)

---