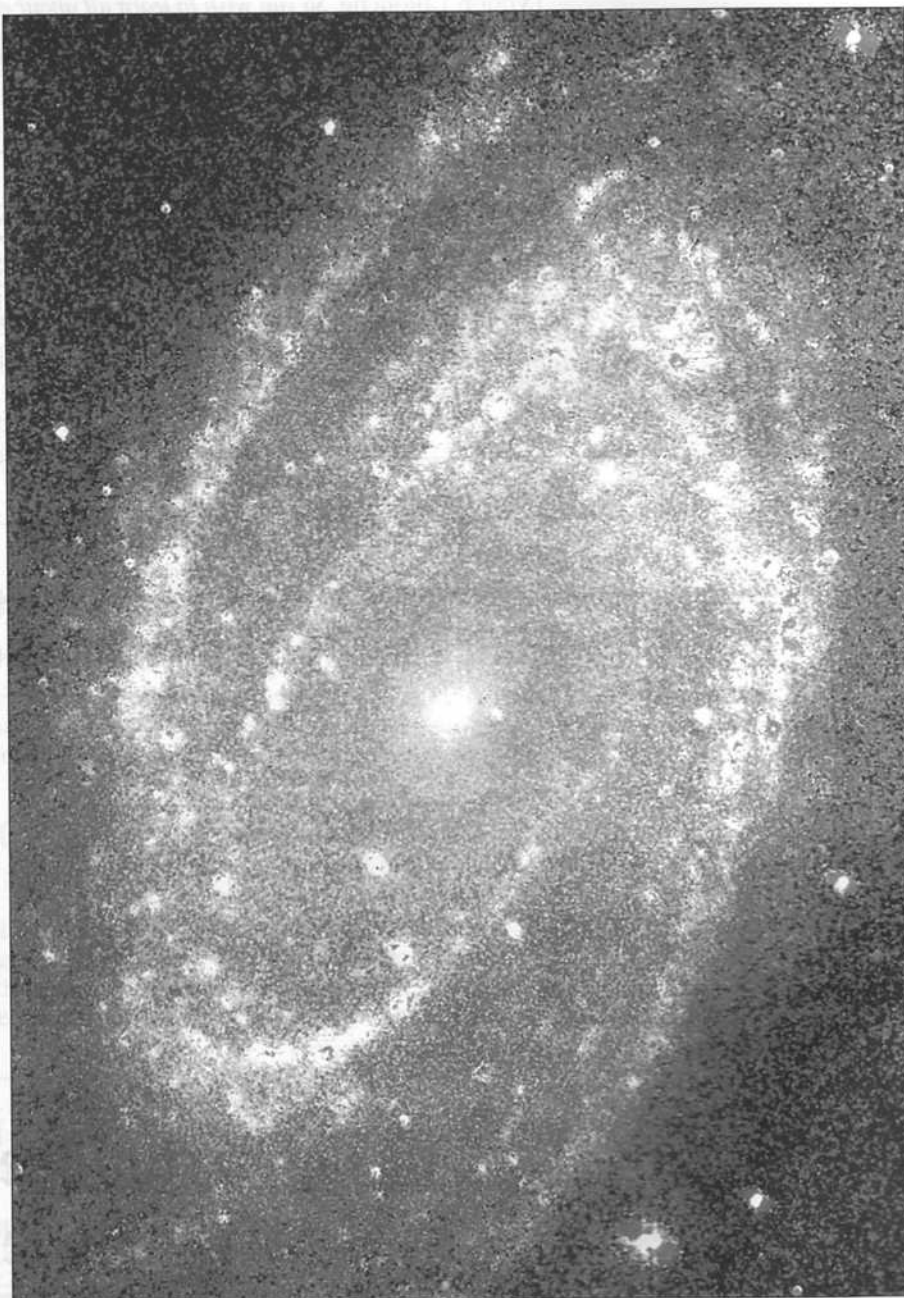


## Maria Goeppert-Mayer :

# Les « nombres magiques » de la physique nucléaire

**Jonathan Tennenbaum**

*New York, 1942 : en plein milieu de la guerre, un projet secret est lancé à l'université de Columbia, baptisé un an plus tard « Substitute Alloy Materials » (SAM). Son objectif : développer des procédés pour enrichir l'uranium-235, l'isotope difficilement fissile de l'uranium naturel, et le produire sous la forme la plus pure possible. Le SAM fait partie du Projet Manhattan qui devait doter l'Amérique de la bombe atomique. Une chercheuse du SAM mérite une attention particulière : Maria Mayer, née Goeppert, autrefois appelée « la plus belle fille de Göttingen ».*



**M**aria Goeppert-Mayer était une physicienne brillante. A New York, elle dirigeait une équipe d'une vingtaine de physiciens et de chimistes étudiant la séparation photochimique d'isotopes. Après la guerre, elle sera le porte-parole d'un groupe de chercheurs nucléaires en faveur de la « dé-militarisation » de l'énergie atomique et la promotion de son utilisation pacifique. Vingt ans plus tard, Maria Goeppert-Mayer sera la première femme à recevoir le prix Nobel dans le domaine de la physique théorique.

Quand elle était jeune étudiante en physique à Göttingen, elle n'aurait jamais pu imaginer qu'elle serait un jour appelée à travailler sur la mise au point d'une nouvelle arme d'anéantissement destinée à frapper son propre pays. Maria Goeppert grandit dans une famille où la science naturelle était synonyme de la volonté de protéger la vie et de contribuer au bien-être des hommes. Son père, Friedrich Goeppert, était un pédiatre renommé, qui s'investissait totalement pour la vie de ses petits patients. Professeur de pédiatrie à l'université, il y fonda une clinique pour enfants.

Friedrich Goeppert s'occupa de près du développement intellectuel de sa fille. Maria se souvenait de la façon dont il s'efforçait de donner une réponse satisfaisante « à toutes les questions à moitié raisonnables » qu'elle lui posait. A l'âge de trois ou quatre ans par exemple, elle lui demandait déjà pourquoi la lune était parfois pleine, parfois en croissant, et à l'âge de sept ans, elle observa avec lui une éclipse du soleil. Plus tard, ils faisaient souvent des promenades à la campagne, où elle apprit les noms des plantes et des arbres. Ils s'amusaient aussi à rechercher des fossiles dans une carrière.

« Mon père disait toujours que j'aurais dû être un garçon. « Tu ne dois pas devenir une femme » me confiait-il, c'est-à-dire une femme au foyer — comme la plupart de celles qu'il connaissait — ne s'intéressant qu'à jouer avec les enfants et rien d'autre, ce qu'il ne supportait pas. (...) Étais-je choquée par ses réflexions ? Non, pas du tout. Il pouvait me dire ce qu'il voulait. Je me sentis très honorée et

*décidai de ne pas devenir une simple femme. »*

La mère de Maria avait été institutrice avant son mariage, enseignant surtout le français. Elle était très douée en musique et jouait du piano ou chantait dès qu'une occasion se présentait. Chez les Goeppert, on fêtait souvent, on dansait beaucoup, et Mme Goeppert jouait au piano jusqu'aux petites heures de la nuit. Mais l'influence du père devait s'avérer à bien des égards dominante. Ses conceptions sur l'éducation de l'enfant étaient pour le moins inhabituelles puisque selon l'un de ses principes, « la mère est l'ennemi naturel de l'enfant ». Par cela, il remettait en question, non la mère en tant que personne, mais le rôle maternel traditionnel et notamment la tendance, née de peurs exagérées, à réprimer la curiosité et le sens d'initiative de l'enfant.

En effet, Maria allait devenir une fille exceptionnellement hardie, entreprenante et souvent pas très sage. Ses camarades de classe devenues adultes se rappelaient des mauvais tours qu'elle leur jouait. Elle n'était pas mauvaise élève pour autant, bien au contraire : elle résolvait tous les problèmes avec une rapidité étonnante et était particulièrement douée en langues et en mathématiques.

Après l'école primaire, Maria fréquentait le Frauenstudium, une école pour jeunes filles du mouvement féministe d'alors. Si elle avait toujours eu l'intention de mener des études universitaires, il n'était pas du tout simple pour une femme d'entrer à l'université, à l'époque. Le Frauenstudium avait justement été créé afin de préparer des jeunes filles à réussir le concours d'entrée à l'université. Mais deux ans après l'arrivée de Maria, l'école dut fermer à cause de l'inflation. Alors, plutôt que de continuer un an de plus dans une école de préparation, où elle aurait été la seule jeune fille, Maria décida de passer tout de suite son baccalauréat. Ses camarades n'en revenaient pas.

Et pourtant, elle réussit. Maria Goeppert fut admise à l'âge de 17 ans en mathématiques à l'université de Göttingen.

La vie universitaire dans cette ville était marquée par des personnalités fortes et stimulantes, et Maria aussi devint rapidement une légende. Les étudiants la baptisèrent « la plus belle fille de Göttingen » et sa réputation alla même bien au-delà de la ville universitaire, puisque son futur mari, l'américain Joe Mayer, avait déjà entendu parler de la « lointaine princesse » par des étudiants revenus de Göttingen. Il s'en rappela lorsqu'il vint à Göttingen en 1924 pour étudier la chimie. Après la mort de Friedrich Goeppert, Mme Goeppert avait ouvert une pension pour étudiants. Ce ne fut pas par hasard que Joe Mayer s'y rendit pour chercher une chambre. Une fille ravissante lui ouvrit la porte...

Entre-temps, Maria s'intéressait de plus en plus pour la physique : « Les mathématiques me semblaient être trop énigmatiques. La physique est aussi un jeu d'énigme mais l'énigme est posée par la nature, non par l'homme ». Sa première rencontre avec la physique moderne remonte au temps où elle était encore au Frauenstudium. David Hilbert, qui habitait la maison voisine de celle des Goeppert, tint une série de cours sur les derniers développements de la physique atomique. Il tenait à avoir toujours une femme comme invitée d'honneur et d'ordinaire, c'était « celle dont il s'était momentanément épris ». Mais un jour où il ne savait pas qui inviter, il tomba par hasard sur la fille du voisin et lui demanda si elle ne voulait pas assister au cours. Ce fut un grand honneur pour Maria ! Elle informa ses parents qu'elle n'irait pas à l'école ce jour-là, mais à la présentation de Hilbert. « Comme j'avais mauvais caractère, ils m'ont laissé aller. (...) J'ai beaucoup appris, c'était vraiment très intéressant ».

En peu de temps, Maria rejoignit le cercle d'étudiants du professeur Max Born, l'un des plus grands pionniers de la nouvelle physique quantique. Il était également musicien et grand amateur de poésie. Un jour de l'année 1927, elle rencontra Max Born dans la rue alors qu'il se rendait à un séminaire de physique. « Pourquoi ne pas venir aussi ? », lui proposa-t-il. Après chaque séminaire, il avait l'ha-

bitude de faire avec ses étudiants une promenade, durant laquelle ils discutaient avec enthousiasme de tous les sujets de physique.

Maria Goeppert avait commencé ses études universitaires à l'époque où Göttingen se trouvait au centre d'une révolution de la physique mathématique. En 1925, le professeur Werner Heisenberg de Göttingen développa la mécanique matricielle, une tentative pour comprendre précisément les phénomènes du domaine microscopique en termes mathématiques.

Le caractère inédit de sa théorie et l'apparente impossibilité de la réconcilier avec les conceptions fondamentales traditionnelles de la physique, menèrent à une profonde crise intellectuelle. D'un côté, la théorie de Heisenberg engloba une masse de données empiriques, de l'autre côté elle n'était qu'une ossature purement mathématique, « *un squelette d'une sécheresse effroyable* » comme le dit Schrödinger, dont les conceptions physiques normales ne pouvaient rien faire. On pouvait presque parler de formule magique.

Toutes les tentatives de rendre cette mécanique quantique plus accessible à l'intuition échouèrent. Certains physiciens comme Niels Bohr pensaient que la difficulté était inévitable et qu'en matière de la compréhension causale des processus physiques, l'esprit humain avait atteint une limite absolue. Dans cet esprit, Heisenberg et Bohr introduisirent dans la physique la notion « d'indétermination » du monde physique, c'est-à-dire l'impossibilité, en principe, de mesurer simultanément certains paramètres physiques. Les travaux de Max Born furent à l'origine de l'« *interprétation probabiliste* » de la mécanique quantique, selon laquelle la théorie ne prévoyait et ne pouvait prévoir que la probabilité relative des différents résultats possibles pour ce qui concerne les incidents microscopiques individuels. Pour Niels Bohr, la capacité de prévoir était limitée non seulement dans le cas de la théorie quantique d'alors, mais pour toutes les théories concevables !



A gauche David Hilbert (1862-1943) fut l'un des plus grands mathématiciens de son époque. A droite, Max Born (1882-1970), pionnier de la physique quantique. C'est auprès de lui que Maria Goeppert acheva son doctorat.

Depuis cette époque, il existe le danger de voir la physique théorique transformée en un jeu magique de mathématiques formelles, sans guère s'intéresser à la question cruciale pour toutes les sciences : « Pourquoi ? ». Einstein et Schrödinger mirent en garde contre ce danger ; ils attribuaient le manque de clarté de la mécanique quantique au fait que l'on n'avait pas sondé suffisamment loin dans le domaine microscopique. Les succès du formalisme mathématique seraient payés trop cher, disaient-ils, si, comme Niels Bohr, on érigeait notre ignorance en un dogme. Mais Einstein et Schrödinger ne surent pas présenter d'alternative adéquate. Ils furent mis en minorité lors de la Conférence de Solvay et traités de dissidents. La physique théorique actuelle a plus ou moins continué sur le chemin emprunté à l'époque.

Maria ne se préoccupait cependant pas beaucoup des problèmes philosophiques de la physique quantique. Elle s'intéressait avant tout aux applications de la nouvelle théorie. Rares furent ceux qui maîtrisèrent si vite et si bien la difficile ossature mathématique de la physique quantique que Maria Goeppert. Son mari Joe devait remarquer plus tard : « Ma-

ria était toujours beaucoup plus forte en théorie. Tout ce que je sais de la physique quantique, je l'ai appris d'elle ». En 1930, elle acheva son doctorat auprès du professeur Born. Sa thèse, qui est encore aujourd'hui considérée comme « *un chef d'œuvre de clarté et de concret* » (d'après Eugène Wigner), défricha un tout nouveau domaine de la physique et l'optique : le traitement théorique des processus multiphotoniques.

Jusque là, la physique quantique s'était intéressée presque exclusivement aux processus simples d'absorption et d'émission d'un quantum de lumière par un atome. Or, Maria Goeppert se mit à étudier, entre autres, le cas où un atome absorbe deux quanta de lumière et réfléchit ensuite l'énergie absorbée par un seul quantum d'une longueur d'onde plus courte. Ce processus devait avoir de vastes implications théoriques et aussi technologiques. Mais à l'époque, on n'était pas suffisamment avancé sur le plan expérimental pour pouvoir observer directement le phénomène qu'elle anticipait, en l'absence d'une source de lumière suffisamment intense. La mise au point du laser a complètement comblé cette lacune. Aujourd'hui, les processus multipho-

