



2. Le laboratoire de chimie de l'École normale supérieure en 1895. Villard est probablement au premier plan, en train de travailler sur le banc. Comparée à la gravure de la figure 1, cette photographie montre le développement rapide de la chimie en une science moderne, à la fin du XIX^e siècle.

des sciences récompense ses travaux par plusieurs prix et l'accueille en son sein en 1908.

Les premiers travaux de Villard portent sur les hydrates cristallisés, qui se forment sous pression par la combinaison de molécules d'eau et de divers gaz. Il reprend d'abord les expériences de Berthelot, puis produit bientôt ses propres hydrates, sur lesquels il rédige sa thèse de doctorat. En 1896, il réussit à combiner de l'eau avec de l'argon, découvert deux ans auparavant par Walter Rayleigh et William Ramsay, et prétendu «inerte».

BEQUEREL, LES CURIE ET LA RADIOACTIVITÉ

À partir de 1897, Villard possède un tube de Crookes qu'il a fait fabriquer par l'excellent souffleur de verre de l'École normale supérieure, qu'il a formé lui-même. L'instrument produit des rayons cathodiques : le tube renferme un gaz raréfié et deux électrodes. On sait aujourd'hui que la tension appliquée entre ses dernières arrache des électrons à la cathode. Ceux-ci sont accélérés vers l'anode par le champ électrique qui règne à l'intérieur du tube et ionisent le gaz qu'il contient sur leur passage. Lorsque les électrons heur-

tent l'anode, le choc produit des rayons X. À l'époque où Villard commence à étudier les rayons cathodiques et les rayons X avec son nouveau tube de Crookes, on ne connaît pas encore leur nature.

En 1896, Becquerel découvre la radioactivité de l'uranium : cet élément émet spontanément des rayons invisibles, capables d'impressionner une plaque photographique protégée par une feuille de papier noir. En 1897, Thomson démontre l'existence d'un corpuscule chargé négativement (le terme électron, inventé en 1891, désigne alors l'unité de l'électricité et non pas la particule). En 1898 Pierre et Marie Curie découvrent le polonium et le radium, qui permet aux scientifiques de mieux comprendre la radioactivité, car son activité est plus d'un million de fois supérieure à celle de l'uranium. En 1899, Thomson mesure la charge de l'électron et en déduit la masse. La même année, Ernest Rutherford montre que les rayons de l'uranium ionisent les gaz, comme les rayons cathodiques et les rayons X. Il distingue les rayons alpha des rayons bêta, plus pénétrants. Becquerel montre qu'un champ magnétique dévie les rayons bêta, ce en quoi ils ressemblent aux rayons cathodiques. En 1900, les travaux de Becquerel et des Curie montrent que les deux types de rayons sont de même nature (ce

sont des électrons) à la différence près que les rayons bêta se déplacent bien plus vite que les rayons cathodiques.

Ainsi, à l'époque de Villard, de nombreux scientifiques s'intéressent aux rayonnements et à la radioactivité. Rutherford écrira d'ailleurs à sa mère : «Je dois publier mes travaux le plus rapidement possible, si je veux rester dans la course. Ces dernières années, Becquerel et les Curie, à Paris, ont déjà obtenu de nombreux résultats de première importance sur la radioactivité.»

Villard étudie l'action chimique des rayons cathodiques. Il remarque leur pouvoir réducteur : une plaque de cuivre oxydée retrouve son éclat lorsqu'il l'expose à ces rayons. En 1900, malgré les travaux antérieurs de Thomson, il conclut que l'hydrogène est le constituant des rayons cathodiques : «Or l'hydrogène est le seul gaz réducteur connu [...]. En attendant qu'un autre gaz simple réducteur soit découvert, on peut considérer comme acceptable l'hypothèse que l'hydrogène constitue la matière radiante.» Malheureusement, Villard est sur la mauvaise piste et son hypothèse ne retient pas l'attention de la communauté scientifique, qui considère Thomson comme l'autorité en la matière. Plus tard, Villard changera d'avis et deviendra l'un des plus fervents défenseurs de la théorie des électrons.

VILLARD ET L'ACTION CHIMIQUE DES RAYONS

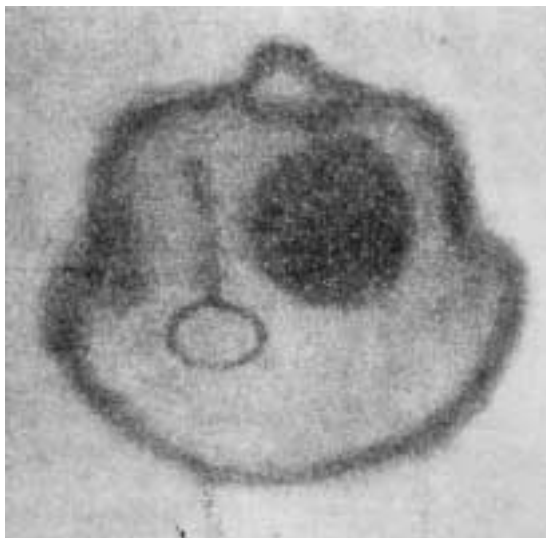
Villard étudie l'action chimique des rayons X, notamment la coloration du verre, qu'il interprète comme une oxydation (on sait aujourd'hui qu'elle est due à la création de défauts, nommés centres colorés, par les rayons X). Quand Pierre et Marie Curie annoncent une action chimique similaire du rayonnement émis par le radium, en 1899, Villard subodore l'existence d'une relation entre les deux types de rayons.

Il s'intéresse alors à la radioactivité et notamment aux rayons bêta, déviés sous l'action d'un champ magnétique. Il mesure leur réfraction, en utilisant une feuille d'aluminium, qui intercepte le faisceau émis par un sel faiblement radio-

actif. Une plaque photographique montre qu'une partie du demi-faisceau a subi une réfraction accompagnée d'une forte dispersion, tandis que l'autre partie, non réfractée, s'est propagée en ligne droite. Il essaye en vain de dévier cette dernière à l'aide d'un champ magnétique.

Ces nouveaux rayons sont suffisamment pénétrants pour impressionner une plaque photographique protégée par plusieurs couches de papier noir et par une feuille d'aluminium. Ils traversent une feuille de plomb de 0,2 millimètre d'épaisseur. Le 9 avril 1900, Villard présente ses résultats à l'Académie des sciences, dans un article intitulé *Sur la réflexion et la réfraction des rayons cathodiques et des rayons déviables du radium* et conclut que : «Les faits précédents conduisent à admettre que la partie non déviable de l'émission du radium contient des radiations très pénétrantes, capables de traverser des lames métalliques, radiations que la méthode photographique permet de déceler.»

Poursuivant ses expériences sur du radium, Villard compare le pouvoir pénétrant des rayons bêta et des nouveaux rayons. Ceux-ci, canalisés par un sillon creusé dans un bloc de plomb, impressionnent deux plaques photographiques placées l'une derrière l'autre. La première présente la trace de deux faisceaux, dont l'un (les rayons bêta) a été dévié et élargi par le champ magnétique appliqué, tandis que l'autre s'est propagé en ligne droite et ne s'est pas élargi. Sur la seconde plaque, on n'observe que la trace du faisceau non dévié, aussi petite et nette que sur la première plaque. Villard s'aperçoit que le faisceau non dévié peut traverser une plaque de verre d'un centimètre d'épaisseur sans atténuation notable. Le 30 avril 1900, il présente



ACIC-Archives Curie et Joliot-Curie

3. La première radiographie gamma, réalisée par Marie Curie en 1904, montre un porte-monnaie, ainsi que la pièce de monnaie et la clé qu'il contenait.

ces résultats, identifiant les nouveaux rayons aux rayons X : «Ainsi les rayons X émis par le radium ont une puissance de pénétration beaucoup plus considérable que les rayons déviables : c'est l'analogue de ce qui a lieu avec les tubes de Crookes» (c'est-à-dire l'émission de rayons X). Le 19 mai 1900, il déclare encore : «L'auteur pense qu'il s'agit de véritables rayons X.»

La découverte de Villard passe inaperçue. Becquerel refait l'expérience décrite par son confrère et nie la présence de rayons pénétrants : «L'existence de ces rayons n'aurait pu échapper aux expériences de Monsieur et Madame Curie ou aux miennes.» Becquerel doit bientôt admettre l'existence des nouveaux rayons : «Le rayonnement des corps radioactifs comprend deux groupes distincts : l'un, qui consiste en rayons cathodiques, est déviable par un champ magnétique et par un champ électrique ; l'autre, dont la nature est inconnue jusqu'ici, n'est pas déviable et paraît comprendre des rayons ayant des puissances diverses de pénétration au travers des métaux et des corps opaques pour la lumière.» Pour Becquerel, seuls deux types de rayons existent. Dans un article de synthèse paru dans *Nature* en 1901, Becquerel mentionne la découverte de Villard de manière très succincte : «Récemment, Monsieur Villard a prouvé l'existence de rayons du radium très pénétrants et non déviables.»

L'absence de nom pour les nouveaux rayons, pendant les trois années qui suivent leur découverte, est révélatrice du peu d'intérêt qu'ils suscitent (c'est Rutherford et non Villard, qui met en place les notations alpha, bêta et gamma pour les rayons du radium en 1903). Les physiciens, qui ne comprennent pas la nature

des nouveaux rayons, en acceptent difficilement l'existence. En 1903, Rutherford et Frederick Soddy remarquent que le radium «émet aussi des rayons très pénétrants, mais qui n'ont pas été étudiés en détail [...]». Ces rayons n'ont pas été suffisamment examinés pour que l'on puisse discuter du rôle qu'ils tiennent dans les processus radioactifs. En 1904, Marie Curie présente une radiographie gamma dans sa thèse, montrant ainsi une application possible de la découverte de Villard. En éliminant les rayons bêta à l'aide d'un aimant, elle obtient une image plus nette, mais les temps d'exposition nécessaires sont plus long qu'avec les rayons X pour un contraste moindre.

La découverte de Villard dérange parce qu'elle va à l'encontre des connaissances de l'époque sur

la physique et la chimie des rayonnements. Après les travaux de Thomson sur l'électron, les scientifiques ont tendance à supposer que les éléments radioactifs libéraient des particules matérielles. Cette conception s'appliquait aux rayons cathodiques, aux rayons alpha et bêta, mais pas aux rayons gamma. Plus tard, Rutherford et Soddy assimilent les rayons gamma à des rayons X très pénétrants émis par les atomes radioactifs en même temps que les rayons bêta. En 1912, Max Laue établit que les rayons X sont indubitablement des ondes électromagnétiques (ce que Stokes avait suggéré en 1898), en montrant leur diffraction par un cristal. Quelques mois plus tard, Rutherford s'aperçoit que les rayons gamma sont de même nature.

Après la publication de ces deux articles sur les rayons gamma, en 1900, Villard abandonne le sujet. Est-il déçu par le peu d'intérêt que suscite sa découverte ? Quoi qu'il en soit, il se consacre à l'étude des rayons cathodiques et des rayons X, construisant lui-même tous ses appareils de mesure. Notamment, il invente le radioscléromètre, pour déterminer la quantité de rayons X émis dans un tube cathodique. L'intérêt de cet instrument est reconnu 20 ans plus tard, quand le roentgen (ancienne unité d'exposition aux radiations) est adopté. Aujourd'hui, le nom de Villard a quasiment disparu des livres de sciences et d'histoire, malgré l'importante contribution de cet homme à la science des radiations.

Leif GERWARD est professeur de physique à l'Université technique du Danemark. André RASSAT est professeur de chimie à l'École normale supérieure de Paris.